

## HACIA EL MEJORAMIENTO EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS FÍSICAS A NIVEL UNIVERSITARIO

*Arturo Ramírez Porras*

### 1. Introducción

Si se revisan los programas del nivel de educación diversificada del Ministerio de Educación Pública (MEP) hallamos la presencia de cursos de ciencias físicas, específicamente física y química. Esto ya de por sí plantea algunas interrogantes, una de las cuales es la siguiente: ¿Cuál es la necesidad de que estudiantes de nivel terminal de secundaria adquieran tal tipo de conocimientos? Las respuestas pueden ser tan distintas como diferentes son los intereses de los estudiantes en futuras carreras universitarias. Lo que sí parece claro es que en nuestro mundo de hoy, donde hay una gran invasión de la tecnología en nuestras vidas cotidianas, la persona que posea conocimientos científicos, aunque sean rudimentarios, puede tener ventaja en su futuro desempeño profesional, sin importar el campo que haya seleccionado. En este sentido, un instrumento tecnológico tan popular como la computadora no se ve más como una "caja mágica" si la persona entiende cuando menos los fundamentos de su operación. Este conocimiento es lo que permite a un individuo poseer la capacidad de cambiar con los tiempos para lograr su mejoramiento personal. Creo que esto constituye la principal ventaja del estudio de las ciencias físicas: adquirir capacidades y destrezas para entender la tecnología y de esta forma poder incidir sobre ella.

Otro punto favorable a la presencia de estas disciplinas en los programas de estudio

**Resumen:** *Fundamentado en una preocupación por el pobre desempeño mostrado por los estudiantes en los cursos de ciencias físicas, se hace un análisis de la situación y se encuentra que al menos existen dos razones para tal fracaso: falta de motivación adecuada y aprendizaje no significativo de los conocimientos. Sobre estas bases se procede pues a proponer para estos cursos una estructura que ayude a aumentar la motivación y el significado de los conocimientos para el estudiante. Se concluye entonces que los roles del profesor y el alumno deben cambiar substancialmente, de ser tenedor absoluto de los conocimientos a guiador para el primero, y de elemento receptor pasivo a constructor activo de conocimientos para el segundo.*

es que el estudiante puede, con la motivación apropiada, adquirir un modo de pensar más crítico y analítico, algo muy útil en cualquiera de los campos en que el estudiante quiera desenvolverse profesionalmente. Esto se debe a que las ciencias físicas proveen muchos más esquemas de pensamiento lógico y riguroso que otras disciplinas.

Desafortunadamente, de acuerdo con mi experiencia cualitativa, el estudiante que toma cursos en ciencias físicas aún no está "aprendiendo", en el sentido didáctico de la palabra, ni en el nivel de secundaria, ni en el universitario. Las causas pueden ser complejas, pero creo que gran parte de la culpa se le debe adjudicar a la forma con que se estructuran los programas y la manera con que tradicionalmente se ofrecen los cursos. En cuanto a lo primero, debemos decir que es un problema de currículo, y no será tratado en este trabajo. Más bien, he deseado hacer un análisis sobre el segundo aspecto. Gran parte de lo que afirmo en este trabajo está basado en mi experiencia personal como profesor universitario, que si bien es algo cualitativo, no deja de coincidir con las impresiones de otros colegas. No he pretendido ser exhaustivo aunque sí he reunido varias ideas con el objetivo de formular una propuesta para el mejoramiento del aprendizaje en ciencias físicas.

## 2. Factores que influyen en el aprendizaje

Rojo Asenjo hace la siguiente afirmación:

"Al enseñar Física no debe perderse de vista que el aprendizaje se estructura, por lo regular, en tres niveles o fases: conocimiento y adquisición de los conceptos; análisis de los conceptos y establecimiento de las relaciones de estos conceptos entre sí y con otros no muy distantes; para terminar aplicándolos a situaciones reales. Esta estructuración corresponde a la secuencia clásica del aprendizaje: Conocer, entender y saber". (Rojo Asenjo, 1990).

Según mi experiencia docente, este esquema no se cumple ni a nivel de secundaria

ni universitario. Los conocimientos se enuncian de forma mecánica, con lo cual su adquisición no se realiza de una forma significativa y lógica para el estudiante. Asimismo, su aplicación se realiza tan sólo en ejemplos y ejercicios "ideales", "de pizarra", con poca o ninguna aproximación con situaciones reales o cotidianas. En mi opinión, el resultado final de este proceso defectuoso es un estudiante que solamente hace uso de mecanismos o "recetas" para resolver problemas de examen, sin que el conocimiento sea efectivamente retenido.

