

Dificultades que enfrentan los estudiantes de 10° año en el estudio de física. Alternativas para mejorar el aprendizaje

*Carlos Francisco Carranza*²
Universidad Nacional, Costa Rica
Costa Rica
ccarranz@una.ac.cr

*Carolina Rojas Oconitrillo*³
Universidad Nacional, Costa Rica
Costa Rica
ensayandoenlauna@gmail.com

*Juan Carlos Solano Mora*⁴
Universidad Nacional, Costa Rica
Heredia, Costa Rica
ensayandoenlauna@gmail.com

*Marvin Ramírez*⁵
Universidad Nacional, Costa Rica
Heredia, Costa Rica
ensayandoenlauna@gmail.com

Resumen

Este artículo aborda los problemas que enfrentan los estudiantes de 10° año del Ciclo Diversificado de Educación Secundaria en Costa Rica, en el aprendizaje de la Física, a partir de los resultados de una investigación cualitativa realizada con estudiantes de 11° año en dos instituciones educativas del país. Del análisis de resultados fue posible concluir que no necesariamente el desarrollo lógico matemático del alumno juega un papel limitante en el aprendizaje, sino el abordaje de la disciplina con un tema poco natural a los estudiantes a ese nivel, esto es, el

Recibido: 08 de setiembre, 2010 - Aprobado: 29 de junio, 2011

¹ Este documento es el resultado del trabajo del curso Seminario de Innovación y Producción Educativa para la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, CIDE, de la Universidad Nacional (Diciembre, 2009) y contó con la supervisión y edición final de la profesora titular del mismo, M.Sc. María Isabel Torres. La importancia del tema, no solo para la enseñanza sino para las perspectivas de desarrollo de la ciencia en Costa Rica hacen necesario señalar que los resultados del estudio aquí mostrados deberían considerarse exploratorios.

² Estudiante de la Carrera de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional.

³ Estudiante de la Carrera de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional.

⁴ Estudiante de la Carrera de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional.

⁵ Estudiante de la Carrera de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional.

inicio con el tema de vectores. Se recomienda cambiar el orden de los contenidos, empezando con el tema de fuerza y energía, haciendo un uso limitado de herramientas matemáticas, al menos en las etapas iniciales del aprendizaje, reducir el número de contenidos del programa y poner en práctica una serie de estrategias didácticas que aumenten el carácter significativo del aprendizaje para el alumno, entre las cuales se cuentan resolver problemas de la vida cotidiana con el uso del método científico, permitir al estudiante arribar por sí mismo al descubrimiento de las leyes físicas, replicando en la medida de lo posible, el esquema de pensamiento de la época en que se produjeron y considerando los instrumentos y condiciones de esa época.

Palabras claves: Enseñanza y aprendizaje de Física, Educación Secundaria, Ciclo Diversificado, desarrollo lógico-matemático, aprendizaje significativo, estrategias pedagógicas en la enseñanza de las ciencias, contenidos del programa de física de 10° año, instrumental matemático en educación secundaria.

Abstract

This paper discusses learning physics problems among 10th grade students of High School Education in Costa Rica. A qualitative research was conducted out of 11th grade students interviews on two different high schools institutions of the country. Student's bad performance is not necessarily related to their level of logic and mathematical development but on some other issues such as the following. It seems not natural to start physics by teaching vectors when forces and energy are much more natural concepts to a teenager. Such a change is recommended. It is also recommended a limited use of mathematical tools, at least on initial steps, a reduction on the number of topics on the curriculum and a wide use of significative learning strategies, instead of blackboard and chalk most used. Among such strategies daily problems solving using the scientific method, guiding the student and let him discover natural laws by himself, using an historical approach when scientific knowledge is provided, and some other tips are suggested.



