

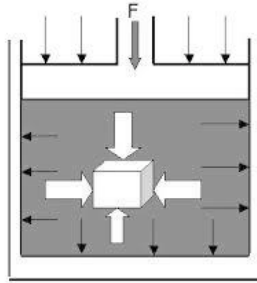
REFLEXIONES SOBRE LA PRÁCTICA DOCENTE EN LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

Ing. Jorge Luis Arizpe Islas,

Dra. Norma Estela Flores Moreno*

RESUMEN

En este documento se describen algunos de los retos más comunes en la práctica diaria del proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias (Física, Química, Biología y Matemáticas) y las tendencias observadas para superarlos. Así mismo, se ejemplifican los algunos de los errores más comunes en la práctica docente y se muestra una posible forma de solucionarlos. La importancia de éste documento radica en generar nuevas líneas de búsqueda para futuras investigaciones de los docentes de la materia, estudiantes de posgrado en educación y en ciencias.



ABSTRACT

This paper describes some of the issues that take place in the practices of the process teaching-learning of sciences (physics, biology and math) besides is about the tendencies that occur to get over it. This document presents some of the common errors that take place in a common day teaching and the way to get the solutions. The most relevant of this document is the new lines of research for the future teachers and students in education and sciences.

Palabras claves: Ciencia, líneas de investigación, constructivismo.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, se busca que el profesor reflexione y se apoye en exploraciones para su práctica docente en el área de las ciencias. Las ciencias a la que se hacen referencia en este documento son la Física, Química, Biología y Matemáticas, siendo la Física la que se utiliza para el desarrollo del texto.

En éste documento se muestran los resultados de múltiples investigaciones, conjugando esfuerzos de reconocidos Investigadores en el área de la enseñanza Física y Educación, desplegando así una visión panorámica de sus aportes en el campo de la enseñanza de la Física, abarcando aspectos que van desde la

formación de docentes, aspectos históricos de la ciencia, construcción de modelos de representaciones y finalizando con las propuestas de enseñanza para la problemática actual de la educación superior en México.

JUSTIFICACIÓN

Este trabajo está fundamentado sobre las necesidades detectadas en las juntas de academia de Ciencias Básicas acerca de ciertos puntos débiles relacionados con la enseñanza en general; por lo que la posible solución está basada en la bibliografía y otras referencias mencionadas

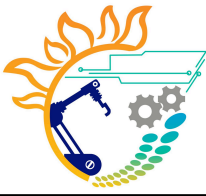
METODOLOGÍA

Una vez identificadas las áreas de oportunidad en la enseñanza de Ciencias es necesario realizar una revisión bibliográfica donde se trate el tema de calidad en el proceso de enseñanza en Ciencias con el fin de ayudar a fundamentar las propuestas de solución. Cabe mencionar que todas las referencias citadas contienen un exhaustivo tratado de el tema enseñanza-aprendizaje, por lo que si el lector así lo desea puede consultarlas para obtener información adicional.

En este trabajo se presentan algunas de las problemáticas detectadas en el aula, así como la posible solución a la misma, para lograr establecer una mejora en la enseñanza de las Ciencias, tales como (1):

- I. Líneas de investigación en la ciencia: Cómo han influido y deben influir en la formación de profesores.
 - II. La construcción de conceptos Físicos de los estudiantes y arguye que la historia permite interpretar los niveles y procesos de esta construcción.
 - III. Análisis del desarrollo del pensamiento crítico, para detectar errores en los libros de texto de Física tales como; errores de lenguaje, de interpretación y de formulación de problemas. Los cuales son un reflejo de los problemas conceptuales de los autores, ver Figura 1.
 - IV. Modelos conceptuales pertinentes para interpretar la manera como los estudiantes estructuran sus conceptos y nociones Físicas.
 - V. Ventajas y desventajas de la aplicación en el aula de nuevas tecnologías.
 - VI. Proceso de construcción de estrategias de enseñanza.
- Debido a que estos problemas no son ajenos a nuestro ambiente educativo, esto proporciona un instrumento de análisis valioso para la evaluación de nuestro propio medio de enseñanza en Física o cualquier otra disciplina.

* Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UANL Institución, Escuela, Departamento, jorge.arizpei@uanl.mx



Por ejemplo, en la Figura 1, se muestra un error recurrente al tratar de ejemplificar el concepto de presión hidrostática, donde evidentemente en la parte inferior se tiene más presión que en las otras dos partes, pero eso no significa que el tiempo transcurra más lento como para hacer que fluido tarde más en llegar al piso.

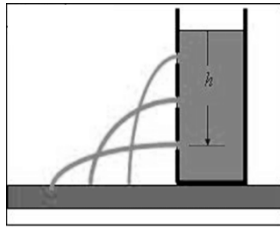


Fig. 1. Error típico del concepto de presión hidrostática¹

La Física en éste documento se define como una manera sistemática de investigar experimentalmente los fenómenos naturales y de crear y verificar los modelos teóricos que los explican (2).

I. Líneas de Investigación en Enseñanza y su Influencia en la Formación Docente (1)

Anteriormente, el objetivo principal de las investigaciones en enseñanza de las ciencias era determinar cuantitativamente el aprendizaje de los estudiantes, es decir, cuantos "aprenden" después de haber llevado este proceso de enseñanza. Sin embargo, hoy en día no solo se tiene en cuenta este aspecto, sino que también se considera el cómo y por qué aprenden.