En el esquema clásico del "Conocer-Entender-Saber", sin duda se debe poner especial atención al primer elemento, clave para mejorar el aprendizaje, pues de él se derivan los dos restantes elementos. Existen por tanto dos puntos cruciales que facilitan el aprendizaje de los nuevos conocimientos: la motivación por el estudio del material del curso y el aprendizaje significativo.

**Motivación:** la motivación puede verse como la atención interesada del estudiante por los temas tratados en el curso. Lo contrario de la motivación es pues el desinterés. ¿Cómo lograr interesar al estudiante? Abarca apunta que lo importante está en el nivel de expectativa o reto que el material crea en el estudiante, y añade:

"Un estudiante que sabe que todo lo que debe conocer está en un libro de texto o en la cabeza del profesor, no siente reto ni deseos de aprender. Se produce entonces una repetición mecánica que no permite la apropiación del conocimiento por parte del sujeto. Es decir, no hay comprensión cabal, no hay actividad intelectual duradera. Por lo tanto, en esta tarea de crear expectativa se necesita dejar que el alumno explore, que encuentre los caminos, que no tenga las respuestas de antemano, que le vea sentido a lo que hace y le produzca un reto que requiere desafiar, que experimente y sepa con claridad hacia dónde se dirige". (Abarca, 1995).

Todo lo anterior con la guía y supervisión del profesor. No hay aquí procedimientos establecidos para lograr la motivación, sino que cada docente debe auscultar la naturaleza del material del curso y presentarlo de forma atractiva para el alumno. En

otras palabras, debe ser un inventor de formas nuevas y dinámicas de enseñanza.

Para lograr la correcta motivación en los estudiantes, el profesor debe plantearse una serie de interrogantes sobre el curso que desea enseñar. ¿Qué le va a brindar ese curso al estudiante? ¿De qué manera serán expuestos los conocimientos? ¿Qué grado de participación pueden tener los alumnos en el manejo de esos nuevos conceptos? Esta última pregunta es importante pues plantea la posibilidad de que el estudiante no vea el conocimiento físico como algo acabado e inmutable, sino como un proceso dinámico en donde él puede participar. Esta idea puede entonces lograr que haya interés de los estudiantes por el material, y puede generar en alguna medida el entusiasmo deseado.

Abarca destaca un aspecto adicional al que llama el reto. El estudiante motivado parece gustar del reto impuesto por el nuevo conocimiento en el sentido de indagar, procesar e interactuar con él. Así, el alumno no se queda en la mera memorización del concepto, sino que tratará de manipularlo para comprenderlo plenamente dentro de sus esquemas de pensamiento. Es en estos casos cuando un estudiante empieza a formular preguntas interesantes sobre los conocimientos: “¿Qué pasa si...?”, “Ocurre lo mismo si la situación cambia a ...?”, “¿Cómo se explica que...?”. Todas estas interrogantes surgen cuando los esquemas mentales están siendo desafiados a buscar explicaciones novedosas. En mi opinión, el estudiante que logra este nivel de motivación, escala un peldaño de comprensión por encima del resto del grupo, pues entonces será capaz de enfrentar mejor las dificultades en la comprensión de los nuevos conocimientos derivados del actual.

**Aprendizaje significativo:** Coll y Sole definen este término, introducido de primero por Ausubel (Ausubel, 1973). Es “la adquisición de conocimientos que un individuo realiza cuando puede relacionar de forma sustantiva la nueva información o material a aprender con algún elemento de su estructu-

ra cognitiva”. (Coll y Sole, 1998). En otras palabras, un conocimiento tendrá sentido para él (y por tanto, será interesante) si puede de alguna manera conectarlo con conocimientos previamente adquiridos. Ahora bien, estos conocimientos anteriores pueden haber sido apropiados por cursos anteriores o por la propia experiencia, lo que implica la posibilidad de errores desde el punto de vista objetivo. Sin importar el estado correcto o incorrecto de ese conocimiento previo, si de alguna forma se logra relacionar con el conocimiento nuevo, el estudiante hará un encadenamiento lógico o secuencial y por lo tanto le dará un significado. Así se logrará una incorporación a su estructura de pensamiento.

