

Obstáculos en la resolución de problemas en alumnos de bajo rendimiento



G. M. Bastián Montoya^{1,2}, César Mora¹, D. Sánchez-Guzmán¹

¹Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Legaria 694, Col Irrigación, C. P. 11500, México D. F.

²Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av. San Pablo 180, C. P. 02200 México D. F.

E-mail: gmbm@correo.azc.uam.mx, cmoral@ipn.mx

(Recibido el 28 de abril 2010; aceptado el 14 de Junio de 2010)

Resumen

Este documento presentamos un análisis sobre las dificultades que tiene un alumno de “bajo rendimiento” para iniciar la resolución de un problema de cinemática elemental, obtuvimos una clasificación del tipo de dificultades con las entrevistas y asesorías a los alumnos y concluimos que no son estrictamente de conocimiento de la física sino que van más allá y los podemos clasificar como obstáculos didácticos y epistemológicos en resolución de problemas de física elemental universitaria.

Palabras clave: Obstáculo cognitivo, obstáculo epistemológico, Resolución de problemas, Cinemática. Física Educativa.

Abstract

This paper presents an analysis of the difficulties that a low performance student has to solve a problem of kinematics, with the aid of interviews and assessment we obtain a classification of the kind of difficulties that are not strictly conceptual, and can be classified as educational and epistemological obstacles in elementary physics.

Keywords: Epistemological obstacles, cognitive obstacles, problem Solving, kinematics, Physics Education.

PACS: 01.30.Os, 01.40.-d, 45.20.D-.

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre conceptos alternativos o razonamiento espontáneo como el de Viennot [1] tienen un fundamento epistemológico basado en parte, en el trabajo de Bachelard [2] sobre obstáculos epistemológicos. Algunos autores como Brousseau [3] los incorporaron también al aprendizaje de las matemáticas. Es en el campo de las matemáticas donde ha surgido una discusión sobre si las dificultades que tiene un alumno para resolver problemas, son obstáculos epistemológicos o bien obstáculos cognitivos asociados al razonamiento matemático. Los obstáculos cognitivos son las dificultades que tiene el alumno para conocer y resolver problemas y que no provienen necesariamente de un conocimiento anterior; en cambio el obstáculo epistemológico nos remite a algo más profundo que una laguna de conocimiento o una falta de razonamiento matemático. El obstáculo epistemológico nos sitúa en el “acto mismo de conocer”, se sitúa en el plano de los conocimientos anteriores, que fueron útiles en otras circunstancias y que ahora son una barrera para alcanzar el aprendizaje de un concepto. El mismo Bachelard [4] plantea que “...es en términos de obstáculos que hay que abordar el problema del conocimiento científico”. Esta noción se ha

utilizado para comprender dificultades de alumnos en otros campos, como por ejemplo en química [5] donde se le ha utilizado con éxito para comprender la relación entre concepciones alternativas y obstáculos epistemológicos, en nuestro trabajo nos referimos más que a concepciones alternativas a dificultades asociadas a conocimientos adquiridos anteriormente y que impiden un razonamiento adecuado para iniciar el proceso de solución de un problema.

Comenzamos por caracterizar a los alumnos de bajo rendimiento, que son aquellos que al iniciar sus estudios de licenciatura no tienen los conocimientos de física y matemática que se supone adquirieron en el nivel inmediatamente anterior. Esto queda claro a partir de un examen diagnóstico que se les aplica a los alumnos de primer ingreso a las diez licenciaturas de ingeniería.

II. CARACTERIZACIÓN DE LOS ALUMNOS DE BAJO RENDIMIENTO

Nuestra población objetivo son los jóvenes que ingresan a estudiar ingeniería a la Universidad Autónoma Metropolitana campus Azcapotzalco, alrededor de 900 en

cada trimestre primavera y 600 en otoño. El Departamento de Ciencias Básicas aplica un examen de conocimientos básicos de física y matemáticas del nivel bachillerato a estos alumnos, un 15% aprueba este examen [6] el 85% lo reprueba y se distribuye aleatoriamente en cursos de la materia de “Introducción a la Física”, precisamente estos alumnos constituyen nuestro Universo.

