

## CAMBIANDO PARADIGMAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: CONSIDERACIONES SOBRE EL APRENDIZAJE ACTIVO DE LA FÍSICA

*César Mora<sup>3</sup>*

**RESUMEN:** En este trabajo presentamos una breve revisión sobre estrategias de Aprendizaje Activo de la Física, que pueden considerarse como un nuevo paradigma de enseñanza viable. Discutimos SUS ventajas y desventajas, así como algunos de los logros alcanzados en otras instituciones y su relación e inclusión en el aula utilizando tecnologías avanzadas para innovar la clase de Física.

**Palabras claves:** Aprendizaje Activo, uso de tecnologías en la educación, innovación educativa.

**ABSTRACT:** In this paper we show a short review about the Active Learning of Physics, this can be considered as a viable new teaching paradigm. We discuss its vantages and disadvantages, also some achieves reached in other institutions and its relation in the classroom using advanced technologies in order to innovate the Physics class.

**Key words:** Active Learning, use of technologies in education, educative innovation.

### I. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes desafíos actuales en la enseñanza de las ciencias y en especial de la Física es lograr el cambio del paradigma de la enseñanza tradicional, la cual básicamente consiste en “clases-conferencia” con poca o nula participación de los alumnos, la cual tiende a fomentar El mecanicismo operacional, inhibe la creatividad y aunado al bajo rendimiento de los alumnos trae como consecuencia el rechazo total de la Física. Es importante señalar que desde finales del siglo pasado diversos grupos de investigación en Física Educativa han mostrado las consecuencias negativas de seguir con la enseñanza tradicional (McDERMOTT y REDISH, 1999). Como parte de tales resultados, tenemos metodologías activas en la enseñanza de la Física, como las

<sup>3</sup> Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada - Instituto Politécnico Nacional - Av. Legaria # 694, Col. Irrigación, Del. Miguel Hidalgo CP 11500, México D. F. (e-mail: cmoral@ipn.mx)

desarrolladas por Heller y Heller (1999). En particular McDermott (1992) ha señalado los siguientes puntos débiles de la enseñanza tradicional:

- 1) La facilidad para resolver problemas estándar cuantitativos no es un criterio adecuado para un entendimiento funcional.
- 2) No se utiliza un marco conceptual coherente, se usan mecánicamente las fórmulas.
- 3) Ciertas dificultades conceptuales no son cubiertas.
- 4) No se desarrolla la habilidad de razonamiento.
- 5) Las conexiones entre conceptos, representaciones formales (algebraicas, gráficas, diagramas) y el mundo real a menudo están ausentes.
- 6) Enseñar sólo hablando es un método de instrucción inefectivo para los alumnos.

La necesidad del cambio de paradigma educativo es una exigencia de la globalización del conocimiento. Una de las mejores alternativas ante la enseñanza tradicional son las técnicas de Aprendizaje Activo de la Física, esta postura es avalada por la investigación educativa de los últimos veinticinco años (SOKOLOFF, 2006, p. 10). Si bien es cierto que la investigación ha sido desarrollada principalmente en Estados Unidos de Norteamérica, los docentes y alumnos son diferentes a la población de América Latina así como la situación de recursos financieros y equipamiento de las universidades, por consiguiente es necesario hacer una revisión de los métodos y resultados de investigación para tratar de adaptar los modelos a nuestras necesidades educativas. Pero también, tenemos la postura opuesta ante el Aprendizaje Activo en las ciencias, es necesario considerar y rebatir esta posición.

El artículo está organizado como sigue, en la Sección II daremos una justificación más amplia al Aprendizaje Activo y su comparación con la enseñanza tradicional. En la Sección III. Mostraremos algunas de las técnicas más comunes de Aprendizaje Activo. En la Sección IV mencionaremos algunas experiencias exitosas sobre el uso de estas técnicas en nuestra región y algunas críticas a la metodología. Finalmente en la Sección V se muestran nuestras conclusiones y perspectivas futuras de este trabajo.