En este sentido, el personal docente también forma parte de los objetivos de estas investigaciones, ya que es él quien está encargado del desarrollo de los estudiantes, así como de la producción de conocimiento científico a partir de los empíricos que ya poseen.

i. Líneas de investigación en el área de Enseñanza

Los conocimientos empíricos son llamados "espontáneos" ya que carecen de bases científicas y forman parte de una de las líneas de investigación en enseñanza. De esta forma la primer tarea del docente es hacer que los estudiantes expliquen estos conceptos espontáneos y traten de justificarlos de tal suerte que estos puedan ser considerados como una hipótesis que puede ser cuestionada, logrando así un conocimiento científico.

Ésta evolución conceptual exige determinar las condiciones de enseñanza y aprendizaje apropiadas. Por lo que, es necesaria otra línea de investigación basada en el principio constructivista, el cual orienta el aprendizaje de los estudiantes como una reconstrucción o evolución de sus habilidades, actitudes, conceptos y conocimientos hacia los científicos.

Por otra parte, la *investigación histórica y filosófica* es otra línea de trabajo importante ya que permite conocer y discutir los elementos constituyentes del conocimiento científico, además de su naturaleza, descartando verdades absolutas, lo cual puede influir fuertemente en la perspectiva del estudiante sobre la ciencia, provocando una mala actitud hacia la misma.

Así mismo, *la historia y la filosofía* juegan un papel importante en la formación de los profesores, ya que estos deberán dominar ciertos conceptos y metodologías, tales como:

- Evitar dogmatismos, conociendo los problemas que dieron origen a la construcción del conocimiento.
- Determinar las orientaciones metodológicas (localización y tratado de los problemas, criterios de validación, aceptación de teorías) para la construcción del conocimiento.
- Conocer las interacciones ciencia-tecnología-sociedad asociadas a la construcción del conocimiento.
- Tener conocimiento de los desarrollos científicos recientes, para presentar una visión dinámica del contenido.
- Ser multidisciplinario y tener la capacidad de unificación.

Esto significa un dominio absoluto por parte del docente sobre el conocimiento de su disciplina, antes de poder aplicar alguna innovación. Más esto no siempre es así, ya que el conocer el contenido que se debe enseñar y saber cómo trabajar ese contenido con el estudiante no es suficiente. Dentro de este contexto, el profesor considera los conocimientos espontáneos como objetivo educacional y se enfrenta a diversas posturas, por lo que debe de utilizar un lenguaje apropiado que introduzca a los estudiantes a una nueva forma de dar sentido a los acontecimientos y así poder representar los hechos reales de una manera simbólica. Por esta razón, el profesor no solo debe *saber qué aprender* sino también *saber hacer* cómo sus estudiantes han de aprender a argumentar.

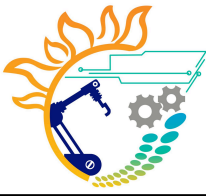
II. Metodología de las investigaciones dirigidas hacia la Descripción de la enseñanza y aprendizaje en aulas (1)

Normalmente, las investigaciones para estudiar la enseñanza, el aprendizaje y la formación de profesores son de tipo cualitativo y se enfoca en la relación profesor- estudiante-contenido. Algunas de las características detectadas son:

- La fuente de datos y el investigador forman el principal instrumento.
- Se le da mayor importancia al proceso que al producto.
- El análisis de datos tiende a seguir un proceso inductivo.
- Las hipótesis propuestas no son comprobadas antes de iniciar un estudio.
- Las abstracciones no son bien elaboradas.

Otro aspecto importante es la metodología cuantitativa, la cual se refiere a la validación de resultados. En este sentido, se debe tener cuidado en no dar por validos los resultados obtenidos a partir de una sola fuente, por lo que se deben diversificar las referencias además de realizar un análisis riguroso.

¹ Hidrostática/ Educar Chile
<http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=133170>



Ejemplo; El desarrollo del Concepto de Presión y las Concepciones Previas de los Estudiantes de Bachillerato

Como se mencionó anteriormente la investigación en la enseñanza de la ciencia se enfoca hacia la investigación de ideas y conocimientos previos de los estudiantes en diversas áreas. Empero, en la formación de esquemas de conocimiento los estudiantes establecen ciertas relaciones entre estos conceptos sólo de forma parcial, algo similar a lo que presenta Perkins (3), por lo que el cambio conceptual debe de provocar una transformación en el estudiante logrando que conozca y profundice sobre estos, es decir, que se produzca un cambio en su estructura cognoscitiva. En este sentido, el docente debería de describir el desarrollo del concepto de presión a través de la historia desde un punto de vista científico, de tal forma que sea percibido como un cambio conceptual en el que se presentan distintos modelos de un mismo fenómeno además se deberá de comparar con las ideas previas de los estudiantes con el fin de confrontarlas y detectar sus características. De ésta forma, el docente puede empezar con una breve pero ilustrativa introducción al tema de la presión, desde una perspectiva científica, mencionando algunos pensadores y sus contribuciones a la ciencia. Estos pensadores y científicos, deberán aparecer de forma cronológica y secuencial, tomando las ideas de sus antecesores y reflexionando al respecto para encontrar nuevos y diversos enfoques acerca de la descripción del fenómeno, esto lleva al estudiante a derivar no sólo a una mejor definición sino a tener una idea más completa de la misma.