Keywords: Physics learning and teaching, high school education, diversified cycle, math-logic development, meaningful learning, science teaching pedagogical strategies, 10th grade MEP's syllabus, high school instrumental math.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Física en Costa Rica muestra problemas en distintas fases del proceso de enseñanza y aprendizaje, los cuales se reflejan en la falta de interés por parte de los alumnos, notas insuficientes en promedio y bajos porcentajes de presentación de exámenes de bachillerato en la disciplina de la Física. En este artículo se analizan las razones por las que los estudiantes encuentran dificultad y tienen bajos rendimientos en esta disciplina. Entre varios elementos explicativos se explora si el orden actual de los contenidos del Programa de Física de 10° del Ministerio de Educación Pública considera apropiadamente el desarrollo cognitivo del alumno y el desarrollo de sus capacidades de pensamiento lógico. Aborda también el área de las estrategias metodológicas y técnicas de enseñanza en esa disciplina.

Se pretende determinar que tan significativo es para los estudiantes el aprendizaje de Física, partiendo de lo que rodea al estudiante, de lo que él o ella observan, de lo que es natural en su asombro, de sus conocimientos previos y de sus experiencias. También se pretende conocer la influencia que tiene el desarrollo afectivo y emocional, el desarrollo cognitivo o intelectual y la forma en que aprende. De igual forma se analizan otras condiciones tales como la infraestructura (aula, equipos, laboratorios) y la metodología de enseñanza y aprendizaje utilizada por el profesor (resolución de problemas, redescubrimiento de la ciencia, etc.) para ver si afectan o no el rendimiento académico. Los instrumentos utilizados en la recolección de datos permiten arribar a varias conclusiones y recomendaciones de útil aplicación al proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física en Costa Rica. Este artículo por tanto, aborda el problema de determinar las causas del bajo rendimiento académico en la enseñanza de la Física de 10° y a partir de ellas elaborar algunas recomendaciones para mejorar el aprendizaje de los diferentes contenidos por parte de los estudiantes, o por lo menos, hacerlo

más interesante, atractivo y agradable, hacer que el aprendizaje de la Física sea una verdadera aventura del pensamiento, como lo expresó el conocido físico Albert Einstein en el título de su exitoso libro de 1939.

MARCO TEÓRICO

Como se menciona en la sección anterior, los problemas que enfrentan los estudiantes de 10° del Ciclo Diversificado en el aprendizaje de la Física en Costa Rica, tiene entre sus múltiples causas elementos de desarrollo cognitivo y elementos relacionados con la didáctica de la enseñanza de la disciplina. Por ello, aquí se hace una revisión breve de ambos, planteando las primeras ideas que propuso Piaget con respecto al desarrollo cognitivo y al menos dos proposiciones con relación a las estrategias didácticas, el enfoque de aprendizaje significativo de Ausebel y el paradigma constructivista, construido por muchos educadores a lo largo de muchos años recientes. Las respuestas esbozadas tanto por estudiantes como por docentes de Física se enmarcan dentro de las teorías arriba indicadas, discutidas a continuación.

Le ha correspondido al estudio de la física la explicación y comprensión del Universo, procurando desde los primeros años de educación, inculcar en los estudiantes una cultura general humanista a través de las ciencias naturales, particularmente del estudio de la Física. Sin embargo, a pesar del interés por dar un nuevo papel e imagen a los procesos de las ciencias dentro del aula, diferentes investigaciones demuestran el deficiente resultado en el aprendizaje logrado por los estudiantes; transmitiendo una pobre imagen de la educación científica. Las dificultades que observan docentes y estudiantes en la enseñanza y aprendizaje de la física podrían estar relacionadas, en primer lugar, con un desfase natural entre los requerimientos de desarrollo cognitivo y racional que tiene que presentar el estudiante para asimilar los contenidos y para seguir, con el docente, la lógica de los fenómenos físicos (Fernández, C.:2009, p.3).

