

Habilidades cognitivas y la resolución de un problema de cinemática: Un estudio comparativo entre los estudiantes de secundaria, bachillerato y universidad



Adrián Corona Cruz, Maribel Sánchez Campos, Emma González Hernández y Josip Slisko

Facultad de Ciencias Físico Matemática, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

E-mail: acorona@fcfm.buap.mx

(Recibido el 28 de Abril de 2012, aceptado el 24 de Junio de 2012)

Resumen

Analizamos las soluciones de un problema de cinemática con diferentes tipos de información que presentaron los estudiantes de secundaria, bachillerato y universidad (licenciatura en física). Buscamos establecer relación entre sus preferencias de método de solución y su nivel cognitivo. Encontramos que la mayoría de los estudiantes de secundaria no fueron capaces de resolver el problema. Los estudiantes del nivel bachillerato presentaron principalmente las soluciones gráficas y algebraicas, sin ser capaces de interpretar las soluciones analíticas. Los estudiantes de la licenciatura en física prefieren hacer uso de soluciones analíticas. Los resultados sugieren que el nivel cognitivo juega un papel fundamental en las habilidades para organizar los conocimientos y procedimientos para resolver problemas de física.

Palabras clave: Resolución de problemas de física, nivel cognitivo, habilidades cognitivas.

Abstract

We analyze the solutions of a kinematics problem with different types of information presented by students of middle school, high school, and university (who study physics). We tried to establish a relationship between their solution method preferences and their cognitive level. We found that most middle school students were not able to solve the problem. The high school students presented mainly graphical and algebraic solutions, without being able to interpret the analytical solutions. The university students who study physics prefer to use analytical solutions. The results suggest that the cognitive level plays a key role in organizing their knowledge and procedures for solving physics problems.

Keywords: Physics problem solving, cognitive level, cognitive skills.

PACS: 01.55.+b, 01.40.Ha, 01.40.-d, 01.50.-i

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Se sabe que a los estudiantes se les son asignados problemas, que "resuelven" imitando la forma en que son resueltos por el docente y siguiendo los pasos sugeridos en los libros de texto. La mayoría de tales problemas tienen soluciones que pueden ser obtenidas por selección y manipulación adecuada de ecuaciones [1]. En lo general, los estudiantes aplican ecuaciones sin tratar de comprender su significado conceptual y las características de los contextos en que son aplicables. Rara vez el estudiante conceptualiza el problema o busca una solución analítica. La mayoría no intenta juzgar qué tan razonable son sus respuestas. Además, la generalidad de los problemas tratados en las aulas, los resueltos y los problemas de fin de capítulo, no provocan una suficiente comprensión de los conceptos ni estimulan desarrollo de habilidades para la

resolución de los problemas [2]. El resultado es que la mayoría de los alumnos salen de sus cursos con un conocimiento superficial de los conceptos y con un conjunto limitado de habilidades para la resolución de problemas. Existen pruebas sobre el hecho que alumnos universitarios tienen frecuentemente las mismas dificultades conceptuales y de razonamiento que los estudiantes más jóvenes, siendo incapaces de aplicar sus conceptos para resolver problemas cuantitativos [3]. También, se ha encontrado que la dificultad para resolver problemas, no es sólo una propiedad del problema, sino también de los conocimientos y experiencias de los estudiantes [4, 5]. Los estudios relacionados con la resolución de problemas han sugerido que, en términos de organización del conocimiento y aplicación en la solución de los problemas, existen diferencias considerables entre expertos y novatos [6].

II. ESTRATEGIAS PARA RESOLVER PROBLEMAS

La mayoría de los trabajos de investigación relativos a la resolución de problemas, se centran en

- (1) identificar soluciones y clasificación (por su estructura) de problemas por novatos y expertos [6, 7];
- (2) al tipo de problemas y sus soluciones [7-11];
- (3) el análisis y diseño estructurado de los problemas [12, 13];
- (4) las estrategias de solución [14];
- (5) la relación entre el conocimiento y las soluciones [6, 15-17];
- (6) la resolución de problemas basada en su análisis [18]; por la similitud de sus soluciones [11].

También, hay resultados que indican que los expertos, haciendo uso de su conocimiento estructurado [19], se centran en analizar conceptualmente los principios y conceptos (estructura profunda) que podrían ser utilizados para resolver los problemas [20], lo que les sugiere posibles estrategias de solución exitosa [7].

Otros resultados derivados de la investigación educativa indican que los novatos, sólo consideran las características superficiales del problema [17]. La gran mayoría comienzan a resolver un problema sin apreciar el valor de un análisis conceptual como parte de la resolución del problema y se concentran más en la obtención de las respuestas, quedando sin recursos mentales para pensar en la resolución de problemas [21]. La falta de contexto, hace que el aprendizaje asociado a la resolución de problemas para los novatos sea deficiente.