Finalmente especificamos que los alumnos que intervinieron en este estudio fueron los alumnos de la generación 09-O, 10-I y 10-O de las 10 licenciaturas de ingeniería de la UAM-A, entre los 18 y 27 años de edad, todos ellos con dedicación de tiempo completo a la universidad, aproximadamente un 12% reportaron estar trabajando en horario completo y 5% en empresa familiar. Todos ellos aprobaron el examen de ingreso a la universidad. Es muy importante caracterizar este grupo de estudiantes con algunos parámetros, pues tienen habilidades diferentes a las que tenían alumnos de generaciones anteriores, si bien no hay estudios al respecto, la opinión generalizada de los docentes del Departamento de Ciencias Básicas es que los conocimientos de física y matemáticas son muy deficientes, esta es precisamente la razón de que se haya creado el Programa de Nivelación Académica que tiene como objetivo subsanar estas deficiencias. Este plan no se hubiera utilizado hace 15 o 20 años cuando los alumnos iniciaban sus estudios sin mayor problema en las décadas de los 80's e inicios de los 90's.

A partir del análisis de exámenes sobre aspectos básicos del Sistema Internacional de Unidades y Cinemática, encontramos características claras que nos hicieron clasificar a estos alumnos como de “bajo rendimiento” y analizamos las respuestas a preguntas de física básica, encontramos numerosos errores y dificultades que clasificamos de modo general como sigue:

- Dificultad para comprender textos simples.
- Incapacidad de resolver operaciones aritméticas con decimales.
- Dificultad con el álgebra elemental.
- Dependencia de la calculadora para realizar operaciones aritméticas.
- Desconocimiento de las fórmulas para calcular volúmenes simples: esfera, cilindro, cubo.
- Incapacidad para extrapolar conceptos simples como volumen de cilindro, de volumen de tubería.
- Desconocimiento de las unidades y su función.
- Dificultad para manejar los exponentes.
- Confusión de conceptos simples de geometría: radio, diámetro, diagonal, vértice...
- Desconocimiento de conceptos simples de cultura general, duración en segundos de un día o los segundos en una hora, etc.

Si bien estas son deficiencias que encontramos en la resolución de sus exámenes, también es cierto que los alumnos presentan ventajas diferentes a los alumnos de otros años anteriores:

- Miles de horas de navegación por internet.
- Facilidad de adaptarse a nuevas tecnologías.
- Facilidad para utilizar plataformas a distancia.
- Gran capacidad de búsqueda de información.

Estas características nos delinean a un nuevo tipo de alumno que recibimos en la Universidad y al que hay que adaptar la enseñanza, pues tienen sus propios ritmos de aprendizaje que debemos utilizar a favor del proceso de enseñanza-aprendizaje.

El término “bajo rendimiento” intenta destacar el hecho de que no poseen los conocimientos elementales de física, aunque no toma en cuenta sus ventajas cognitivas y los colocamos, sin más, en una categoría un tanto por “abajo” del estudiante promedio, lo que significa que en muchas ocasiones el alumno que realmente está interesado en cubrir sus deficiencias piensa que el curso es muy lento, sin embargo otras opiniones de los alumnos nos indican que no se le dio “tiempo suficiente” a muchos conceptos.

III. CARACTERIZACIÓN DE LAS HABILIDADES DE RP EN ESTA POBLACIÓN

No es necesario insistir en la importancia de conocer el tipo de errores que cometen los alumnos, por ejemplo Giordan [7] ha establecido líneas de acción a partir de este conocimiento. En este trabajo utilizaremos una clasificación de habilidades de resolución de problemas propuesta por Martínez y Araujo [8], la hemos modificado para caracterizar los errores y distinguir el nivel de resolución en que se encuentran los alumnos, enseguida mostramos los niveles modificados y su descripción:

- 0) No reconoce el marco teórico de referencia donde se sitúa el problema. No comprende el enunciado.
- 1) Comprende el enunciado, pero no acota la situación para modelarla y no establece un marco de referencia ni identifica correctamente todas las variables del sistema.
- 2) Explica el marco teórico donde se sitúa el problema. Identifica correctamente todas las variables del problema pero no establece correctamente las ecuaciones que relacionan las variables.
- 3) Igual que en el paso anterior, pero identifica correctamente las variables del problema. Establece relaciones correctas entre las variables y las justifica, pero no resuelve correctamente las ecuaciones.
- 4) Igual que en el paso anterior, pero resuelve correctamente las ecuaciones de movimiento y eventualmente verifica los resultados.

De acuerdo con esta clasificación establecemos el nivel de la habilidad de RP de los alumnos y también nos sirve de partida para comprender las dificultades a que se enfrentan en la solución de los problemas.

La caracterización de los alumnos en cuanto a sus habilidades de resolución de problemas se realizó con base en los exámenes de cinemática de varios trimestres. Analizamos la resolución de 136 problemas escritos y los resultados de la clasificación modificada de Martínez y Araujo, fueron los siguientes:

21 problemas en la categoría 4	15.4 %
24 problemas en la categoría 3	17.7 %
65 problemas en la categoría 2	47.8 %

19 problemas en la categoría 1 14.0 %

7 problemas en la categoría 0 5.1 %

En este caso la media, es decir la categoría 2, no significa que el alumno resuelva “medio bien” el problema, significa que no lo resuelve, por lo que esta distribución implica que la mayoría de los alumnos no resuelven el problema.

IV. OBSTÁCULOS COGNITIVOS

Se ha propuesto [9] una clasificación de los obstáculos cognitivos dependiendo de su origen: ontogenético, si su origen se encuentra en el desarrollo del estudiante; didáctico si su origen es escolar, debido a la forma de enseñar o la orientación del currículo; epistemológico, si su origen se encuentra en un conocimiento anterior que tal vez funcionó en otro contexto pero no en una nueva situación; y cultural si su origen lo podemos encontrar en un contexto social más amplio que la escuela. Hemos utilizado esta noción amplia de obstáculo para comprender las dificultades que enfrenta un alumno de bajo rendimiento para resolver problemas, en especial de cinemática. El origen de cada obstáculo es discutible y lo delineamos para cada uno de ellos.

Los obstáculos más importantes a que se enfrenta un alumno en su proceso de aprendizaje desde el punto de vista de la resolución de problemas son dos: los obstáculos epistemológicos y los obstáculos didácticos.

La noción de *obstáculo epistemológico* [3] es la base sobre la cual descansa gran parte de la investigación sobre razonamientos espontáneos o concepciones alternativas encontrados en la literatura sobre enseñanza de la física, para comprender el concepto expresado por estas palabras recordemos que en el conocimiento científico está presente una relación sujeto-objeto además del contexto y el acto de conocimiento, la epistemología se ocupa de las cuestiones referentes al contexto del acto de conocer que puede ser de orden psicológico, histórico y social. Como lo enuncia Bachelard “Los obstáculos epistemológicos están ligados a formas caducas de pensar, antiguas si se quiere que impiden el avance en la interpretación de un nuevo fenómeno, o bien radican en creencias personales sin una explicación clara, pero profundamente arraigadas, difíciles de modificar”.

A menudo nuestros alumnos no comprenden o no pueden aplicar una teoría no porque no la conozcan, sino porque no conciben que se pueda aplicar a una situación en que se encuentran desubicados. Por más que el análisis posterior muestre que este problema era perfectamente explicable con la teoría que no pudo aplicar. Con los problemas pasa lo mismo, no es sólo que los alumnos no tengan una metodología o que no se imaginen un camino para resolver un problema, más bien se trata de que sus puntos de partida no son lo suficientemente poderosos para analizar situaciones complejas. Bachelard ha descrito magistralmente estas situaciones, explica como una teoría antigua se convierte en el verdadero obstáculo para comprender un fenómeno bajo la luz de una nueva interpretación de la naturaleza. Los obstáculos epistemológicos reflejan un pensamiento acostumbrado a utilizar de una manera única el razonamiento, sin adaptación a nuevas situaciones, sin

Obstáculos en la resolución de problemas en alumnos de bajo rendimiento

capacidad de explorar nuevos caminos hacia la solución de un problema.