Las propuestas de Piaget (1973), citadas por Méndez, Z. (1995, p. 53-54), tan ampliamente discutidas hoy en día, muestran que existe una relación entre la edad y los estadios del desarrollo intelectual de los niños (as) y adolescentes. Piaget propuso que entre los siete y los doce años los niños y niñas desarrollan la tercera etapa, etapa de las operaciones concretas, y que alrededor de los 12 y hasta los 15 ó 16



años los adolescentes desarrollan la etapa de las operaciones hipotético-deductivas o formales. Aunque ese autor utilizó un enfoque de carácter muy biológico, dejó establecidas algunas relaciones entre la edad y el desarrollo cognitivo.

En esa etapa, el adolescente “logra deducir operacionalmente a partir de simples hipótesis enunciadas en forma verbal, lo que Piaget llamaba la lógica de las proposiciones” (Méndez, Z.:1995, p. 52) y lo mostraron varios adolescentes en estudios donde se les pedía inducir diversas leyes físicas (ibid, p. 53).

Pero, aún cuando el estudiante haya alcanzado la madurez cognitiva que le permita ejercer el razonamiento formal necesario para el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física, puede todavía resultar que el docente no utilice técnicas que conduzcan al aprendizaje significativo por parte del alumno. Según Ausebel (1970), citado por Méndez, Z. (op.cit, p. 91) “el aprendizaje significativo es un proceso por medio del cual se relaciona nueva información con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva de un individuo y que sea relevante para el material que se intenta aprender. El aprendizaje debe tener necesariamente significado para el estudiante, si queremos que represente algo más que palabras o frases que repite de memoria en un examen”

Cuando la materia que se enseña es Física, que puede requerir un esfuerzo especial de razonamiento abstracto, si el estudiante no encuentra un uso útil de los nuevos conocimientos en su experiencia de vida, y si se le enseña con un instrumental matemático que a su edad y nivel educativo aún no maneja, el resultado puede ser un rechazo hacia el aprendizaje que conduce a bajos niveles de rendimiento académico y una huída hacia otras disciplinas en exámenes de bachillerato.

Por tanto, en la enseñanza de la Física los métodos didácticos están sujetos a un duro escrutinio, los errores en este campo tienen graves repercusiones sobre la autoestima de muchachos y muchachas y negativas consecuencias sobre el desarrollo científico y tecnológico potencial de los países. En Costa Rica, a juzgar por las estadísticas, se puede concluir que los métodos de enseñanza no han sido apropiados, que se hace necesario poner a prueba nuevas técnicas y estrategias de enseñanza.

En la enseñanza de las ciencias no hay aún necesidad de innovar, muchas técnicas novedosas ya han sido probadas con solvencia: la demostración, las excursiones educativas, la resolución de problemas donde éste es una situación del mundo natural (no un ejercicio de libro),

que conduce a un proceso similar a las etapas del método científico, los experimentos tipo laboratorio, aunque no necesariamente se cuente con un laboratorio, sino que se desarrolla con materiales y herramientas comunes, el aprendizaje por descubrimiento siguiendo el proceso de razonamiento y resolución de problemas que históricamente enfrentó el científico en su tiempo, con los instrumentos de medida y las concepciones científicas de su época.

Labinowicz (1982), citado por Molina, Z. (1998), afirma que “el maestro no debería enseñar (o al menos debe tratar de no hacerlo, aunque en cierto momento puede hacerlo, cuando los estudiantes ya lo han intentado y han agotado sus propios medios para aprender), sino más bien propiciar situaciones para que el alumno construya conocimientos (lógico-matemáticos) o los descubra (físicos) de manera natural y espontánea, como resultado de su propio nivel de desarrollo cognitivo”

METODOLOGÍA

a) Diseño

Con el apoyo de una investigación cualitativa se evaluaron las perspectivas de distintos actores sobre el problema en cuestión, se consideraron las opiniones y las reacciones de educandos y docentes con la finalidad de obtener una imagen total de las situaciones que se viven dentro del sistema educativo. Con ese propósito se escogió una muestra y se diseñaron instrumentos de recolección de datos, tales como: una encuesta a estudiantes y una entrevista a profesores.