Hoy en día, para la solución de problemas en cursos de ciencias se propone desarrollar un enfoque que ponga mayor énfasis en los conceptos, el razonamiento cualitativo y que aliente a los alumnos a ser más reflexivos en los procesos de resolución [19]. También, se plantea que uno de los objetivos de la enseñanza de la ciencia sea que los alumnos puedan examinar y utilizar varias representaciones como una parte natural de la manera de resolver los problemas.

Sin embargo, no ha habido suficiente trabajo de investigación educativa que documente expresamente las posibles interacciones entre las acciones del alumno en la solución de problemas y sus habilidades de razonamiento. En este trabajo reportamos resultados que, en lo general, indican una de las causas del bajo rendimiento se relaciona con el nivel cognitivo del estudiante, antes que con el dominio de los conocimientos requeridos.

III. NIVEL COGNITIVO Y METACOGNICIÓN

El desarrollo de la capacidad del pensamiento abstracto que Piaget describe como "pensamiento formal", se relaciona con la capacidad del estudiante de abstraer, conjeturar, relacionar y analizar, que son las habilidades consideradas básicas para realizar eficientemente las acciones requeridas en las estrategias científicas de la enseñanza. Además,

Piaget sugiere que este tipo de pensamiento se vuelve disponible en los jóvenes como un proceso intelectual natural de su desarrollo [22]. También Lawson, cita que la inteligencia humana, experimenta un desarrollo continuo de sus niveles y se extiende durante los años de formación [23]. En consecuencia, los jóvenes desde los 14 a los 15 años de edad deberían empezar a ser sistemáticos y abstractos en esta etapa. Los estudiantes deben mostrar su nivel cognitivo a través de la utilización lógica de los símbolos relacionados con conceptos abstractos, manejar lógicamente las proposiciones abstractas, ser capaces de comprobar hipótesis, obtener y usar conocimientos y habilidades de orden superior.

Sin embargo, en promedio sólo el 30% de los estudiantes logran un nivel formal operacional en el momento de terminar la secundaria [24] y muchos de ellos llegan a las universidades, con las habilidades de razonamiento en el plano descriptivo (empírico-inductivo o concreto).

Se considera que el abstraer, conjeturar, relacionar y analizar son habilidades básicas de los procedimientos metacognitivos de las actividades científicas, definidas como el *control de la cognición* [25]. El control de metacognición se refiere a los enfoques y estrategias que el estudiante diseña para alcanzar determinados objetivos y al grado en que organiza, controla y modifica las operaciones para garantizar un aprendizaje efectivo [26], selecciona las estrategias adecuadas para diferentes tipos de problemas y la evaluación de la eficacia de cada estrategia [25]. Investigaciones sobre las acciones metacognitivas realizadas para resolver problemas han mostrado que los estudiantes con un alto nivel cognitivo tienen mayor éxito en la resolución de problemas [7, 25].

Del análisis de protocolos de la conversación sobre la solución de problemas entre los estudiantes de primero de secundaria y de los últimos años de bachiller, se descubrió que el estudiante con el perfil metacognitivo superior puede influir y cambiar el conocimiento de alumnos con el perfil metacognitivo inferior, aunque el conocimiento del estudiante con el perfil metacognitivo alto es deficiente [25].

IV. LA PRUEBA DE LAWSON

El nivel de razonamiento de los alumnos fue determinado con la prueba de Lawson [26]. Esta prueba determina la capacidad para aplicar las formas del razonamiento científico y matemático para analizar situaciones, hacer predicciones, o resolver problemas. Consta de doce preguntas; las dos primeras identifican los *conceptos de conservación (peso y volumen)*, las dos siguientes exploran el *razonamiento de proporcionalidad básico y avanzado*, las dos siguientes, determinan la habilidad para *identificar y controlar variables*, con las dos siguientes se identifica la habilidad para *aislar y controlar variables*, dos para conocer el *pensamiento probabilístico y proporcional*, finalmente los *pensamientos combinatorio y correlacional*.

Estas habilidades son consideradas esenciales para apuntalar el éxito en los cursos de ciencia y matemáticas. El *razonamiento proporcional* conlleva a la comprensión de la derivación y uso de las relaciones funcionales; el *razonamiento* de correlación es fundamental para la investigación científica en todos los niveles; para la formulación de hipótesis se requiere considerar las posibles relaciones entre las variables; en la interpretación de los datos se requiere considerar las relaciones entre las variables; para la planificación, aplicación e interpretación se requiere dominar el control de variables; la interpretación de datos de las investigaciones, observaciones o experimentos a menudo se requiere del razonamiento probabilístico; y por último, en la formulación de hipótesis alternativas se requiere del *razonamiento* combinatorio [27]. Según el puntaje obtenido, se identifican a los estudiantes como quienes tienen un **pensamiento empírico inductivo** (concreto), los estudiantes con el pensamiento en **transición**, y los estudiantes que cuentan con un nivel de pensamiento **hipotético-deductivo** (formal).