Ausubel propone dos principios fundamentales para el aprendizaje significativo: la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora.

La diferenciación progresiva es el acercamiento gradual del estudiante con el objeto de conocimiento (relación científica, concepto, etc.) Esto establece que el material debe darle al estudiante primero una visión de conjunto. Seguidamente se puede particularizar a lo más específico. En otras palabras, es ir a favor de la tesis de que el estudiante percibe antes el todo y luego las partes. Por ejemplo, supóngase que se le da al estudiante la labor de entender las diferentes aceleraciones gravitacionales en los distintos planetas y estrellas. Se puede comenzar por presentarle la Ley de Gravitación Universal (que brinda una explicación global de la gravitación entre los cuerpos) y luego particularizar a cada uno de los planetas o estrellas en cuestión.

La reconciliación integradora es el esfuerzo del estudiante por percibir las relaciones entre las partes del conocimiento de modo que encuentre una articulación de todos los elementos del conocimiento y vea la relación de unidad. Esto significa ver los alcances de un conocimiento más allá del marco en el cuál aquél fue presentado. Como ejemplo, podemos considerar el concepto del teorema trabajo-energía, que por lo general se introduce durante el estudio de la dinámica de

partículas. El estudiante que logra un aprendizaje significativo podrá relacionar este conocimiento dentro de un ámbito distinto, como el electromagnetismo, donde se habla de energía en los campos eléctricos y magnéticos. Según he podido constatar en mis cursos, esta visión integradora está casi totalmente ausente de las mentes de los estudiantes en nuestros días, ya que ellos tienden a atomizar el conocimiento y partirlo en cajas que no tienen relaciones entre ellas. Lo que hacen es simplemente estudiar para el examen o prueba de evaluación y, una vez pasado éste, se abandona el conocimiento al olvido. Precisamente el aprendizaje significativo pretende combatir esta debilidad.

### 3. Condiciones que facilitan el aprendizaje

Como ya se ha visto, la motivación y el aprendizaje significativo son puntos claves para que el estudiante logre retener los conocimientos que se presentan en los cursos. Bajo esta óptica, el docente deja de ser el experto y pasa a ser el facilitador del aprendizaje, el mediador entre los conocimientos y el estudiante, o tal como Normandeau llama, el "mediador-soporte" (Normandeau, 1995). Su función es la de articular la transferencia o adquisición del conocimiento, y para ello debe contar con características hasta el momento poco explotadas (por ejemplo, tener mecanismos regulares de retroalimentación entre él y sus estudiantes, buscar formas alternativas para brindar información de manera dinámica e interesante, conectar al estudiante con la realidad laboral o profesional, etc.) Pérez Juárez brinda el siguiente marco de referencia general del docente en esta nueva perspectiva:

"Una función básica del profesor consistirá en observar la dinámica del trabajo grupal, el operar del grupo, y en hacer señalamientos, tanto en el terreno de lo conceptual como en el de la interacción, en los momentos oportunos y con respecto a logros, avances, desvíos, lagunas y contradicciones (...). El profesor también dispone de una experiencia, un conocimiento, que puede aportar para

estimular el desarrollo de la tarea grupal, pero sin bloquear ni sustituir los procesos de indagación del grupo ni su actividad productiva". (Pérez Juárez, 1997).

Notamos pues que el papel del estudiante también debe cambiar y pasar de ser un elemento pasivo que recolecta información a otro más activo que construye su conocimiento. En este sentido el curso debe proveer ciertas características que promuevan esta actividad. Indudablemente uno de los aspectos importantes es la investigación, en su sentido amplio de la palabra. En la actualidad se dispone de muchos recursos para obtener información que conduzca a la construcción del conocimiento. Tan sólo mencionaré como ejemplo los medios informáticos, aunque existen una gran cantidad de otras facilidades por lo general disponibles en las bibliotecas o centros de información. En esto el docente debe ayudar a sus estudiantes de acuerdo con su experiencia.

Otro de los aspectos importantes por considerar es la confrontación de los conocimientos nuevos con los previos, de manera que el estudiante sienta que lo que aprende se encadena con lo que ya sabe. En este punto son muy interesantes las pruebas diagnósticas como parte de la evaluación de los cursos, pues dan ideas al docente de hacia dónde debe dirigir los esfuerzos conjuntos.