b) Población y muestra

La muestra se seleccionó de dos instituciones educativas: el Liceo Napoleón Quesada Salazar (institución pública) y el Instituto Centroamericano Adventista (institución privada), la primera localizada en el Cantón de Guadalupe, provincia de San José, posee una población de aproximadamente 2400 estudiantes mientras que la segunda institución se ubica en la provincia de Alajuela, y cuenta con una población de 224 estudiantes. De ambas instituciones se trabajó con dos secciones de quinto año. En el Liceo se entrevistó la sección 11-3, la cual cuenta con 25 alumnos y de la institución privada se tomó el criterio de 15 alumnos de las secciones 11-A y 11-B y se aplicó el instrumento a cuatro docentes (dos de cada colegio).



c) **Recolección de los datos**

Una vez seleccionada la muestra se decidió por la utilización de entrevistas y encuestas con preguntas de diversos tipos (preguntas abiertas y cerradas)⁶ para recoger la información que luego permitiría, una vez hecha la sistematización y análisis de los mismos, elaborar un diagnóstico experimental de las causas de los problemas de aprendizaje y de las posibles soluciones, según reacción a cada causa, según se muestra en las secciones siguientes. Los datos obtenidos se procesaron en hojas de Excel para justificar el análisis de resultados y conclusiones.

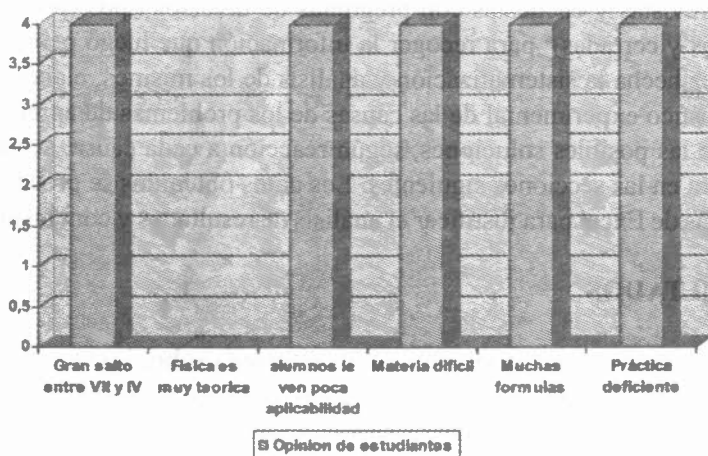
RESULTADOS

Cuando a los estudiantes se les interroga sobre las razones por las cuales no optan por Física para las pruebas de bachillerato, se muestran algunas de las razones que explican los insuficientes niveles de aprendizaje de esa disciplina, razones, como se postuló al inicio, relacionadas con el nivel de desarrollo cognitivo (habilidades deductivo-rationales, aprendizaje de instrumental matemático apropiado a los requerimientos de la enseñanza de la física, estrategias didácticas, especialmente aquellas que reflejen experiencias de aprendizaje significativo para los estudiantes).

En efecto, según se puede apreciar en las respuestas tabuladas del Gráfico 1, los estudiantes consideran que existe un gran salto entre 7° y 10° (dos años sin contacto con los contenidos de la Física podrían indicar la ausencia de gradualidad en la enseñanza de esa disciplina), que la Física es muy teórica o le ven poca aplicabilidad (podría reflejar un nivel muy bajo en el carácter significativo de la enseñanza de esa disciplina por parte de los docentes), y que la materia es difícil o que utiliza muchas fórmulas, lo cual podría ser un síntoma indicador de que efectivamente, o bien el estudiante no ha adquirido la madurez de razonamiento lógico-matemático que según Piaget el adolescente empieza a adquirir desde los 12 y hasta los 16 años, o que el instrumental del mismo sistema educativo, en el campo de la matemática, aún no ha sido suministrado a esa altura del proceso de enseñanza.