## II. APRENDIZAJE ACTIVO DE LA FÍSICA

Consideramos el Aprendizaje Activo de la Física como el conjunto de estrategias y metodologías para la enseñanza-aprendizaje de la Física, en donde los alumnos son guiados a construir su conocimiento de los conceptos físicos mediante observaciones directas del mundo físico. En este proceso se utiliza un ciclo de aprendizaje que incluye predicciones, discusiones en pequeños grupos, observaciones y comparaciones de resultados observados con las predicciones. Todo esto en base a lo observado en las gráficas obtenidas en tiempo real, o en el análisis de simulaciones por computadora o en la solución de problemas interactivos, entre otras opciones (THORNTON y SOKOLOFF, 1998). Este ciclo de aprendizaje se ha llegado a conocer como PODS (Predicción, Observación, Discusión y Síntesis) (SOKOLOFF, 2006). Otra versión similar de este ciclo es la secuencia POE (Predecir, Observar, Explicar) desarrollada por White y Gunstone (1992) la cual se utiliza en la enseñanza de las ciencias. Los modelos de Aprendizaje Activo de la Física se han desarrollado como una consecuencia de las deficiencias de La enseñanza tradicional, en la siguiente tabla se muestran algunas de las principales diferencias entre el aprendizaje tradicional y el activo (MAZZOLINI, 2002; SOKOLOFF, 2006):

ARETÉ  
revista eletrônica

Ambiente de aprendizaje pasivo	Ambiente de aprendizaje activo
El instructor y el libro de texto son las autoridades y fuente de todo conocimiento.	Los alumnos construyen su conocimiento al poner manos a la obra y al hacer observaciones. Las observaciones reales del mundo real son la autoridad.
Las creencias de los alumnos rara vez son contrastadas.	Se utiliza el ciclo de aprendizaje en el que los alumnos son desafiados a comparar sus predicciones (basadas en sus creencias) con las observaciones de experimentos reales.
Puede ser que los alumnos nunca perciban el conflicto entre sus creencias y lo que se les enseña en clase.	Las creencias de los alumnos cambian cuando los alumnos son confrontados ante las diferencias entre sus observaciones y sus creencias.
El rol del profesor es de autoridad.	El papel del instructor es de guía en el proceso de aprendizaje.
La colaboración entre compañeros no es fomentada.	Se fomenta la colaboración entre compañeros.
Las clases de Física a menudo presentan los "hechos" de la Física con poca referencia a la experimentación.	Los resultados de experimentos reales son observados en formas comprensibles.
El trabajo de laboratorio, si lo hay, se usa para confirmar teorías "aprendidas" en clase.	El trabajo de laboratorio se utiliza para aprender conceptos básicos.

Tabla I. Comparación entre ambientes de aprendizaje tradicional y activo

Tal como se mencionó en la introducción, en los últimos años se han desarrollado diversos estudios de investigación en Física Educativa en los Estados Unidos y otros países desarrollados, que han demostrado la eficacia del Aprendizaje Activo para generar un conocimiento más profundo de conceptos físicos tratando de conectar estos con experiencias reales comprensibles para los alumnos. Las principales características de las herramientas didácticas que fundamentan el Aprendizaje Activo, son (THORNTON y SOKOLOFF, 1990):

- 1) Las herramientas tecnológicas permiten a los alumnos dirigir su práctica sin consumir la mayor parte del tiempo en recolectar datos para su demostración.
- 2) Los datos son graficados en tiempo real y permiten a los alumnos una inmediata retroalimentación y poder ver los datos en forma comprensible.
- 3) Debido al hecho de que los datos son rápidamente obtenidos y analizados, los alumnos pueden examinar fácilmente las consecuencias de un gran número de cambios en las condiciones experimentales durante una sesión de laboratorio. Los estudiantes pasan una gran parte Del tiempo observando fenómenos físicos e interpretándolos, discutiendo y analizando datos.