Ejemplo; Descripción cronológica y secuencial a desarrollar por el docente para la Presión (4)

Las ideas centrales que se desarrollaron acerca de la presión, fueron apareciendo de forma cronológica, las cuales han sido perfectamente identificadas y tipificadas en cuatro etapas o modelos:

- Las ideas de los antiguos griegos y las desarrolladas en la Edad Media (del siglo Val XV aprox.)
- Las ideas del matemático y físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) Y del filósofo, matemático y físico francés Baise Pascal (1623-1662).
- Las ideas del científico suizo Daniel Bernoulli (1700-1782) sobre la presión de un gas.
- El concepto de presión en la teoría cinética de los gases.

En la primer etapa se encuentra el filósofo y científico griego Aristóteles (384-322 a. C.) como principal pensador, que aparece rechazando la existencia del vacío en la naturaleza, argumentado que ésta es perfecta. Este criterio fue aceptado hasta la Edad Media aún y cuando surgen de premisas lógicas no demostradas ni matemáticamente ni experimentalmente de forma general. Este argumento impulsó a otros pensadores como al físico y astrónomo italiano Galileo Galilei (1564-1642) a tratar de elaborar modelos físicos para demostrar la existencia del vacío,

la cual solo fue posible bajo ciertas condiciones.

Sin embargo, los modelos utilizados para demostrar la existencia del vacío en forma general, pero empírica, fueron realizados por Torricelli a través del barómetro (instrumento utilizado para medir la presión atmosférica o fluido estático). Después Torricelli y Pascal explicaron el funcionamiento de éste, tan importante fue el desarrollo del modelo matemático desarrollado por Pascal que dicho sea de paso en la actualidad la unidad de medida de la presión lleva su nombre ($1\text{N/m}^2 = 1\text{Pascal}$)

Las ideas conocidas hasta ese momento (en el año 1600 aprox.) no consideraban la presión ejercida por un fluido en movimiento (entendiendo por fluido cualquier sustancia capaz de fluir) por lo que Daniel Bernoulli retoma el tema de la presión, contemplando la expansión y compresión de los gases descrita por la ley del científico británico Robert Boyle (1627-1691), esta ley establece que a una temperatura constante, la presión y el volumen de un gas son inversa mente proporcionales, estableciendo así por primera vez una nueva plataforma matemática para describir el efecto de los fluidos en forma estática, misma que generalizó para los fluidos dinámicos, sin embargo, esta fue establecida considerando la mecánica clásica basada en las leyes de Isaac Newton.

Bernoulli también determinó su famoso teorema, principio físico que implica la disminución de la presión de un fluido en movimiento cuando aumenta su velocidad, basándose en el principio de conservación de la energía.

El reconocido matemático suizo Leonhard Euler (1707-1783) demuestra, como otros científicos, que las leyes de Newton no siempre se cumplen para pequeñas partículas como los átomos y sus componentes (y sin embargo siguen llamándose leyes). Por lo que el análisis de la presión debida a un fluido concebida hasta ese momento debía ser afectado por las nuevas consideraciones, por esta razón se dice que el primero que formuló una versión teórica cinética de la presión fue Euler.

Este procedimiento de búsqueda utilizado por los científicos está definido como una explicación causa², en el cual se relaciona de manera directa el contexto fenomenológico y después surgen las explicaciones causales de los modelos de interpretación utilizados para describir este fenómeno (5).

De ésta manera los modelos históricos establecen ideas y modelos generales que van más allá de un fenómeno.

Por otra parte, el estudiante común no establece estas ideas y modelos generales sino más bien se centra en la descripción de un fenómeno olvidándose de generalizar, esto sugiere que solo se estudia un ejemplo sin la capacidad de extrapolar los conocimientos a otras áreas.

²Causalidad (física)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Causalidad_\(física\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Causalidad_(física))



Los estudiantes también llegan a construir modelos, pero estos solo están ligados al fenómeno en cuestión buscando solo una descripción de éste. La búsqueda constante del estudiante por tratar de encontrar un modelo que describa cada una de las situaciones de un solo fenómeno comúnmente lo lleva a contradicciones, debido a que no se busca la causa, la cual en la mayoría de los fenómenos Físicos no está aislada, por lo que un modelo que las describa a cada una por separado sería incompleto y es por esta razón que el estudiante debe de pretender encontrar explicaciones de múltiples variables.

III. *Obstáculos para el Desarrollo del Pensamiento Crítico y en el Aprendizaje; Errores en los Libros de Física (I)*

Desafortunadamente, en algunos libros de texto de Física y medios electrónicos aún se encuentran falacias "no intencionales" que un estudiante común no alcanza a descubrir por su propia cuenta y que algunos profesores no quieren o no pueden, por diferentes circunstancias, divisar estos problemas. Cabe mencionar que a diferencia de los libros de texto comerciales los libros de Física son sometidos a repetidas revisiones, lo cual da lugar a varias ediciones del mismo texto, sin embargo, aún en estas últimas algunos errores persisten.

En este sentido, podemos afirmar que la manera de redactar un libro de texto influye decisivamente en la calidad del conocimiento que construyen los estudiantes por medio de la lectura.