Bachelard propone que los obstáculos no provienen del mundo externo, no se refieren a la complejidad para adquirir datos o leer en otro idioma o incluso a ignorar la matemática de una teoría, sino que se encuentran en el individuo y forman parte de sus creencias y por ello ni siquiera se da cuenta de que analiza un determinado fenómeno bajo una cierta óptica que le impide resolverlo, eso es un obstáculo epistemológico. Imaginemos a un atleta que desea realizar un salto, pero que no se atreve por temor a fracasar, sin duda el obstáculo se encuentra en la mente del atleta y no el mundo externo, ni siquiera en su preparación, esta es una analogía con las dificultades que enfrenta un alumno, pues muchas veces no es capaz de escribir una ecuación no porque no la conozca sino por otro tipo de razones que explicamos más adelante.

Los obstáculos epistemológicos también están presentes en los docentes que, cuando intentan responder a preguntas de sus alumnos emplean las mismas palabras que utilizaron la primera vez. El alumno no comprende no porque no haya escuchado correctamente al docente, sino justamente porque lo escuchó bien y no puede relacionarlo con lo que el ya tiene en mente y no puede engranarlo ni hacerlo funcionar correctamente. La respuesta del profesor es repetir simplemente la lección sin tomar en cuenta que el alumno puede tener una teoría alternativa que funciona en ciertos casos, pero no en lo general que le impide comprender lo que se le dice.

Los obstáculos didácticos también tiene un origen en un conocimiento adquirido pero son un subproducto del aprendizaje escolar, debido a la metodología de enseñanza que usualmente emplean los profesores de física o por el tipo de problemas que se emplean en la ejemplificación de los conceptos. Una característica más para distinguir los obstáculos epistemológicos de otros es que sólo éstos pueden rastrearse en la historia de la ciencia y que incluso una comunidad de científicos ha tenido que tomar conciencia de este error, lo cual no acontece en los obstáculos didácticos [9]. Los obstáculos que hemos encontrado en este estudio tienen componentes básicamente de obstáculos didácticos, aunque la generalización descubre un origen epistemológico en algunos de ellos.

En el caso de cinemática, por ejemplo, puede ocurrir que la explicación sobre el valor de la aceleración diferente de cero en la parte más alta de un tiro vertical no sea comprendida por el alumno y la dificultad no reside en la falta de comprensión de las palabras que le dicen el profesor, el estudiante tiene en mente que a velocidad cero corresponde una aceleración cero, y esto es un razonamiento de origen didáctico que presenta la mayoría de nuestros alumnos, pues en numerosos problemas previos este razonamiento funcionó muy bien. Si un profesor no tiene en cuenta este problema entonces será incapaz de ir al fondo de la dificultad y pensará que las causas se encuentran en la “mala preparación” del alumno porque a partir de la ecuación de la velocidad en función del tiempo no se puede deducir esto.

Antes de pasar a desglosar los obstáculos que hemos encontrado, debemos especificar que en el análisis que

realizamos tomamos en cuenta aspectos como la forma o la estructura del enunciado, pues sabemos por diferentes estudios [10, 11] que la forma y estructura del enunciado de un problema guían al alumno para establecer una estrategia de resolución.

V. OBSTÁCULOS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CINEMÁTICA

El análisis de los exámenes y las notas tomadas después de las sesiones de asesoría y entrevistas con los alumnos nos permitieron hacernos una idea clara de las dificultades que tienen los alumnos cuando resuelven un problema.

Después de enunciar el obstáculo al que nos referimos transcribimos en cursivas las expresiones de los alumnos.