V. LAS DIFERENTES FORMULACIONES DEL PROBLEMA

Al resolver los problemas por medio de operaciones algebraicas, se limita la comprensión conceptual del problema [28]. Sin embargo, al resolver los problemas utilizando gráficas, se activa un gran número de conceptos [29]. Algunos citan que la habilidad para utilizar representaciones gráficas es la principal diferencia entre los buenos y pobres solucionadores de problemas [30]. También, se considera que si se combinan las representaciones gráficas con las acciones algebraicas, la comprensión de los conceptos mejora. Sin embargo, se ha encontrado que, a pesar de trabajar la resolución de los problemas de cinemática con diferentes tipos de representaciones, los estudiantes muestran una fuerte preferencia por la solución algebraica [31]. Así queda el método analítico para los expertos, quienes resuelven de manera óptima aplicando los conceptos ya aprendidos.

Conociendo que el estudiante desarrolla su cognición en paralelo con su edad, investigamos los métodos de solución por estudiantes de diferentes niveles escolares: 2° de secundaria, 3° de bachillerato y primeros años de la universidad (estudiantes que cursaban uno de sus primeros cursos en la facultad de ciencias físico matemáticas y un grupo de alumnos que ya habían cursado su primer año en la misma facultad).

Para el diseño de la investigación se usó un problema simplificado de cinemática que se puede resolver siguiendo varios métodos [1] y que el único concepto de física implicado es la rapidez constante.

Esto nos permitió buscar la respuesta a la pregunta: ¿hay relación entre los métodos de solución para resolver problemas y el nivel cognitivo del estudiante?

Además, se examinaron las preferencias entre tres métodos de solución (algebraica, gráfica y analítica) y su relación al nivel cognitivo.

Para determinar la correlación, se plantearon específicamente las siguientes preguntas:

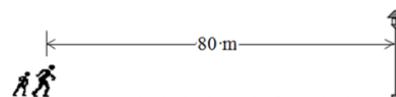
- ¿En qué medida la estructura e información del problema es entendida por los estudiantes en función de su nivel cognitivo?
- ¿En qué medida las habilidades de razonamiento se correlacionan con el entendimiento de soluciones propuestas?
- ¿En qué medida influye la madurez y concepciones en la solución de problemas?

Con el propósito de lograr el objetivo, hemos utilizado el problema en tres tipos de formulaciones (información): (A) contexto coloquial-valores concretas-diagrama, (B) contexto abstracto-valores concretas y (C) contexto coloquial-valores abstractas.

Se analizaron para cada uno de los tipos de problemas, tres tipos de solución; (Alg) algebraico, (Grf) gráfico y (Anali) analítico.

Problema tipo A

Pepe y su hermana Toña, han decidido efectuar una carrera de ida y vuelta, hasta un poste que se encuentra a 80m. Pepe es más rápido y corre con una rapidez de 2.5m/s, mientras que Toña corre a 1.5m/s. Es claro que Pepe ganará la carrera. Durante la carrera, ¿dónde y cuándo los hermanos se encontrarán?



Problema tipo B

Dos partículas con rapidez $V_1 = 2.5\text{m/s}$ y $V_2 = 1.5\text{m/s}$ son lanzadas desde el mismo punto, hacia un objeto que se encuentra a una distancia de 80m, en el que rebotan con la misma rapidez. Si las partículas se mueven en la misma trayectoria, es claro que en algún punto y momento chocarán. ¿En dónde y cuándo ocurrirá el choque?

Problema tipo C

Pepe y su hermana Toña, han decidido efectuar una carrera de ida y vuelta, hasta un poste que se encuentra a una distancia X , Pepe es más rápido y lo hace con una rapidez de V_1 , mientras que Toña corre con rapidez V_2 ($V_2 < V_1$). Es claro que Pepe ganará la carrera. ¿En dónde y cuándo los hermanos se encontrarán?

VI. PROCEDIMIENTO

1.- Durante los 50 minutos de una sección escolar, se aplicó la prueba de Lawson.

2.- Al final se les entregó el problema para resolverlo como una tarea. Se les solicitó que intentaran resolverlo al menos de tres maneras. Se entregó un tipo de problema a cada grupo.

3.- En la sección siguiente, se recogió la tarea y se les entregaron tres soluciones del problema, para que las comentaran.

Los estudiantes encuestados fueron 118 de segundo grado, de tres secundarias del sistema federal que al momento que se realizó la investigación ya habían cursado Física, 83 estudiantes de tercer grado de bachillerato, de las áreas de Ingeniería, Humanidades y Salud de la BUAP, y a 40 del nivel licenciatura que cursaban su laboratorio de Mecánica.