Sabiendo que el lenguaje es sumamente importante debido a que refleja el claro pensamiento de una persona, además éste no sirve solamente para comunicar el conocimiento sino que es un factor importante en el crecimiento y desarrollo. Por lo que, a continuación se hace una clasificación de los errores más comunes que se pueden encontrar en los libros de texto de Física escolar, para después describir las estrategias para que el profesor detecte estos errores.

1. Leguaje en los títulos de Física

El primer tipo de error está relacionado con el uso de lenguaje en los títulos de Física, esto se refiere a dos clases de errores, por un lado la baja legibilidad de los libros de texto y por el otro el uso de términos no definidos, así como el empleo de diferentes definiciones para un mismo concepto.

Cuando se cuenta con un conocimiento científico es común que no se utilicen términos reales para describir los hechos a observar, más bien se utilizan abstracciones de los mismos, de ésta forma los fenómenos pueden ser representados por modelos teóricos que los explican. No obstante, el uso de este lenguaje es poco atractivo para el estudiante común, ya que no encuentra relación entre estos y el conocimiento previo con el que cuenta. Además, muchas veces no se distingue la diferencia entre objetos Físicos y conceptos Físicos, es decir, no se logra separar claramente lo tangible y la existencia de un concepto mediante la imaginación.

Por otra parte, en numerosas ocasiones es necesario utilizar ilustraciones que muestren un comportamiento cualitativo de un fenómeno, pero este no siempre refleja la realidad, proyectando la buena o mala creencia del autor. Esto conduce a preguntarnos ¿Por qué siguen los errores en los libros de texto? En este sentido se identifican diferentes causas:

- La ausencia de conocimiento relacionado, es decir, el docente debe ser capaz de analizar el material didáctico, para determinar su alcance aún y cuando este quede fuera del contenido del curso.
- Ausencia de trabajo experimental en las escuelas, el enunciado es claro en este aspecto.
- Presencia de ideas alternativas, muchas veces se prefiere una verdad a medias de un concepto difícil de entender, por lo que este criterio es enseñado a los estudiantes y a este proceso se le conoce como mito, o conocimiento ritual (6), por ejemplo, el concepto de gravedad.

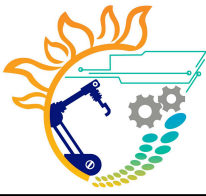
2. Problemas con las Explicaciones

Cuando se encuentra en los libros de texto una terminología inadecuada se crea confusión en los estudiantes, que es agudizada cuando se presentan argumentaciones defectuosas a fenómenos Físicos. Por esta razón, se deben de emplear dos tipos de conocimientos en la solución de un problema; el declarativo y el procedimental, el primero considera los conceptos y leyes necesarias para formar una explicación, mientras que el segundo se refiere a cómo aplicar este conocimiento para formar una explicación correcta (7).

Por lo que, el conocimiento procedimental el que más hace falta fomentar en la enseñanza de la Física, ya que la gran mayoría de los autores de estos libros presentan un gran acervo cultural cubriendo perfectamente el conocimiento declarativo pero pretenden sustituir el conocimiento procedimental por simples ejemplos numéricos, que dicho sea de paso, es ilusorio tratar de aprender Física u cualquier otra rama de las ciencias exactas solo a través de ejercicios matemáticos. El cambio conceptual se puede cubrir mediante este último conocimiento, sin embargo, una vez que se acepta el conocimiento declarativo se sesga el procedimental por parecer obvio frente al conocimiento conceptual.

3. ¿Cómo Evaluar la Calidad de las Explicaciones?

Aún y cuando los problemas en cuanto a conocimiento sean superados la calidad de la evaluación representa otro cambio en el procedimiento tradicional. Esta puede ser evaluada en función de la veracidad científica y/o la educación cognitiva. En el primer caso se compara la explicación obtenida por los estudiantes con la de una autoridad en la materia. Por otro lado, la evaluación cognitiva de una explicación escolar se refiere a la demanda cognitiva de las operaciones mentales necesarias para aprenderlas.



Los libros de texto contienen diferentes errores en sus explicaciones, los cuales pueden dar como resultado una explicación rudimentaria, incompleta y/o errónea (Perkins también menciona algo similar en su libro La Escuela Inteligente 8), esto es, si en la explicación no presenta evidencia clara en la relación causa y efecto, entonces se dice que es rudimentaria, en cambio si la información utilizada no presenta datos importantes que modifiquen sustancialmente algún resultado entonces se dice que es incompleta. Por último, cuando se emplea información que no cumpla con los principios básicos de la Física entonces es errónea. Este tipo de explicaciones está definido como pseudo-explicaciones, las cuales ocasionan mayor confusión en el entendimiento de un fenómeno, debido a que solo se trata de forma y no de contenido (1).

Además de tener explicaciones poco claras o confusas en los libros de texto, también se cuenta con errores que caen dentro de otra categoría, tal es el caso de los numéricos, situacionales, de modelación y conceptuales, los cuales pueden aparecer en forma simultánea dentro de una formulación.