A. Emplear sólo los datos escritos

Durante las entrevistas recogimos numerosas diálogos que son una pequeña parte del razonamiento de fondo de los alumnos. Como sabemos la selección de datos para resolver un problema es de importancia y los alumnos tienen algunas ideas fijas sobre este aspecto de la resolución de problemas. Algunas frases de los alumnos que nos hacen reflexionar sobre la idea que tiene para utilizar solamente los datos escritos, y no otros, son las siguientes:

...Pero este no es un dato del problema...

¿Cómo saber cuándo hay que “meter” nuevas cantidades?..

¿Se traducen todas las palabras al álgebra o qué?...

Una dificultad primaria de los alumnos al abordar un problema consiste en que no se puede ver la necesidad de introducir “datos” que no estén enunciados explícitamente como es el caso de un sistema de referencia o traducir que la frase “parte del reposo” significa velocidad inicial cero, este obstáculo representa una especie de “acostumbramiento” de que en niveles previos nunca han reflexionado sobre los datos que no están enunciados explícitamente y terminan por pensar que sólo se emplean los datos enunciados, esos y todos esos, pues no se concibe que se enuncie un dato que no tenga empleo directo en la resolución. Esto tiene su origen en una metodología muy utilizada en niveles básicos, a la que se han acostumbrado los alumnos y que se puede resumir en tres pasos: “datos” “fórmula” y “solución”. Una confirmación de esto se obtuvo cuando se les planteó a los alumnos un problema en que se daba un dato real, pero no necesario para resolver el problema y el resultado fue que el 40% de los alumnos no pudo resolver correctamente el problema siguiente:

Un automóvi lleva una velocidad de 12.0 m/s si acelera con $a = 3.0 \text{ m/s}^2$ durante 5.0 s después de cuántos metros llevará una velocidad de 18 m/s.

Este problema no requiere utilizar el dato de 5 s que es importante para que el problema tenga solución, pero no para determinarla. Los alumnos buscaron como insertar el tiempo en la resolución, pues no conciben que sea solo parte del enunciado. En conclusión podemos enunciar este obstáculo como la necesidad de emplear todos los datos escritos, y solamente estos, para resolver un problema. Su origen

inmediato se encuentra en una didáctica, sin embargo podemos decir que es un problema que se ha presentado en la historia de la física, pues no todos los problemas de investigación se han planteado correctamente desde su inicio.

B. Localización de ecuaciones en que aparece la incógnita y su utilización irreflexiva

La mencionada estrategia de los tres pasos para resolver problemas genera un obstáculo más, que es el de “encontrar” la “fórmula” que resuelve el problema esto lo enuncian a través de frases como:

- ¿Podemos utilizar formulario?...

- Aquí qué fórmula se aplica...

- No tengo la fórmula para “sacar” la altura máxima...

Estos comentarios realizados por los alumnos en las asesorías nos muestran que uno de los primeros impulsos es buscar la fórmula que resuelve el problema.

Este es un obstáculo de origen didáctico que tiene sus raíces en la estrategia utilizada por el alumno durante los 6 años previos a su ingreso a la universidad. Utilizan una metodología que da buenos resultados en los problemas elementales y repiten el procedimiento a nivel superior sin pensar que se enfrentan a una situación cualitativamente diferente. El docente que no esté preparado para enfrentar esta situación simplemente muestra que existen ecuaciones que combinadas algebraicamente nos llevan a otra ecuación, que el estudiante interpreta como la fórmula para resolver el problema y queda más desorientado que antes, pues no alcanza a ver que se partió de ecuaciones linealmente independientes que contienen la incógnita. En este obstáculo es claro que los alumnos desean extrapolar un método simple a niveles más avanzados donde no tienen éxito, pero aún así la siguen utilizando como primera opción.

C. El camino único

Un aspecto al que nos enfrentamos los docentes es el que se presenta cuando se descubren dos caminos para solucionar un problema, la mayoría de los alumnos se sorprenden al saber que el camino para resolver un problema no es único, esto lo reconocemos en las entrevistas en diálogos como:

- ¿De los dos caminos que seguimos ¿los dos son correctos?...