4) Las herramientas de hardware y software son generales, es decir, independientes de los experimentos, por lo cual los alumnos son capaces de enfocarse en la investigación de muchos fenómenos físicos sin perder tiempo usando instrumentos más complicados.

5) Las herramientas tecnológicas no determinan ni el fenómeno a investigar, los pasos de La investigación, ni el nivel o sofisticación del objetivo de aprendizaje por lo que son útiles desde El nivel elemental hasta el universitario.

### III. DIFERENTES ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE ACTIVO

Thornton y Sokoloff (1997) desarrollaron una técnica de trabajo activo mediante demostraciones interactivas en el aula. Esta estrategia fue desarrollada a partir del uso de pantallas de datos generadas en tiempo real mediante herramientas de laboratorio asistido por computadora, esto es, datos provenientes de las medidas realizadas desde la misma computadora mediante el equipo electrónico adecuado, un interfaz y el software necesario. En la experiencia de Thornton y Sokoloff lo que se buscaba era crear un ambiente de aprendizaje activo y participativo en el grupo. La estrategia consiste en seguir ocho pasos en los que el maestro describe la demostración y la realiza sin hacer las mediciones, se pide a los alumnos que realicen sus predicciones en forma escrita e individual, se propone luego que trabajen en grupos pequeños mostrándoles las predicciones más frecuentes que hacen los alumnos, para que entonces elaboren sus predicciones finales. Después, el instructor lleva a cabo la demostración con mediciones que va mostrando mediante gráficas producidas por el software que se utiliza y que se proyectan mediante un cañón. Posteriormente los alumnos describen ya analizan los resultados observados y, finalmente, discuten con el instructor otras situaciones físicas parecidas sobre las que cabe aplicar la misma clase de ideas y conceptos.

Los *Workshop Physics* fueron desarrollados principalmente en el Dickinson College (véase [http://physics.dickinson.edu/~wp\\_web/WP\\_homepage.html](http://physics.dickinson.edu/~wp_web/WP_homepage.html)) esto dentro de las estrategias de *hands-on minds-on*. El *Workshop Physics* es una componente de la colección de textos Activity Based Physics Suite. Es un curso introductorio de Física basado en cálculo diseñado para reemplazar completamente las clases y laboratorios tradicionales. Las sesiones de clase de los *Workshops* típicamente duran dos horas, en la cual los alumnos recaban mediciones y forman bases de datos que pueden ser graficadas para su visualización, análisis y modelaje matemático.

Por consiguiente pensar en su implementación requiere tener materiales didácticos especializados tanto para alumnos e instructores, asimismo contar con un aula grande con equipamiento de primer nivel distribuido alrededor del recinto. Es difícil tratar de retomar la metodología de los talleres de Física ya que ello implica hacer un cambio profundo incluso en la curricula de los cursos, y eliminar las clases-conferencia (LAWS, 1997).

Los *Tutorials in Physics*, son una estrategia desarrollada por el grupo de investigación de Educación en Física de la Universidad de Washington. Los tutoriales en Física Introductoria son un conjunto de materiales instruccionales que complementan las clases y libros de texto de un curso estándar. El énfasis en los tutoriales se enfoca a desarrollar las habilidades de razonamiento y la comprensión de conceptos físicos, más que en resolver problemas estándar. La información del grupo PER se puede consultar en <http://www.phys.washington.edu/groups/peg/tut.html>.