VII. RESULTADOS

En los resultados derivados de la aplicación de la prueba de Lawson, mostrados en la Fig. 1, se encontró que la mayoría de los estudiantes de nivel Secundaria, aún se encuentran con un pensamiento concreto. El resultado contradice la idea de que entre los 14 y 15 años de edad, la mayoría deberían mostrar un nivel formal. Lo que sí se identifica es que los estudiantes que ya han recibido sus primeros cursos básicos en la FCFM de la BUAP (19-20 años), la mayoría (83%) llegan a lograr un pensamiento formal. A manera de mostrar el desarrollo cognitivo con la edad y experiencias, con el nombre de "N Ingreso" (Nuevo Ingreso) se agrega la distribución cognitiva promedio de los estudiantes que ingresan a las licenciaturas de Física y Física Aplicada de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la BUAP.

Resultó de gran importancia mostrar cómo avanza el desarrollo cognitivo de los estudiantes con la edad y las acciones que desarrollan durante su formación. Considerando las ideas de Piaget, al parecer el desarrollo cognitivo se realiza a mayores edades y experiencias educativas.

De manera específica, en la Fig. 2, se muestran los porcentajes del desarrollo de las habilidades, como la de proporcionalidad, que se relaciona con el uso de las preconcepciones y la manipulación de ecuaciones, habilidades que los estudiantes de 2° de secundaria no han desarrollado (16%), se manifiestan cuando el estudiante intenta resolver independiente del dominio de los conceptos; la habilidad correlacional; que envuelve la implementación de estrategias de solución, las cuales el estudiante de secundaria no intenta porque se ha acostumbrado a recibir ayuda y el control de variables que auxilia para entender la lógica del problema.

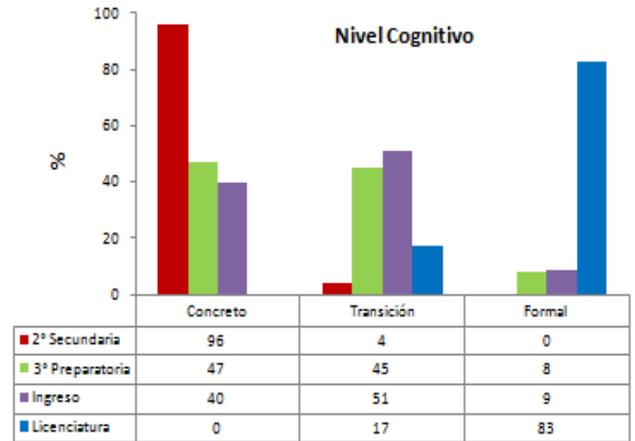


FIGURA 1. Porcentaje de los niveles cognitivos de los alumnos encuestados, obtenidos de la aplicación de la Prueba de Lawson.

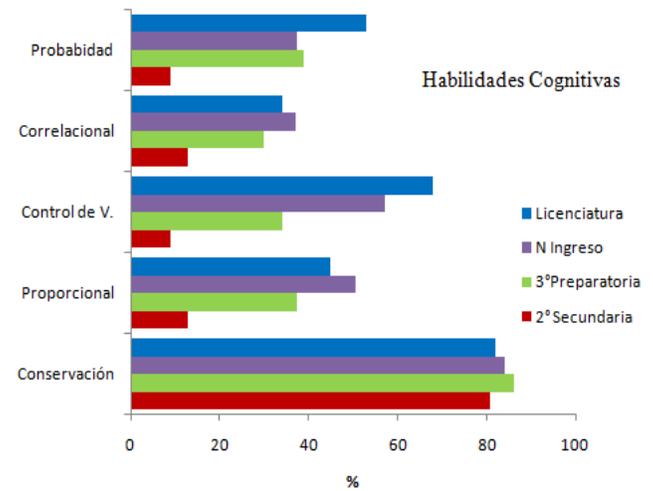


FIGURA 2. Porcentajes de las habilidades cognitivas de los alumnos, obtenidas al reclasificar los propósitos de las preguntas de la prueba de Lawson.

En la Fig. 3, se muestran los porcentajes de las soluciones por su tipo y nivel que los estudiantes realizaron. En la Fig. 3, se ve que sólo el 8% de los estudiantes de secundaria pudieron resolver el problema de forma algebraica y 3% en forma gráfica, el resultado que corresponde al nivel cognitivo de esa población. El tipo de soluciones se ilustra con los ejemplos mostrados en la última parte. Respecto a las respuestas de los estudiantes de bachillerato, el porcentaje aumenta en un 100%. Sin embargo, el tipo de soluciones poco difieren de las encontradas en las respuestas de secundaria.