Ejemplo; Errores de otra categoría

- Cuando el valor de una cantidad Física es poco razonable o hasta imposible de concebir en la realidad.
- Cuando los datos utilizados son contradictorios, esto es, cuando un dato pone en evidencia la falta de coherencia en otros, debido a que la persona que realiza el ejercicio no considera diferentes Ciencias.
- El error situacional ocurre cuando el planteamiento de la situación es errónea ya sea respecto a la conexión con lo real o respecto a sus implicaciones culturales, es decir, cuando un problema se vuelve demasiado abstracto y no tiene prácticamente relación con la realidad. Cabe recordar que la Física es una ciencia para las situaciones reales, por lo que no debe de perderse el aspecto cuantitativo³.
- Cuando se utilizan modelos matemáticos, muchas veces se recurre a suposiciones que simplifican estos modelos, lo cual es correcto siempre y cuando éstos estén bien fundamentados de tal forma que no distorsionen la realidad del fenómeno.
- El error conceptual, se debe a que el autor posee dificultades en entender algunas leyes o conceptos que definen un problema.

Todo esto debería implicar un compromiso por parte del docente para despertar la actitud crítica en los estudiantes, e invertir su tiempo en el análisis de los problemas y ejercicios de los libros

³Boletín Ceneval: Evaluar los resultados de aprendizaje de la educación superior, el reto <http://www.ceneval.edu.mx/ceneval-web/content.do?page=5690>

de texto no solo en la Física sino en cualquier otra disciplina a cualquier nivel de la educación.

IV. Modelos Conceptuales de las Concepciones Físicas de los Estudiantes (1)

En el proceso de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia es necesario determinar modelos adecuados que permitan el entendimiento de los conceptos Físicos. Estos modelos tienen un origen en consideraciones psicológicas, cognoscitivas y de la psicología genética (1).

En el primer caso existe una correspondencia entre los procesos cognoscitivos de los sujetos y las computadoras, en el segundo se tiene una evolución en las estructuras cognoscitivas y por último se mencionan los desarrollos que fueron tomados en cuenta para el proceso histórico en la construcción de conocimientos científicos, mediante la acomodación y asimilación de estos. Estos modelos conceptuales tienen como principal objetivo la interpretación de las formas de comprensión y representación acerca de los fenómenos.

Por otra parte, el desarrollo de conocimiento tiene como principal instrumento al sujeto y su interacción con la realidad y los mecanismos que utiliza para interpretarla, lo que da lugar a la epistemología de la ciencia (5).

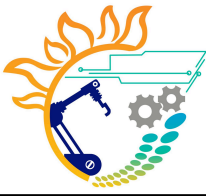
i. Epistemología de la Ciencia y Modelos Conceptuales

Por un lado, la enseñanza de la ciencia ha sido fuertemente influenciada por esta epistemología, ya que la construcción del conocimiento científico es un proceso de transformaciones desde una perspectiva histórica y por otro lado, a partir de las consideraciones formales de estructura de las teorías Físicas que permiten establecer modelos de diversos campos de la Física y su transformación.

El hecho de considerar el conocimiento científico como un proceso constructivo y que se transforma conceptualmente, ha originado diversas teorías al respecto que van desde pensar que la ciencia es abierta, ya que es un proceso evolutivo, de continua transformación y que se construye a partir de la anulación, o bien considerar que es un proceso de sustitución radical, es decir, un cambio total de paradigma (9).

Otra de las contribuciones de la epistemología de la ciencia a la comprensión de las teorías científicas es el que se desarrolla a partir de un modelo de interpretación basado en el formalismo axiomático. No obstante, en este no se considera la visión histórica de la misma, de tal forma que no sólo se deberá tener una estructura definida sino también la evolución de las teorías científicas.

Por otra parte, los modelos a los que se hace referencia en esta sección son aquellos que ayudan a comprender ciertos aspectos del conocimiento de los sujetos y pueden ser representaciones simbólicas o analógicas de la realidad, llamados modelos mentales o se puede tratar de modelos conceptuales que son representaciones que permiten interpretar la forma de



estructuración o elaboración conceptual de los sujetos, sin pretender alguna identificación con sus procesos mentales.

ii. Modelos Sobre la Construcción y el Aprendizaje de los Conceptos Físicos

El desarrollo de modelos conceptuales tiene una gran influencia en los procesos de enseñanza, ya que incorporan aspectos epistemológicos, estructurales y cognoscitivos y pueden clasificarse de la siguiente forma (1):

- Los que tienen origen en las ciencias cognoscitivas
- Aquellos basados en la teoría psicogenética
- Los que tienen origen en la epistemología de la ciencia

Los primeros aseguran que los sujetos no construyen nociones completas y coherentes sobre una realidad fenomenológica, sino que solo reorganizan y reconocen elementos primitivos fenomenológicos, los cuales son constructos derivados de manera directa del fenómeno.

En el segundo caso los modelos tienen como fundamento a Piaget, aseverando que la construcción de nociones es un proceso evolutivo o genético de la construcción de estructuras sobre las cuales construir e interpretar conceptos y acciones, sin olvidar las reglas de operación del pensamiento (5).

Por último, aquellos modelos que tienen origen en la epistemología de la ciencia, deben de analizar el problema desde el punto de vista de los problemas que tienen los estudiantes para el aprendizaje, es decir, plantear el problema desde dos enfoques: el aprendizaje de los estudiantes y la epistemología de la ciencia (5).

De ésta forma, estos modelos son un apoyo para el cambio conceptual, prestando especial atención a la transformación de los modelos de los sujetos hacia los modelos conceptuales de la ciencia. Es decir, la modelación es un factor sumamente importante en el desarrollo de la investigación y la enseñanza de la ciencia.