- ¿Existen varios modos de resolver el problema?.....

- O sea que hay varias fórmulas para encontrar la distancia....pero cuál es la correcta...

- En el libro se emplea otra fórmula ¿Por qué?...

Este es otro de los obstáculos didácticos a que se enfrentan los alumnos en toda su carrera y no sólo frente a problemas de cinemática, muchas veces no conciben que existan caminos diferentes para la RP y lo que es más ni siquiera se da cuenta de que en su mente existe la idea de que el camino para resolver un problema es único. El problema con este obstáculo es que lleva a que los alumnos piensan que si no tienen o no emplean o no recuerdan el “método” del maestro entonces serán incapaces de improvisar una solución. Este es un aspecto relacionado claramente con la creatividad de un

buen resolvidor de problemas que requiere intentar múltiples caminos para llegar a la solución. El poder imaginar varios caminos es muy importante para los alumnos de ingeniería que se enfrentarán a muchos problemas de los cuáles aun no tenemos solución. Tal vez este punto sea el más ligado a lo que se denomina creatividad o imaginación e incluso pensamiento lateral [12]. Este obstáculo es claramente de origen didáctico, pues no se discute la solución de un problema y el análisis del proceso no se realiza ya en clase usualmente por falta de tiempo, dados los contenidos tan amplios que maneja el currículo.

D. El sistema de referencia fijo

Una dificultad usual que proviene tanto del profesor como de los libros de texto es el uso de sistemas de referencia único, con el positivo hacia la derecha o hacia arriba según el caso. El alumno pocas veces concibe que el sistema se pueda modificar. Los comentarios más recurrentes son:

- *¿Se puede poner la flecha al revés...?*
- La parte positiva no puede ir para abajo...*
- *Si la pongo (el eje) al revés todo sale negativo ¿No?...?*
- *¿Qué no siempre va (el eje) para arriba?...?*
- *En los libros la parte positiva siempre está para arriba...*

Recordemos que la selección de la dirección de los ejes no se explica prácticamente en ningún libro de texto y que forma parte del saber común de los resolvidores de problemas “expertos” y que no es parte del “saber común” a los alumnos de bajo rendimiento, esta es una suposición falsa que hacemos los docentes y que desorienta al alumno cuando utilizamos, de repente, ejes distintos a los usuales.

Con este obstáculo nos referimos a que el alumno utiliza siempre el sistema coordenado que ha visto en clase o en su libro de texto, es el que contiene la parte positiva hacia arriba o el que tiene el eje positivo a la derecha, etcétera. No concibe que se puedan “voltear” los ejes, es más piensa que eso conduciría a un error. Esto tiene que ver con el “camino único” pues es lo que observa en los problemas que se solucionan en clase siguiendo los sistemas de referencia estándar, esto requiere que el docente explicita que los ejes coordenados que se utilizan son los más convenientes y que la experiencia permite distinguir cuáles son éstos. En este caso nos enfrentamos claramente a un obstáculo de tipo didáctico producido por la forma de enseñar.

E. Falta de correspondencia entre matemáticas y física

Este obstáculo difícilmente lo expresa un alumno pues no se da cuenta de que lo enfrenta. El análisis de los exámenes nos permite comprender que no todos los alumnos pueden identificar a que concepto físico se puede asociar un término matemático en un problema particular, esto es una consecuencia directa de que casi el 80% de los alumnos, de acuerdo con la clasificación de Martínez y Araujo, no puedan plantear ecuaciones correctamente. Esto implica que si bien un alumno puede comprender lo que significa cada término de una ecuación, no puede hacer la correspondencia entre física y matemáticas y por lo tanto no puede escribir la ecuación de movimiento correcta para un móvil. Este tipo de dificultad se reconoce en los alumnos que dibujan sus ejes,

Obstáculos en la resolución de problemas en alumnos de bajo rendimiento

escriben los valores de las variables, pero la ecuación final no está bien construida, falta o sobra un término, está mal un signo, se confunde la aceleración con la velocidad o simplemente se sustituye un valor para la posición con un tiempo que no corresponde a esa posición. Este tipo de obstáculo, está mucho más ligado a la epistemología, pues sabemos que en los análisis de la cinemática, antes de Galileo, existían muchas confusiones sobre las diferentes variables del movimiento. Cuando el alumno aborda con detalle, por primera vez el análisis cinemático frecuentemente pasa por errores aristotélicos que se concretizan en los errores de las ecuaciones.