Respecto al porcentaje de respuestas de tipo analítico, se considera que corresponde a las poblaciones de estudiantes de los niveles transición (45%) y formal (8%) detectados. En relación a los estudiantes de licenciatura, se encontró un equilibrio entre los tipos de solución, resultado consistente con la solicitud: "Resolver el problema de tres formas".

ideas mostradas. Además, no fueron capaces de proponer otras posibles soluciones.

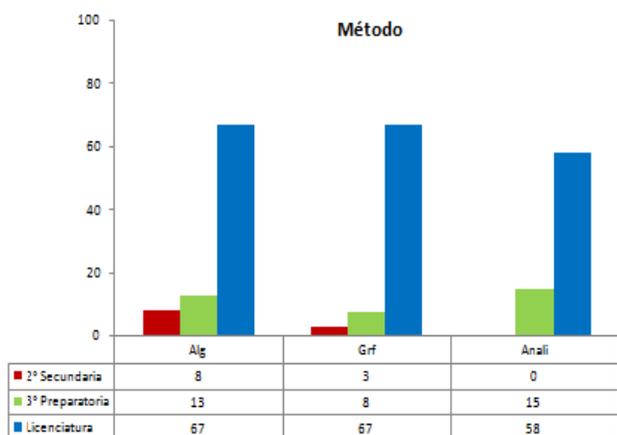


FIGURA 3. Porcentaje de soluciones al problema de la población encuestada.

En la Fig. 4, se muestra que sólo un promedio del 15% de los estudiantes de secundaria pudieron interpretar y en consecuencia comentar las soluciones. En relación a las preferencias que los estudiantes de bachillerato, se encuentra un equilibrio y un porcentaje promedio del 70%, lo que significa que hubo un 30% de estudiantes que aún muestran un nivel cognitivo concreto por lo que no pudieron entender las soluciones. Finalmente, los estudiantes de licenciatura, acostumbrados a las soluciones algebraicas la prefirieron respecto a la gráfica y analítica.

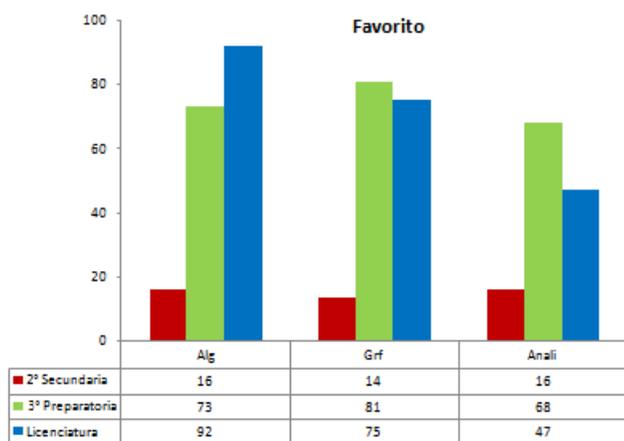
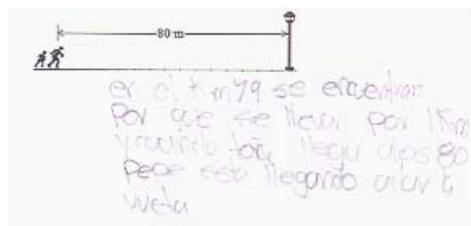


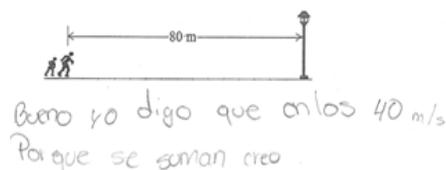
FIGURA 4. Porcentaje de los tipos de solución que los estudiantes consideraron más fáciles, lógicas, directas, etc. de las soluciones dispuestas a comentar.

a) Ejemplos de soluciones de los estudiantes de secundaria del nivel cognitivo concreto

Considerando sus explicaciones, los estudiantes no fueron capaces de entender el problema; independientemente del entendimiento de los conceptos implicados en el problema lo intentan resolver; manipulan mal la información o datos del problema; basado en lo que pudieron imaginar del problema, realizan un análisis que los lleva a proponer las



- Transcripción del texto: en el Km 79 se encuentran porque se llevan por 1Km y cuando Toña llega a los 80 Pepe está llegando a dar la vuelta.



- Transcripción del texto: Bueno yo digo que en los 40m/s, porque se suman creo.

Otro ejemplo de la interpretación que realizaron los alumnos de secundaria, cuando se enfrentaron al problema tipo C, que adolece de datos concretos, el 87%, consideraron que los tres tipos de solución correspondían a la situación ejemplificada en el siguientes imágenes. Consideran los momentos y lugares en los que, según su lógica, se encontrarán.