V. El Uso de la Tecnología en el Aula (1)

La Secretaría de Educación Pública de México (SEP), con el apoyo del Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa, desarrollaron en el período de 1995-2000 un proyecto de Enseñanza de la Física con Tecnología (EFIT) en el cual se plantea el uso de la tecnología como prioridad para lograr una reforma educativa, en 14 escuelas públicas en toda la República Mexicana.

El EFIT no sólo buscaba incorporar herramientas tecnológicas para lograr una mejor comprensión de los conceptos por parte de los estudiantes, al tener diferentes perspectivas del mismo fenómeno, sino que también se pretende mejorar el trabajo en equipo así como la capacitación del personal docente para que estos sean promotores de conocimiento en sus estudiantes, o más bien un facilitador de aprendizaje.

En este proyecto se incorporan diferentes tecnologías al equipo tradicional, además se toman en cuenta otros elementos dentro

del aula, tales como; distribución de la misma, número de equipos computacionales (máximo 10), discusión con el maestro y búsqueda de bibliografías.

El fin del EFIT es que los estudiantes identifiquen las variables involucradas en los fenómenos Físicos, que expliquen algunos de los fenómenos cotidianos encontrando la relación de las ciencias con otras áreas de conocimiento, así como sus implicaciones con la vida real.

Para corroborar la efectividad de este proyecto se utilizó una evaluación diversificada utilizando diversos instrumentos de tipo cualitativos, tales como:

- encuestar a los estudiantes y profesores,
- revisar bitácoras de los profesores e instructores del proyecto,
- analizar los reportes de observación en clase, etc.,

Siendo las principales fuentes de esta información los instructores, profesores y estudiantes involucrados en el proyecto. A partir de estas evaluaciones se obtuvieron los resultados relativos a profesores, estudiantes y actividades, mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados relativos a profesores, estudiantes y actividades fundamentales.

<i>Profesores</i>	<i>Estudiantes</i>	<i>Actividades Fundamentales</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de detectar en las preguntas de los estudiantes cuáles son sus necesidades, • Acostumbrados al plan tradicional de trabajo (memorizar y repetir) 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de coherencia al tratar de manejar ideas Físicas. • Confusión con algunas definiciones. • Dificultad para asociar el problema con los conceptos Físicos y • Dificultad simbolizar relaciones variables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Son de tipo heterogéneas, • No se presenta un organismo que las determine, por lo que se debe mejorar este aspecto sobre todo desde el punto de vista pedagógico.

Sin embargo, todos estos hechos fueron rápidamente superados al trabajar con la tecnología e interpretando los fenómenos Físicos, aún y cuando no se recordaba la ley que estudiaban (lo cual sucede muy a menudo.)

Otro resultado favorable fue que los estudiantes también lograron plantear hipótesis, aunque no la forma de verificarlas. Además, se mejora la forma de redacción de los estudiantes al utilizar una terminología más elaborada, así como en su capacidad de seguir instrucciones y como efecto colateral se redujo el ausentismo. También, se encontró que aquellas actividades fundamentales con objetivos simples son más fáciles de seguir y estimulan a una reflexión más eficiente, aunque



desafortunadamente esto no siempre es benéfico para la enseñanza debida que se puede seguir los pasos de las instrucciones para completar una actividad y no hacer reflexión alguna.

Todo esto pone en evidencia los grandes cambios que son necesarios en la didáctica de los maestros, en la forma de organización del aula, en la estructuración de lecciones con base en actividades y sobre todo en la forma de evaluar de los maestros, la cual deberá ser variada y aplicando diferentes técnicas de evaluación.

VI. Propuesta de Modelo Didáctico Articulado de Transformación Conceptual

Considerando que "La educación en ciencia debe ayudar a los estudiantes a desarrollar la comprensión y hábitos mentales para convertirse en seres capaces de pensar por sí mismos" y "la alfabetización científica es el conjunto de aprendizajes en ciencia, matemáticas y tecnología para toda gente joven independientes de sus circunstancias sociales y aspiraciones de trabajo" (1), se justifica perfectamente la escuela secundaria, ya que es un antecedente en la formación científica.

Sin embargo, la enseñanza y el aprendizaje de la Física presentan muchas otras dificultades cuyos orígenes pueden ser muy variados, entre los cuales se encuentran: los profesores, la conducta de los estudiantes, el curriculum, las metodologías de enseñanza, los materiales de instrucción.

Aquellos problemas relacionados con el profesor, son debidos a que estos solo se apegan a lo que se encuentra en el libro de texto (a veces ni eso) tratando de cubrir el contenido.

En cuanto a los problemas relacionados con los estudiantes se encuentran aquellos referentes a los procesos de socialización en la formación, la validación de conocimiento que es enseñado, el desarrollo de habilidades cognitivas, etc., es por eso que se exige a los profesores a enseñar a los estudiantes a conducirse como científicos, es decir, desarrollar la enseñanza como una investigación aunque no siempre sea constructivista, lo que inherentemente representa una solución al problema del curriculum.

Los problemas relacionados con la metodología, se refieren a la tradición conductual-positivista que considera el proceso de enseñanza como un acto de transmisión de información. Mientras que aquellos problemas relacionados con los materiales de instrucción se deben a que existe un déficit de estudios acerca de las características, uso y eficiencia de los materiales empleados durante el proceso de enseñanza y aprendizaje.

i. Modelo Didáctico Articulado de Transformación Conceptual

El cambio conceptual que se propone se basa en el uso de técnicas metacognitivas que enfatizan el monitoreo y control del aprendizaje, para tratar de corregir las inconsistencias en el pensamiento (10).