F. Utilización de sistemas de referencia propios

Este obstáculo se infiere de la revisión de los exámenes escritos de los alumnos y fácilmente se observa que una vez que el alumno ha logrado establecer ecuaciones de movimiento para un móvil, se encuentra con problemas con dos móviles simultáneos, en los que la lógica del estudiante determina que no se puede utilizar el mismo sistema de referencia para los dos sino que cada uno requiere el suyo propio. Esto por supuesto lo lleva a dificultades insuperables ya que algo que no está enunciado explícitamente en los libros de texto ni en las resoluciones que un profesor utiliza en clase, es que para plantear las ecuaciones de movimiento y conocer puntos de intersección o cruce de móviles y parámetros relacionados entre ellos, se debe utilizar el mismo sistema de referencia. Esto no es una simple confusión de sistemas de referencia y está ligado a problemas más profundos como los que se encuentran en velocidades relativas y en los propios referenciales galileanos, por lo que este obstáculo más que de origen didáctico es de origen epistemológico.

VI. APORTE DEL ESTUDIO DE LOS OBSTÁCULOS A LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

En la práctica docente nos encontramos muchas veces con lo que ya Bachelard [13] ha postulado brillantemente: “...*el profesor no comprende que el alumno no comprende*” de esta forma está imposibilitado para darse cuenta que el aprendizaje no se construye desde cero sino a partir de lo que el alumno ya conoce y muchas veces contra lo que el alumno conoce. Sin duda es una responsabilidad del docente que el alumno pueda interpretar lo que se le trata de mostrar utilizando todos los recursos, pero el punto de partida debe ser que el docente comprenda la situación a que se enfrenta.

Cuando un docente expone la solución de un problema ocurre lo mismo que frente a la enseñanza de un concepto, no hay enseñanza desde cero para la resolución de problemas, debemos ir en contra de lo que el alumno hace, debemos estar conscientes de los obstáculos que enfrenta el estudiante. Muchas veces lo que hace un alumno frente a un problema es sólo mirarlo sin que se le ocurra nada, y esa es una actitud que el alumno debe superar con ayuda del docente utilizando secuencias didácticas basadas en los obstáculos de orden didáctico y epistemológico.

Entre otras cosas se requiere proponer la idea de que un problema, y más del tipo los que se le plantean a un alumno en los primeros cursos de la universidad, tiene solución y por tanto debe poder comenzar por algún lado. Esto nos lleva a pensar en dos planos, el primero es el inmediato del conocimiento, que el alumno debe manejar conceptos y ecuaciones correctamente para resolver problemas y llegar a la solución aceptada como correcta. El otro plano es un poco más complicado pues se refiere a la estrategia de la resolución pues es a partir del conocimiento de los obstáculos que podemos intentar que el alumno construya sus propias estrategias de abordaje para los problema.

El error ha tenido varios tratamientos y primero se pensaba que había que extirparlo con el uso de otros conceptos, el dicho de que “la letra con sangre entra” nos muestra este tipo de razonamiento en que el error se hace desaparecer no por comprensión sino por la fuerza, pues se trata de una falta del alumno que incluso puede cometerla por no estar atento al razonamiento del profesor. Más adelante pasamos a una concepción de que era una falta simple de razonamiento y había que ayudarle al alumno a superar esta falta, más adelante -el mismo Bachelard lo plantea- el error se trató como una especie de comportamiento intuitivo, natural del que el individuo no podía escapar, esto fue un avance pues no se pensaba que era una “falta de atención” sino por el contrario, algo intrínseco al razonamiento del alumno.