- Se encuentran en la vuelta porque si Toña corre con rapidez de V_2 y Pepe con una de V_1 Toña lo podrá alcanzar a la vuelta cuando Pepe gane, también se encontrarán a la salida de la carrera. Se encontrarán a la llegada en el poste porque aunque toña lleve V_2 lo va alcanzar.

b) Ejemplos se soluciones de los alumnos de bachillerato

En los ejemplos siguientes se muestran respuestas al problema tipo C (sin datos numéricos) de estudiantes de bachillerato identificados como concretos. Es claro que no fueron capaces de entender el problema, sólo hacen uso de concepciones mal entendidas, manipulando ecuaciones que no son requeridas por el problema. También, eso estudiantes no propusieron otras posibilidades de solución.

$$\vec{A}_x = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \text{ desplazamiento}$$

$$\vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \text{ aceleración}$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 \text{ incremento de velocidad}$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 \text{ - velocidad}$$

$$\vec{A}_x = v_2 - v_1 \text{ - desplazamiento}$$

$$\vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \rightarrow \text{aceleración.}$$

En la siguiente figura, se muestran los procedimientos que realizó un estudiante de bachillerato, cognitivamente identificado como en transición, elaborando una solución tipo algebraico. Es claro que ya es capaz de interpretar el problema, que utiliza sus concepciones, realiza un análisis cualitativo, ejerciendo acciones propias de quien muestra tener un nivel cognitivo superior al concreto.

Diagram: 160m path, 80m marker. Apeca starts at 0, Tona starts at 80m.

Calculations:
 Tiempo de Apeca a 80m = 32s a 160m = 64s
 Tiempo de Tona a 80m = 32+32 a 160m = 104s
 Diferencia 71.3s
 Se encuentran en el segundo 32s de Tona y el 32+32 de Apeca

El análisis de respuesta de dos estudiantes de preparatoria que fueron identificados con un nivel cognitivo formal, revela lo siguiente:

Estudiante A propone una solución analítica, en la que ha propuesto desdoblado el recorrido, suma las velocidades, lo que le permite determinar la duración del recorrido e interpreta su solución, acciones que corresponde a quien usa a nivel analítico sus concepciones; realiza análisis cualitativos; diseña estrategias basadas en sus conceptos.

Estudiante B propone una solución analítica, basada en el hecho de que los tiempos de recorrido serán iguales, lo que le permite de manera directa resolver el problema.

Además, ambos estudiantes propusieron las soluciones alternas solicitadas.

$$t = \frac{160m}{v_1 + v_2} = \frac{160m}{4 \text{ m/s}} = 40s$$

$$40s (1.5 \text{ m/s}) = 60m \text{ Tona}$$

$$40s (2.5 \text{ m/s}) = 100m \text{ Apeca}$$

- 80 de ida y 20 de regreso

$$t_1 = \frac{x}{1.5} \quad t_2 = \frac{80 + (80 - x)}{2.5}$$

$$\frac{x}{1.5} = \frac{80 + (80 - x)}{2.5} \quad \therefore x = 60$$

$$t = 40s$$

c) Ejemplos de soluciones de los estudiantes de licenciatura

En las siguientes figuras se muestra que los estudiantes a nivel licenciatura calificados como concretos, sin haber entendido el problema, sólo manipulan ecuaciones. Aunque utilizan sus concepciones, no las aplican correctamente. Sus análisis son cualitativos y no son capaces de comprobar sus soluciones...

Diagram: 80m path, 48m marker.

Calculations:
 $s = vt \Rightarrow t = \frac{80}{2.5} = 32s$
 Si Jose tarda 32 segundos en llegar al poste y Fela se encuentra a 48 metros entonces se encuentran en...
 Total $s = (1.5)(32) = 48$

Diagram: 80m path, 48m marker.

Calculations:
 $v_1 = 1.5 \text{ m/s}, v_2 = 2.5 \text{ m/s}$
 $t_1 = \frac{80}{1.5} = 40s, t_2 = \frac{80}{2.5} = 32s$
 $x_1 = v_1t + 48, x_2 = v_2t + 80$
 $x_1 = x_2 \Rightarrow v_1t + 48 = v_2t + 80$

Estudiantes con nivel cognitivo formal son capaces de hacer un plan de solución (análisis lógico-cualitativo) lo que los lleva a proponer una solución analítica.

Utilizan adecuadamente sus concepciones.

Fueron capaces de presentar las tres soluciones solicitadas y comprobaron la solución del problema.

Diagram: 160m path, 60m marker.