⁶ Para conocer detalles sobre los instrumentos y respuestas a los mismos contactar a los autores, en la dirección ccarranz@una.ac.cr

Gráfico 1: Razones para no optar por Física en Bachillerato



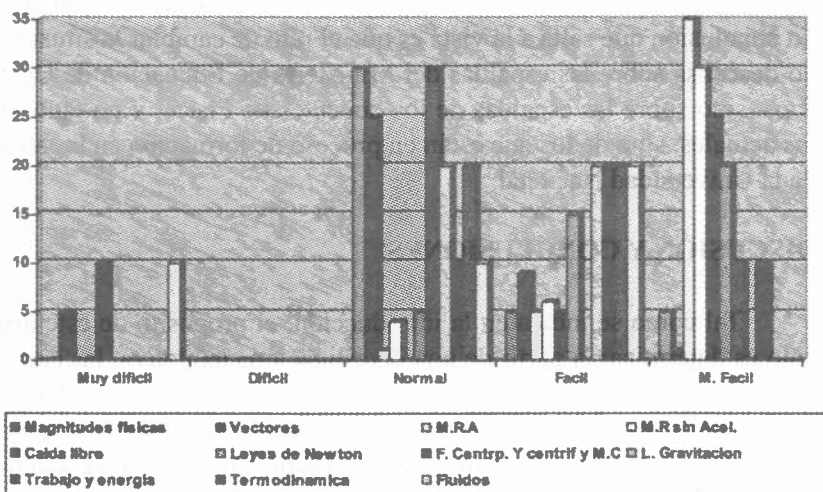
Los profesores consideran igualmente que existe una gran brecha entre la Física que ven los estudiantes en séptimo año y la que vuelven a ver hasta IV año del Ciclo Diversificado, ya que, como consideran casi todos los educadores consultados, debería de reordenarse el programa de Física; además sugieren que es necesario que los alumnos reciban física no solo en séptimo año, sino, también en octavo y en noveno, durante un trimestre para darle espacio a las otras ciencias (química y física) como se hacía años atrás. Los docentes también afirman que es necesario que la educación científica se oriente a la resolución de problemas, que no solamente involucren los cálculos sino la contextualización de los conceptos que involucra la ciencia. El objetivo es enseñar para la vida y que los estudiantes, aunque muchos no lleguen a dedicarse profesionalmente en el área de la ciencia, puedan asociar la física, química y biología, a los fenómenos que ocurren en la realidad. En fin, es necesario un reacomodo en el orden de los contenidos del programa, y si fuera posible relacionar las tres ciencias en los cinco niveles de educación secundaria, sería probablemente mejor. Se alcanzaría un mayor nivel de aprendizaje significativo y mostraría la integración de las ciencias y su avance.

Según muestran las respuestas de los estudiantes (ver Gráfico 2), los niveles de dificultad de los diferentes temas del Programa de Física, podrían tener relación con la incongruencia del nivel de enseñanza de la



matemática para ese nivel, ya que entre los temas considerados difíciles se encuentra el tema de vectores, precisamente el tema con el cual inicia el programa de Física en 10°. Parece que la conclusión es postergar el abordaje de este tema y en su lugar iniciar con un tema cuya comprensión resulte más natural al estudiante, por ejemplo el tema de fuerza y energía.⁷ Eso explica que la mayoría escoja biología para la prueba de bachillerato porque la considera más fácil para estudiar y no se compliquen tanto la vida con mucha fórmula y cálculos.

Gráfico 2: Grado de dificultad de los temas de física (encuesta a estudiantes)



Una observación importante que se deriva del Gráfico 2 anterior es que la mayoría de los estudiantes considera que los temas de Física, en su mayoría, son normales, fáciles o muy fáciles; pocos son los temas que cayeron en las categorías de muy difíciles o difíciles. Esto demuestra que no son razones de desarrollo lógico-racional, o de desarrollo cognitivo, sino más bien que son razones de carácter didáctico las que traen la “sensación” de dificultad al aprendizaje de los contenidos de Física en 10° año del Ciclo Diversificado.