#### IV. EXPERIENCIAS EXITOSAS SOBRE DIVERSAS APLICACIONES DE APRENDIZAJE ACTIVO

Benegas (2007) reporta dos experiencias exitosas desarrolladas en Argentina, en donde se implementaron metodologías de enseñanza activa en cursos de física del 11° año de instrucción. La metodología de Aprendizaje Activo utilizada en ambos casos fue Tutoriales para Física Introductoria usando los materiales en español de la Universidad de Washington. La evaluación de la instrucción se realizó mediante la aplicación de exámenes diagnósticos de opción múltiples al inicio y al final de la instrucción. Esto permitió valorar el efecto del uso de Tutoriales, y su comparación con el resultado de otras estrategias didácticas, tanto locales como aquellas realizadas en otros sistemas educativos. Se reportaron excelentes resultados sobre la aplicación de esta metodología en mecánica clásica, aún comparando con poblaciones de formación superior y/o de sistemas educativos más desarrollados. También se destacó que el mejor aprendizaje se logró en general en toda la clase, independientemente del sexo y nivel de rendimiento. Experiencias similares han sido realizadas en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey en México, en donde se ha hecho una adaptación de diversas metodologías activas tales como tutoriales y talleres de física, con la diferencia de que los manuales utilizados no fueron

generados mediante investigación educativa sino por una apreciación empírica de la práctica docente.

Por otro lado, tenemos diversas variantes de metodologías activas no convencionales, mencionaré el caso de Slisko y Medina (2007), que reportaron también buenos resultados en la implementación de un curso de mecánica clásica sin clase-conferencia dictada por el profesor. Esta experiencia se desarrolló en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente en Guadalajara, Jalisco México con alumnos del primer año de ingeniería. La última semana del curso se aplicó una evaluación anónima y se demostró que la gran mayoría de los objetivos y elementos del curso no tradicional tenían resultados favorables en los alumnos, tales como reflexionar sobre propia manera de aprender, reconocer la importancia del trabajo en equipo, la aplicación de la secuencia (POE) Predecir – Observar – Explicar, la visión sobre resolución de problemas en contexto, la adecuación cognitiva de videos didácticos y de las actividades con medición. Una de las desventajas de este modelo fue la renuencia generalizada del claustro de profesores para experimentar una nueva metodología que exige más de lo realizado en la enseñanza tradicional, y también la oposición de algunos alumnos al querer realizar las actividades de la guía de trabajo del curso, pues preferían recibir la tradicional clase oral del maestro. La implementación de este tipo de estrategia que al igual que los Talleres de Física anula la conferencia oral del maestro es muy difícil de realizar debido a que la mayoría de alumnos y profesores hemos sido formados en ambientes de aprendizaje pasivos.

Otra estrategia innovadora en la enseñanza de la Física con aplicación de metodologías activas es la reportada por Barrera (2007), y realizada en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos con alumnos de ingeniería industrial. Se documenta el cambio de paradigma de la enseñanza tradicional por un modelo de aprendizaje de la Física por investigación, el cual es sustentado por las teorías pedagógicas más actuales que justifican al proceso de aprendizaje de los alumnos como un proceso investigativo en donde, además de resolver determinados problemas relacionados con su entorno y que respondan a las exigencias de los objetivos de la disciplina, desarrollen habilidades investigativas que les servirán en su futuro trabajo profesional. Al igual que la estrategia activa anterior no convencional, se presenta una oposición natural de los docentes y alumnos contra el cambio, además de requerir la modificación del currículo escolar y el desarrollo de materiales especiales para vincular conceptos físicos con problemas reales.

## V. CONCLUSIONES

La propuesta de cambiar la enseñanza tradicional de la física usando metodologías activas responde a los excelentes resultados de investigación reportados en la literatura más reciente. No obstante, se tiene la limitación de que la mayoría de la investigación realizada en los países desarrollados, involucra recursos tecnológicos costosos lo cual es inviable en América Latina, de ahí la necesidad de realizar investigación en nuestras escuelas para utilizar materiales de bajo costo y hacer una adaptación adecuada de los éxitos logrados a nuestra cultura y realidad, pues no debemos cerrarnos ante la evidencia científica y permanecer tratando de enseñar Física en ambientes poco eficientes que a lo largo de los años han producido más consecuencias negativas que positivas. Ciertamente hay posturas opuestas que cuestionan la efectividad de las metodologías de Aprendizaje Activo de las ciencias, incluso reportes de la UNESCO (PRINCE, 2004), pero esto no tiene justificación alguna ante los resultados contundentes de los últimos 25 años en universidades prestigiosas alrededor del mundo. Actualmente, la misma UNESCO está impulsando en los países subdesarrollados Talleres de Aprendizaje Activo de la Óptica y Fotónica (SOKOLOFF *et al.*, 2006), incluso los primeros talleres en 1999 fueron de mecánica clásica ¿contradicción? o ¿ignorancia sobre la investigación y resultados del Aprendizaje Activo en Física?