Strategy 2:
 lo que recorran entre los 2 en total son 160 m. pues (lo de lápiz) es lo que recorre Jose y (lo de morado) lo que recorre Ana. Sabiendo eso podemos utilizar las sig. cc:
 Como el tiempo es lo único que no varía en los dos.
 Como $d = v \cdot t$. $t = \frac{160}{4} = 40 \text{ seg.}$ Se van a encontrar en el seg 40.
 $d = vt \Rightarrow d_2 = (2.5)(40) = 100$ - lo que recorre Jose
 $d_1 = (1.5)(40) = 60$ - lo que recorre Ana.
 \therefore Se encuentran en el 60 m

3

Pepe 2.5m - 1s	Toño 1.5m - 1s
-------------------	-------------------

entonces se tienen que encontrar en cierto tiempo.
 $2.5t + 1.5t = 160$
 $4t = 160$
 $t = \frac{160}{4}$
 $t = 40$

el tiempo en el que se encontraron será 90s después de aver salido.

$\frac{2.5 \times 40}{100}$	$\frac{1.5 \times 40}{60}$
-----------------------------	----------------------------

la distancia recorrida por Pepe sera 100m y toño 60m en ese punto se encontraron.

VIII. CONCLUSIONES

Del análisis de lo escrito por los estudiantes, se encontró que básicamente no analizan el problema y que la secuencia de cálculos es aleatoria. Se infiere que en todos los niveles no se da a conocer ninguna estrategia que los lleve a realizar un análisis lógico.

Hay una gran separación entre sus concepciones y sus acciones relacionadas con la solución. Muy pocos estudiantes (5%) fueron capaces de visualizar la vialidad de la solución. En ningún caso citaron identificar el problema con otro equivalente (por su estructura).

Hay diferencias significativas entre la visión del problema por los "novatos" (secundaria) y los "expertos" (licenciatura). Los "expertos" pudieron resolver el problema tipo C (sin datos) mientras que los novatos tuvieron que reinventar el problema. Los "expertos", haciendo uso de su conocimiento estructurado, centraron sus análisis en los principios y conceptos (estructura profunda) a ser utilizados para resolver el problema, llevándolos a soluciones analíticas.

En el planteamiento del problema tipo B (descontextualizado) se utilizaron palabras que pudieron ser desconocidas (partícula) para los novatos, quienes por no haberseles activado sus conocimientos trataron de resolverlo sin realizar un análisis conceptual como parte de la resolución del problema.

Concluimos que, en las prácticas de resolución de problemas, se debe poner mayor énfasis en los conceptos y razonamientos cualitativos, así como también, que se aliente a los alumnos a ser más reflexivos sobre los procesos para resolver los problemas [19]. Uno de los objetivos de la enseñanza de la ciencia debe ser que los alumnos puedan examinar y utilizar varias representaciones como una parte natural de la manera de resolver los problemas.

Teniendo en cuenta estos resultados, como las ideas de otros autores, consideramos que el desarrollo de la capacidad de razonamiento formal debe ser una prioridad importante en la enseñanza de las ciencias [32].

REFERENCIAS

[1] Dufresne, R. J., Gerace, W. J. & Leonard, W. J., *Solving physics problems with multiple representations*, The Physics Teacher **35**, 270–275 (1997).

[2] Sigüenza, A. F., Sáez, M. J., *Análisis de la resolución de problemas como estrategia de la enseñanza de la Biología*, Enseñanza de las Ciencias **8**, 223-230 (1990).

[3] McDermott, L. C., *Concepciones de los alumnos y resolución de problemas en mecánica*, http://icar.univ-lyon2.fr/gric3/ressources/ICPE/espagnol/PartC/C1_chap_p1-11.pdf, visitado 24 agosto de (2011).

[4] Garrett, R. M., *Issues in science education: Problem solving creativity and originality*, International Journal Science Education **9**, 125-137 (1986).

[5] Gil, P. D., Dumas, C. A., Caillot, M. y Neztorregrosa, M. J., *Problem solving in the physical sciences as a research activity*, Studies in Sci. Educ. **18**, 137-151 (1990).

[6] Leonard, W. J., Gerace, W. J., Dufresne, R. J. & Mestre, J. P. (1999), *Concept-Based Problem Solving. Combining educational research results and practical experience to create a framework for learning Physics and to derive effective classroom practices*,

<http://srri.umass.edu/files/gerace-1997cbp.pdf>, visitado el 24 de octubre de (2011).

[7] Thibodeau, H. P., Dufresne, R. and Mestre, J. P., *The relation between problem categorization and problem solving among experts and novices*, Memory & Cognition **17**, 627-638 (1989),

<http://www.springerlink.com/content/b6165k45m2g16765/>, visitado el 12 de septiembre de (2011).

[8] Kibble, B., *How do you picture electricity?*, Phys. Educ. **34**, 226-229 (1999).

[9] Meltzer, D. E., *Relation between students' problem-solving performance and representational format*, Am. J. Phys. **73**, 463 (2005).