⁷ Ver innovación propuesta por Carranza, et al. (2009) en el Informe Final de Investigación.

Del análisis de resultados arriba expuesto, se puede concluir que aunque el instrumental matemático puede efectivamente estar desfasado para el aprendizaje de la Física de 10° y de hecho constituir un problema serio para su aprendizaje, el desarrollo cognitivo del estudiante no lo es, ya que no considera difíciles o muy difíciles los contenidos de Física del Programa. Lo que sí resulta evidente, y se subraya en la sección siguiente de conclusiones y recomendaciones, es que las estrategias metodológicas no alcanzan a motivar al estudiante, para considerar que el aprendizaje de la Física puede resultar en algo útil para la vida, lo que sí resulta evidente es que la enseñanza basada en el uso excesivo del recurso pizarra, de fórmulas matemáticas aún de poco manejo por el estudiante y el abuso en la resolución de problemas de libro, antes que problemas de la vida real, es lo que frustra al estudiante. La conclusión que salta a la vista es que el reto de cambiar la situación no descansa sobre las espaldas del Ministerio de Educación de Costa Rica, sino sobre las espaldas de los docentes de Física, y no tanto de los actuales, sino de los que están en proceso de formación en las aulas de la Universidad Nacional.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Tal como se indica en la introducción, el propósito de este artículo es determinar, a partir de una investigación cualitativa, las causas del bajo rendimiento académico en la enseñanza de la Física de 10° y a partir de ellas elaborar algunas recomendaciones para mejorar el aprendizaje, o por lo menos, hacerlo más interesante, atractivo y agradable. Aunque algunas de las conclusiones y recomendaciones aquí planteadas no necesariamente surgen de las hipótesis iniciales, el trabajo de campo al profundizar en las causas, según los entrevistados y encuestados, arrojó información muy valiosa en la cual se basan algunas de las recomendaciones siguientes.

Los resultados obtenidos y el análisis del mismo mostraron que, según criterio de estudiantes la *enseñanza de la física está basada principalmente en el uso del recurso pizarra*, y por tanto, para hacer más atractiva y dinámica la enseñanza de la Física requiere se recomienda aumentar el uso de instrumentos y herramientas disponibles en Internet y en otras fuentes. Igualmente se encontró que la *enseñanza de la física está excesivamente recargada en el uso de las matemáticas*, dando



por un hecho que se manejan apropiadamente instrumentos como por ejemplo, vectores. Esta es una conclusión de efectos muy relevantes, porque al ser los vectores el tema inicial produce en los estudiantes desde el inicio una frustración que conlleva a una reacción de rechazo de los temas subsiguientes, situación que se refuerza por el uso continuo de fórmulas para resolver problemas, situación lastimosa ya que la física siempre está presente en la cotidianidad del ser humano, desde el rayo que cae hasta el horno microondas que usamos en la cocina, o el teléfono celular con el que nos comunicamos. A pesar de ello, esta ciencia parece invisible y sentenciada al quehacer académico solamente, donde se le ve como una asignatura compleja y llena de fórmulas matemáticas.

De acuerdo con lo anterior, y a los resultados de esta investigación, se recomienda iniciar la enseñanza de la física sin hacer uso de las matemáticas, utilizando esta herramienta en una etapa posterior del desarrollo del pensamiento lógico-matemático del estudiante y conforme avanza la enseñanza de la matemática.

Además, partiendo de que la enseñanza de la física inicia con el tema de vectores y la descripción gráfica del movimiento, temas que requieren la definición magistral del docente, de conceptos que no resultan naturales al estudiante, se recomienda cambiar el orden de los contenidos del Programa, e iniciar con el estudio de las causas del movimiento: la fuerza y la energía, dejando para una etapa posterior el tema de vectores y la descripción gráfica y algebraica del movimiento.