Para esto el profesor debe de contar con todos los elementos conceptuales y técnicos para poder identificar las concepciones alternativas de los estudiantes y diseñar las estrategias didácticas que harán posible el cambio conceptual. Cabe recordar que esto también implica un cambio pedagógico del profesor mediante la indagación autocrítica o una imagen de reflexión.

En general, la actualización del docente debe proporcionar procesos que contribuyan a la transformación de conceptos, conocimientos y representaciones, teniendo como fin la transformación de la práctica docente, así como proporcionar los elementos de evaluación para lograr la práctica constructivista. Todo esto se logra a través de un proceso metodológico de la estrategia de actualización llamado "modelo didáctico articulado de transformación conceptual" el cual consiste en tres aspectos (1):

- Conocimiento por parte del docente de sus prácticas, conceptos, ideas y representaciones de los conceptos Físicos.
- Un proceso de construcción de del conocimiento científico y de los conceptos Físicos.
- Una etapa de construcción de estrategias de enseñanza y su evaluación.

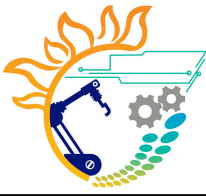
El primer punto se refiere a "comprensión del problema didáctico y conceptual de los estudiantes", el segundo en "comprender y enseñar los conceptos Físicos" y el tercero consiste en "llevar la Física al aula". Empero, elaborar una estrategia de enseñanza es una tarea compleja, ya que requiere tomar en cuenta varios factores que comprenden desde las concepciones epistemológicas y de aprendizaje, la comprensión del tema así como de las ideas previas de los estudiantes, sus capacidades e intereses, etc.

CONCLUSIONES

Hoy en día la enseñanza en Física es inadecuada en la mayoría de los planteles educativos, ya que se cae en los errores mencionados, pero el peor suceso que afecta al entendimiento de la Física es el desdén por parte de los estudiantes al tratar de entender los conceptos Físicos y por parte de los profesores al no investigar a fondo los contenidos de su materia no sólo para cubrir el programa sino para proyectar los conocimientos a situaciones de la vida reales y para resolver problemas de la vida cotidiana.

Evidentemente, la tendencia al incremento de matrícula en un futuro próximo hace que la tendencia hacia una propagación de conceptos erróneos, confusos o incompletos de Física sea mayor si no se empieza una acción correctiva desde ahora.

De esta forma, los errores en los libros de Física no deben de verse como obstáculos en el aprendizaje y para el desarrollo del pensamiento crítico, sino como oportunidades para mostrar que se ha llegado a un nivel de independencia en cuanto a fuente de conocimiento. Desafortunadamente, no solamente los errores que se cometen en los libros de texto influyen fuertemente en los estudiantes en la falta de interés por la Física, sino el efecto del dogmatismo, ya que continúan haciendo las cosas porque lo dice el libro y no por lo que ellos dedujeron. Para cambiar éste



paradigma, se necesita motivar al estudiante a que desarrolle modelos Físicos del fenómeno además de recurrir a buen entendimiento de conceptos Físicos y su relación con otras disciplinas.

Afortunadamente, también se tienen en forma casi paralela un incremento en los recursos tecnológicos y en investigación, lo que permite equiparar el rezago debido a la escuela tradicional con la mejora en la calidad de los estudiantes en cualquier nivel escolar, mediante la práctica.

Por lo que, se deberán de encauzar todos los esfuerzos y tratar de empezar cambiando todas aquellas ideas arraigadas en los docentes formados con el plan tradicional, buscando siempre la práctica reflexiva y crítica, es decir, es necesario modificar la conducta del docente tradicionalista tratando de volverlo multidisciplinario y experto en su campo, de tal suerte que manifieste una actitud crítica y reflexiva con respecto a los conocimientos que imparte, lo que evidentemente tiene como consecuencia un cambio por mimetismo en el estudiante.

Esta evolución conceptual exige determinar las condiciones de enseñanza y aprendizaje apropiadas incorporando aspectos epistemológicos, estructurales y cognoscitivos y debe ser impulsada por una institución de renombre y respaldada por numerosas pruebas e investigaciones en el campo de la enseñanza.

Por otra parte, si bien es cierto que la historia y la filosofía juegan un papel importante en la formación de los profesores, estas no deben de ser un obstáculo para la investigación reflexiva y crítica, ya que se debe evitar establecimiento de dogmas, determinando las mejores orientaciones metodológicas para la construcción del conocimiento. Además, el docente deberá estar actualizado en cuanto a los desarrollos científicos recientes, ser multidisciplinario y tener la capacidad de unificación.

Al tratar de introducir a los estudiantes a términos Físicos e debe recurrir a la evolución del concepto fenomenológico a través de la historia desde un punto de vista científico, mencionando algunos pensadores y sus contribuciones a la ciencia. Esto debe de tener un orden cronológico y secuencial, de tal suerte que el estudiante pueda inducir el resultado final, e idear un modelo Físico que represente este fenómeno permitiéndole lograr explicaciones de múltiples variables.