[10] Hoellwarth, Ch., Moelter, M. J. and Knight, R. D., *A direct comparison of conceptual learning and problem solving ability in traditional and studio style classrooms*, Am. J. Phys. **73**, 459-462 (2005).

[11] Chandralekha, S., *Categorization of problems to assess and improve proficiency as teachers and learners*, Am. J. Phys. **77**, 73 (2009).

[12] Beatty, I. D., Gerace, W. J., Leonard, W. J. and Dufresne, R. J., *Designing effective questions for classroom response system teaching*, Am. J. Phys. **74**, 31-39 (2006).

[13] Ogilvie, C. A., *Impact of Context-Rich, Multifaceted Problems on Students' Attitudes Towards Problem-Solving*, (2008), <http://arxiv.org/abs/0809.1081>. Visitado el 24 de agosto de (2011).

[14] Pifarré, M. y Sanuy, J., *La enseñanza de estrategias de resolución de problemas matemáticos en la ESO1: Un ejemplo concreto*, Enseñanza de las Ciencias **19**, 297-308 (2001).

[15] McDermott, L. C., *Concepciones de los alumnos y resolución de problemas en mecánica*, http://icar.univ-lyon2.fr/gric3/ressources/ICPE/espagnol/PartC/C1_chap_p1-11.pdf, visitado 28 junio de (2011).

[16] Carcavilla, C. A. y Escudero, E. T., *Los conceptos en la resolución de problemas de física «bien estructurados»: Aspectos identificativos y aspectos formales*, Enseñanza de las Ciencias **22**, 213–228 (2004).

- [17] Sabella, M. S., Redish, E. F., *Knowledge organization and activation in physics problem solving*, Am. J. Phys. **75**, 1017-1029 (2007).
- [18] Dufresne, R. J., Leonard, W. J. and Gerace, W. J., *Making Sense of Students' Answers to Multiple-Choice Questions*, The Physics Teacher **40**, 174-180 (2002).
- [19] Gerace, W. J., Dufresne, R. J., Leonard, W. J. and Mestre, J. P., *Minds on Physics, Materials for developing concept-based problem-solving skills in Physics*, <http://srri.umass.edu/files/gerace-1999mdc.pdf>, visitado el 25 de octubre de (2011).
- [20] Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. & Glaser, R., *Categorization and representation of physics problems by experts and novices*, Cognitive Science **5**, 121-152 (1981).
- [21] Larkin, J. H., *Cognition of Learning Physics*, Am. J. Phys. **49**, 534-541 (1981).
- [22] Inhelder, B. & Piaget, J., *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*, (Routledge, London, 1958).
- [23] Lawson, A. E., *The development and validation of a classroom test of formal reasoning*, J. Res. Sci. Teach. **15**, 11-24 (1978).
- [24] Adey, P., *La Ciencia del Pensamiento, y las Ciencias para el Pensamiento: La Aceleración Cognitiva Mediante la Educación Científica (CASE)*, Publicado en 1999, por la Oficina Internacional de Educación, P.O. Box 199, 1211 Ginebra 20, Suiza. Disponible en: http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/archive/publications/innodata/inno02s.pdf, visitado el 23 marzo de (2011).
- [25] Gok, T., *The General Assessment of Problem Solving Processes and Metacognition in Physics Education*, Eurasian J. Phys. Chem. Educ. **2**, 110-122 (2010).
- [26] Lawson, A. E., *Science Teaching and the Development of Thinking*, (Wadsworth, Belmont, CA., 1995).
- [27] Yenilmez, A., Sungur, S. and Tekkaya, C., *Student's achievement in relation to reasoning ability, prior knowledge and gender*, Research in science & Technological Education **24**, 129-138 (2006).
- [28] Megowan, M. C., *Framing Discourse for Optimal Learning in Science and Mathematics*, Ph.D. dissertation, Division of Curriculum and Instruction, Arizona State University, Tempe, (2007), http://modeling.asu.edu/thesis/MegowanColleen_dissertation.pdf.
- [29] Goldberg, F. M. and McDermott, L. C., *Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror*, Phys. Teach. **24**, 472-481 (1986).
- [30] Beichner, R., *Testing student understanding of kinematics graphs*, American Journal of Physics **62**, 750-762 (1994).
- [31] Archambault, J., Burch, T., Crofton, M., McClure, A., *The Effects of Developing Kinematics Concepts Graphically Prior to Introducing Algebraic Problem Solving Techniques*, <http://modeling.asu.edu/modeling/Kinematics-graphical08long.pdf>, visitado el 15 de mayo (2011).
- [32] Remzi, Y., Kıncaçlı, D. Y., *Investigating the Formal Operational Thinking Skills of 7th and 8th Grade Primary School Students According to Some Variables*, Elementary Education Online **9**, 723-733 (2010). <http://ilkogretim-online.org.tr>, visitado el 6 de marzo de (2011).