Al mismo tiempo, con los dos cambios anteriormente indicados, se sugiere un tercer cambio de refuerzo didáctico, que consiste en la aplicación de un enfoque histórico, de seguir las condiciones concretas en el estado actual de la ciencia del momento en que el científico logra hacer avances científicos, seguir el proceso de razonamiento del científico e inducir al estudiante a redescubrir por sí mismo el conocimiento científico.

La enseñanza de la física está basada en la técnica de resolución de problemas que suponen el conocimiento y uso de fórmulas matemáticas, escasamente relacionados con la vida real y cotidiana, por tanto, se debería de hacer uso de casos de aplicación a la vida real y cotidiana, resolver problemas cotidianos con un enfoque similar al método científico.

La cantidad de contenidos del programa de física es muy extenso y no se puede cubrir apropiadamente en el plazo establecido para el

curso lectivo, por tanto, se recomienda reducir la cantidad de contenidos que posee el programa de Física a un número razonable y realista, con el cual sea posible desarrollar ejemplos de aplicación que den al estudiante un aprendizaje significativo.

Finalmente, y aunque no resulte cómodo para los docentes de ciencias, la investigación logra determinar que no hay suficientes profesores especializados en la enseñanza de la Física, por lo que especialistas en Biología imparten esas clases (La Nación, 13/04/10).⁸ La mayoría de docentes de ciencias evitan hacerse cargo de las clases de física en la medida de lo posible y prefiriendo en su lugar enseñar química o biología, reforzando la temida asociación de física con matemática al referirse a la física como *física-mate*, o las advertencias a sus estudiantes ante los supuestos grados de dificultad de la disciplina en exámenes de bachillerato, tiene efectos negativos sobre los estudiantes, sobre la disciplina, sobre el aprendizaje y sobre ellos mismos. La preparación en Física, con la cual llegan los estudiantes de secundaria a la universidad es inadecuada, poniendo en riesgo el potencial de desarrollo científico del país.

Las alusiones a la dificultad de la Física nacen en las aulas universitarias donde los docentes en enseñanza de las ciencias adquieren la formación para impartir Física en la educación secundaria de Costa Rica. Por tanto, resulta de vital importancia que las universidades formadoras de profesores de ciencias fortalezcan el área de enseñanza de la Física, tanto en contenidos como en las metodologías y estrategias de enseñanza y aprendizaje. Dichos graduados tendrán la responsabilidad de poner en práctica los cambios sugeridos en este documento, propuestas exploratorias sujetas a una investigación y discusión más profundas.

Como se indicó antes, la conclusión que salta a la vista es que el reto de cambiar la situación no descansa sobre las espaldas del Ministerio de Educación de Costa Rica, sino sobre las espaldas de los docentes de Física, y no tanto de los actuales, sino de los que están en proceso de formación en las aulas universitarias.

⁸ Según declaraciones del Ministro de Educación, Dr. Leonardo Garnier Rímolo.



REFERENCIAS

- Carranza, Carlos F., Carolina Rojas Oconitrillo, Juan C. Solano y Marvin Ramírez García. 2009. Dificultades que enfrentan los estudiantes de 10° en la enseñanza de la Física. Informe Final de Investigación. Universidad Nacional. CIDE.
- Einstein, Albert y Leopold Infeld. 1939. *Física: aventura del pensamiento*. Buenos Aires. Editorial Losada.
- Fernández F., Cecilia. 2009. El orden de los contenidos desde una perspectiva pedagógica, del Programa de estudios del primer curso de Física de la Educación Diversificada. Simposio Centroamericano y del Caribe de Física. Costa Rica. XXVIII CURCCAF.
- La Nación. 2010. U señalan poca preparación de colegiales en Física y Química. Martes 13 de abril de 2010. Costa Rica.
- Méndez, Zahyra. (1995). *Aprendizaje y cognición*. Costa Rica. EUNED.
- Molina, Z. (1998). *Planeamiento didáctico: fundamentos y procedimientos*. Costa Rica. EUNED.