Un punto adicional consiste en darle la oportunidad al estudiante de observar fenómenos y darle un tiempo razonable para que formule sus propias explicaciones. Nótese que aquí se le puede dar espacio al error, algo que clásicamente es castigado. A pesar de que el estudiante pueda incurrir en errores a la hora de interpretar una observación, o hacer hipótesis y conclusiones falsas, tal proceso es necesario para que él adquiera un marco de referencia sobre el cual construir el nuevo conocimiento. El profesor puede entonces recurrir a técnicas experimentales o demostrativas de los fenómenos por estudiarse y darle el trabajo de interpretación al alumno sin proceder inmediatamente a la solución o formulación correcta del material.

Como último elemento, es importante descubrir la relación entre los conocimientos adquiridos con la realidad de la vida cotidiana y con las aplicaciones prácticas. Como ejemplo se puede pensar en el conocimiento sobre la energía eléctrica. Sería muy provechoso que el estudiante aplique este concepto en los aparatos eléctricos que dispone en su casa, de manera que también se dé cuenta de aspectos relacionados tales como consumo, potencia eléctrica, etc.

En esta enumeración de condiciones que pueden facilitar el aprendizaje, no se ha querido ser exhaustivo. Sin embargo, creo que son los mínimos requerimientos para cumplir con los dos principios ya apuntados: motivación y aprendizaje significativo. Procederé ahora a esbozar las características de un curso típico de ciencias físicas que integre todos los elementos expuestos.

#### 4. Propuesta de estructuración de los cursos regulares de ciencias físicas

Se supone que es muy importante que el estudiante adquiera los conceptos antes que las técnicas. Por conceptos se entiende las ideas medulares en las que se basa un cierto conocimiento dado. Las técnicas son los procedimientos o algoritmos, generalmente matemáticos, que se utilizan para plantear y resolver problemas en donde se puede aplicar un concepto dado. Evidentemente, las últimas están en función del primero. Generalmente nuestro tradicional sistema de enseñanza universitaria en ciencias físicas da mayor énfasis a las técnicas de resolución de problemas, lo que implica un cierto grado de mecanicismo. El resultado es un estudiante que no adquiere el concepto, pero que se lanza a buscar la fórmula matemática para sustituir las variables y dar un resultado. Ésto amparado por el mismo profesor que en última instancia es casi lo único que espera de aquél. Sustituyendo el énfasis en las técnicas por la profundización del con-

cepto, creo que el estudiante ganará en mejorar su adquisición de conocimientos. Las técnicas se pueden practicar en una segunda instancia.

El siguiente es el plan de desarrollo en una clase típica de ciencias físicas.

##### a) *Conceptualización del tema*

El docente introduce un tema haciendo referencia a un problema práctico por resolverse, o bien a una situación histórica dada. Esta presentación puede culminarse en forma de pregunta que motive a la reflexión. También puede realizarse un pequeño experimento como demostración.

*Ejemplo:* "Si se dejan caer simultáneamente dos cuerpos compactos de distintos materiales desde una misma altura sobre el nivel del suelo, ¿llegarán a éste al mismo tiempo?"

Seguidamente, los estudiantes proponen una posible explicación del fenómeno presentado, apelando quizá a sus conocimientos previos. Se puede dar espacio a una discusión grupal. También se puede proponer una actividad de investigación externa.

*Ejemplo:* "El cuerpo más pesado llega al suelo antes", puede ser una proposición de un estudiante.

El profesor guía al estudiante hacia la explicación más adecuada del fenómeno, relacionándolo con conceptos anteriores ya estudiados. Además, se debe discutir sobre los alcances y limitaciones que tiene el nuevo concepto.

*Ejemplo:* "En una caída libre donde la resistencia del aire no interviene apreciablemente, los cuerpos que se dejan caer desde una misma altura llegan al suelo al mismo tiempo, sin importar el tipo de material que los conforman."