En general, el efecto del proyecto EFIT sobre otros niveles educativos es bueno, no sólo por los resultados de las encuestas, al complementar las herramientas tecnológicas utilizadas en la enseñanza de cualquier disciplina, ya que esto habilita al docente a mostrar diferentes fuentes de información. En estos se vislumbra claramente la participación activa del docente como parte del cambio, puesto que son ellos quienes deberían realizar una revisión a fondo de los conceptos al identificar las posibles equivocaciones u omisiones en ellos, experimentar y desarrollar modelos generales, desarrollar técnicas de evaluación adecuadas y sobre todo elaborar una estrategia de enseñanza que tenga en cuenta las concepciones epistemológicas y de aprendizaje, la comprensión del tema así como de las ideas previas y conceptos espontáneos de los estudiantes, sus capacidades e intereses. Asimismo, se tiene que observar que el uso de herramientas

tecnológicas nuevas, no es un lujo, ni algo opcional que pueda elegirse a voluntad de la escuela, debe de ser implantado en la mayoría de las escuelas y respaldado por una institución gubernamental o privada según sea el caso.

Se debe señalar que es difícil aceptar que el problema de la enseñanza en Física también radica en el cuerpo docente, los estudiantes, la metodología, los materiales de instrucción empleados durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, por lo que elaborar una estrategia de enseñanza es una tarea muy compleja.

Proyecciones a la Problemática Actual de la Educación Superior de México

En este documento se puede apreciar el esfuerzo por transformar las deficiencias presentes en los programas, la insuficiencia de laboratorios y la inercia del sistema tradicional en oportunidades de desarrollo en los procesos conceptuales de los estudiantes.

La información presentada por el Consejo Mexicano de Investigación Educativa (1) demuestra que han sido pocos los estudios realizados por determinar las causas de las múltiples dificultades en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En este sentido la Secretaría de Educación Pública de México implementó un programa en el que se incluyen las computadoras en la formación del estudiante de secundaria. Esto fue llevado a cabo en una minúscula muestra de escuelas a través de toda la República mexicana, lo que representa un proceso de cambio con metas a evaluar a corto plazo y así analizar la factibilidad de este proyecto a una mayor escala. Por lo que, aún y cuando se autorice un número mayor de escuelas participantes dentro del EFIT, la principal fuerza impulsora no la constituyen más y mejores medios tecnológicos, sino un mejor aprovechamiento de los mismos.

De ésta forma, se buscan sistemas de enseñanza capaces de cambiar el punto de vista de los estudiantes hacia la ciencia, experimentando mediante modelos adecuados y generales y a través de problemas multidisciplinarios, para verificar su capacidad de unificación. Se debe observar que es posible la transformación del método de enseñanza en Física tradicional, siempre y cuando se tengan en cuenta los fines reales y actuales de la enseñanza.

Referencias y Bibliografías

- (1) Fernando Flores, María Esther Aguirre. (2003). Educación en Física; Incursiones en su investigación. Coordinadores. ISBN 970-72-2198-4
- (2) Fernando Flores; María Esther Aguirre. (2003). Educación en Física; Incursiones en su investigación. México: Coordinadores (Centro de Estudios sobre la Universidad, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Plaza y Valdés Editores, Universidad Nacional Autónoma de México). ISBN: 970-722-197-6.
- (3) David Perkins. (1992). La Escuela Inteligente. Barcelona: Gedisa. ISBN 9788474325607
- (4) ROUSE, Hunter; INCE, Simon. (1957). History of Hydraulics. Iowa Institute of Hydraulic Research. State University of Iowa: National Bureau of Standards.



- (5) Jean Piaget. (1979). Naturaleza y métodos de la epistemología, Volumen 1 of Tratado de lógica y conocimiento científico: Paidós.
- (6) Erika Santibañez R., Carlos Álvarez. (2004). Sistematización y producción de conocimiento para la acción: Centro de Investigación y Desarrollo de la Educación. ISBN 956-72-4108-2.
- (7) Gastón Bachelard. (2004). La formación del espíritu científico: Siglo Veintiuno. ISBN 968-23-1731-2.
- (8) David Perkins. (1997). La Escuela Inteligente: Del Adiestramiento de la Memoria a la Educación de la Mente: Gedisa. ISBN 847-43-2560-9
- (9) T. Pacheco Méndez, T. Pacheco. (1994). Organización de la actividad científica en la UNAM: Centro de Estudios sobre la Universidad. ISBN 968-84-2454-4
- (10) Burton R. Clark. (2000). Creando Universidades Innovadoras; Estrategias organizacionales para la transformación: Miguel Ángel Porrúa. ISBN 970-70-1043-6.
- (11) Axel Didriksson. (2002). La Universidad del Futuro, relaciones entre la Educación superior la ciencia y la tecnología" 23 edición. UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 968-36-7729-0.
- (12) Boletín Ceneval: Evaluar los resultados de aprendizaje de la educación superior, el reto. <http://www.ceneval.edu.mx>

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Ing. Jorge L. Arizpe Islas; Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la UANL obteniendo el grado en 1998; Maestría en Sistemas Eléctricos de Potencia de la Autónoma de Nuevo León en 2001; Maestría en Educación Universitaria de la UN en 2003. jorge.arizpei@uanl.mx

Dra. Norma E. Flores Moreno; PTC de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y Coordinadora General del Departamento de Ciencias de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UANL. Maestría en Enseñanza de las Ciencias. norma.floresm@uanl.mx