VII. CONCLUSIONES

Como hemos visto los obstáculos mencionados no son una falta de conocimiento acerca de la cinemática, por el contrario son conocimientos que se han adquirido en la escuela, que funcionaron bien mientras se utilizaban para resolver problemas sumamente simples, como los que indica el currículo de niveles inferiores, pero al enfrentarlos a problemas un poco más complicados producen respuestas y ecuaciones erróneas. Observemos también que aunque la enseñanza en el nivel universitario comprenda ecuaciones y problemas más generales los estudiantes no se desprenden fácilmente de sus anteriores concepciones. Una vez que el docente conoce estos obstáculos los utiliza como punto de partida para mejorar las estrategias de los alumnos en la resolución de problemas. Incluso a nivel de trabajo en línea el conocimiento de los obstáculos se ha mostrado como un contexto adecuado para el diseño y la selección de los problemas que se presentan a distancia al alumno.

Un aspecto muy útil es de la metacognición que es una de las herramientas con que cuenta el docente y el alumno para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Sólo la perspectiva de los obstáculos epistemológicos, nos puede ayudar a superar este tipo de dificultades que no reside en lagunas conceptuales o formales, sino en dificultades que provienen de su entrenamiento previo en la resolución de problemas. Sin duda todos estos obstáculos epistemológicos

que tiene el alumno se superan conforme construye una metodología propia para resolver problemas y avanza en sus estudios. Pero mientras más les podamos ayudar a transitar por este camino, mejores alumnos serán. En este punto encontramos oposición entre los docentes, pues algunos de ellos opinan que el alumno necesita tropezarse para aprender a caminar. Esto es tanto como pedir a los estudiantes que recorran todas las teorías correctas e incorrectas hasta llegar a la aceptada actualmente, esto es negar que el conocimiento sea acumulativo. El aprendizaje es un acto personal e intransferible, pero no por ello dejan de existir caminos más cortos para llegar a la meta.

Situarnos en el plano de los obstáculos nos da la referencia epistemológica que requiere el desarrollo en el salón de clase de estrategias de resolución de problemas y la perspectiva constructivista adquiere un sentido mucho más concreto.

REFERENCIAS

- [1] Viennot L. *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*, (La Sorbone Univ. press, Paris, 1982).
- [2] Bachelard, G. *La formation de l'esprit scientifique*, (VRIN, Paris, 1985).
- [3] Brousseau G. (1983) *Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques*. Recherches en Didactique des Mathématiques **4**, 165-198.
- [4] Bachelard, G., *Ibid.* p. 13.
- [5] Gómez, M. M., Sanmartí, P. N., *El aporte de los obstáculos epistemológicos*, Educación Química **13**, 182-195 (2002).
- [6] Informe de la Coordinación de Docencia del trimestre 2009-P, 2009-O, 2010-P, (UAM-A, México, 2009).
- [7] Giordan A, Interés didáctico de los errores de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias* **3**, 11-17 (1985).
- [8] Martínez J. R., et al., *Análisis del grado de conocimiento declarativo y procedural de estudiantes en cursos de física universitaria*, Rev. Mex. Fís. E **52**, 142-150 (2006).
- [9] Cid E. (2003) *La investigación didáctica sobre los números negativos: estado de la cuestión*, pre-publicaciones del seminario matemático No. 25 “garcía de galdeano”, Universidad de Zaragoza, España. [en línea] <http://www.unizar.es/galdeano/preprints/2003/preprint25.pdf>
- [10] Giroto, V., González, M., *Solving probabilistic and statistical problems: a matter of information structure and question form*, Cognition **78**, 247-276 (2001).
- [11] Larkin, J., Reif, F., *Understanding and teaching problem solving in physics*, European Journal of Science Education **1**, 191-203 (1979).
- [12] de De Bono, E., The CoRT thinking program. In J. W. Segal, S. F. Chipman, and R. Glaser (Eds.), *Thinking and learning skills: Vol. 1. Relating instruction to research*, (Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1985) pp 363-388.
- [13] Bachelard, G., *Ibid.* p. 19.