Mi perspectiva sobre futuros trabajos en la enseñanza de la Física para América Latina es trabajar sobre los cimientos establecidos en los últimos años y ahorrar esfuerzos para redescubrir lo ya descubierto. Otra faceta del Aprendizaje Activo poco explorada está en los Ambientes Virtuales de Aprendizaje ya que estos permiten el trabajo colaborativo, por ejemplo en foros de discusión donde puede haber retroalimentación en tiempo real o posterior, así como la interacción vía tecnologías avanzadas entre alumnos y profesores. La tendencia a utilizar sistemas virtuales en la enseñanza de las ciencias está en boga en nuestra región, y aún falta mucho por investigar sobre cómo se desarrolla el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en esta modalidad.

## REFERENCIAS

SOKOLOFF, David *et al.* **Active Learning in Optics and Photonics**. 1th edition. UNESCO, Paris, 2006.

McDERMOTT, L. y REDISH, E. **Resource letter: PER-I: Physics Education Research**, Am. J. Phys. Vol. 67, No. 8, pp. 755-767, 1999.

McDERMOTT, L. **How We Teach and How Students Learn-A Mismatch?** Proceedings ICPE/IUPAP 4th International Conference, Teaching Modern Physics: Statistical Physics, Badajoz, Spain, 1992.

HELLER, P. y HELLER, K. **Cooperative group problem solving in Physics**, University of Minnesota, 1999.

WHITE, R. y GUNSTONE, R. **Probing understanding**, The Falmer press, London and New York, 1992.

MAZZOLINI, Alexander P. **Using Lecture Demonstrations and On-line Discussion Groups to Enhance Learning in a Photonics and Fibre Optics Unit**. Seventh International Conference on Education and Training in Optics and Photonics, Tuan-Kay Lim, Arthur H. Guenther, Editors, Proceedings of SPIE Vol. 4588, 2002.

THORNTON, Ronald K. and SOKOLOFF, David. **Learning motion concepts using-time microcomputer-based laboratory tools**. Am. J. Phys. Vol. 58 No. 9 pp. 858-867, 1990.

THORNTON, Ronald K. and SOKOLOFF, David. **Assessing students learning of Newton's Law: The force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and lecture curricula**. Am. J. Phys. Vol. 66 No. 4 pp. 338-352, 1998.

THORNTON, Ronald K. and SOKOLOFF, David. **Using Interactive Lecture Demonstration to create an Active Learning Environment**. The Physics Teacher. Vol. 35 pp. 340-347, 1997.

THORNTON, Ronald K. and SOKOLOFF, David. **Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools**. Am. J. Phys. Vol. 58 No. 9 pp. 858-867, 1990.

LAWS, Priscilla, Workshop Physics Activity Guide, Hoboken, New Jersey, Wiley, 2004.

BENEGAS, Julio. **Tutoriales para Física Introdutoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física**. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 1, No. 1, pp. 32-38, 2007.

BARRERA Kalhil, Josefina. **La enseñanza de la Física a través de habilidades investigativas: una experiencia**. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 1, No. 1, pp. 39-43, 2007.

CORONA Cruz, Adrián, SLISKO, Josip y MELÉNDEZ, Julian. **Haciendo ciencia en el aula: Los efectos en la habilidad de falsear diferentes Hipótesis sobre la flotación y en las respuestas a la pregunta "¿Por qué flotan las cosas?"**. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 1, No. 1, pp. 44-50, 2007.