##### b) *Aplicación a situaciones ideales. Manejo de técnicas*

El profesor procede, una vez establecidos más firmemente los conceptos, a proponer algunos ejemplos de aplicación en situaciones ideales (esto es, desdeñando posibles

intervenciones de otros conceptos que compliquen el análisis. Por ejemplo, ignorando los efectos de fricción, resistencia del aire, forma de los cuerpos, etc.). Se debe dar un tiempo, de ser posible, para que el estudiante intente resolver el ejercicio y haga las preguntas pertinentes. En todo caso, el profesor debe guiar al grupo hasta la resolución correcta. Debe insistirse en los alcances y limitaciones que puede tener el nuevo concepto, y en cómo se relaciona con otros conceptos anteriores.

c) *Aplicación a situaciones reales específicas*

El docente propone ya sea una serie de ejemplos o bien una investigación sobre situaciones reales de la vida cotidiana o profesional. Con esto se pretende que el estudiante comprenda la manera con que los nuevos conceptos se aplican en el mundo real y así les halle sentido práctico.

d) *Resumen del tema*

Se recomienda que el grupo haga un resumen de los nuevos conocimientos adquiridos, indicando las situaciones en que no se pueden aplicar y relacionándolos con conceptos anteriores.

En este esquema no se ha hecho referencia a las formas de evaluación, lo cuál constituye todo un tema separado de discusión. Por el momento se deja libertad al docente para que encuentre sus propias maneras de hacerlo, aunque sí es aconsejable que dentro de la evaluación se hagan pruebas diagnósticas frecuentes con el fin de tener una retroalimentación entre el grupo de estudiantes y el profesor.

También es aconsejable el uso de todo tipo de instrumentos audiovisuales para lograr captar el interés y la atención del grupo, como son los proyectores de transparencias y diapositivas, videos, computadoras, etc.

## 5. Conclusión

En el presente trabajo se han analizado brevemente algunos de los problemas y soluciones que inciden sobre el aprendizaje de las ciencias físicas a nivel universitario. Con base en esto, se ha propuesto un sencillo esquema de reestructuración en la forma con que se trabajan los cursos. Tal esquema responde a las ideas de mejorar la *motivación* y el *aprendizaje significativo* del estudiante. Debemos decir que tal propuesta trata de responder a sus inquietudes más que a las del profesor, pues en alguna medida se intenta mejorar el aprendizaje más que la enseñanza. No obstante, creo que un cambio de funciones del docente le puede ayudar a enseñar mejor al mismo tiempo que el estudiante aprende mejor.

Todo el problema del aprendizaje de las ciencias físicas puede resumirse tal como Feynman, premio Nobel de Física en 1965, expresa en su prólogo a sus mundialmente famosas lecciones dadas en el Instituto Tecnológico de California:

"La solución a este problema educativo no es otra que darse cuenta que la enseñanza sólo puede realizarse cuando hay una relación individual directa entre un estudiante y un buen profesor. situación en la cual el estudiante discute las ideas, piensa en las cosas y habla sobre ellas. Es imposible aprender simplemente asistiendo a una clase, o simplemente resolviendo los problemas asignados. Pero en los actuales momentos tenemos tantos estudiantes a quienes enseñar que tenemos que encontrar un sustituto de lo ideal. Quizás mis lecciones ejerzan alguna contribución. Quizás en algún lugar pequeño donde sea posible una relación individual entre profesores y estudiantes, éstos obtengan alguna inspiración o algunos conceptos de estas lecciones. Quizás entonces, también el proceso de fijar el material sea más alegre y placentero para ello y dé origen al desarrollo de algunas ideas". (Feynmann, Leighton y Sands, 1963).

## Referencias bibliográficas

- Abarca, Sonia. *Motivación del aprendizaje*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED), 1995.
- Ausubel, David. "Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento". *La educación y la estructura del conocimiento*. Buenos Aires, Argentina: Ateneo, 1973.
- Coll, C. y Sole, I. "La importancia de los contenidos en la enseñanza". *Cuaderno de trabajo N° 4*, Curso de Didáctica Universitaria. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 1998.
- Feynman, R., Leighton, R.B. y Sands, M. *The Feynman Lectures on Physics*, Vol. 1. Massachusetts, Estados Unidos: Addison-Wesley Publishing Company, 1963. Traducido al español por Oelker, E. L. y otros. México D.F., México: Addison-Wesley Iberoamericana, 1987.
- Normandeau, A. "Del profesor Hácelo-Todo a la especialización de las tareas". *Le Trait d'Union*, Vol. 2, N° 5, Quebec, Canadá, 1995. Traducción de Jiménez, K. Universidad de Costa Rica, 1996.
- Pérez Juárez, E.C. "Problemática general de la didáctica". *Fundamentación de la didáctica*, Vol. 1. Ediciones Gernika, S.A., 1997.
- Rojo Asenjo, O. "Sobre la enseñanza de la Física". *Aula Abierta*, N° 55. Oviedo, España, 1990.