

algunos alumnos les será más fácil recordar las explicaciones que se escribieron en el pizarrón, otros, recordaran mejor las palabras del profesor y algunos tendrán presente la impresión que esa clase les causó.

Cada estilo de aprender tiene sus propias características y nuestras estrategias de enseñanza serán más eficaces si se diseñan englobando los diferentes estilos de aprendizaje.

2.3 Aprendizaje Activo

En los últimos años, el Aprendizaje Activo ha sido una de las opciones más estudiadas en la búsqueda de alternativas a los métodos de enseñanza tradicional. En este punto es conveniente precisar que se entiende por enseñanza tradicional.

“La enseñanza tradicional de la física (y de otras ciencias) supone que el estudiante aprenderá por repetición cada uno de los conceptos de la disciplina y formará con ellos la estructura conceptual de la ciencia” (Benegas y Villegas). En este tipo de instrucción, es el docente quien provee verbalmente el conocimiento, mientras que el estudiante los recibe y debe asimilarlos, en una actitud fundamentalmente pasiva. Por lo cual se común que se olvide la definición del coseno, o el procedimiento para resolver una ecuación. Lo importante es que lo sepa y demuestre saberlo en el examen en turno.

McDermott (2001), expone que en la instrucción tradicional frecuentemente no existen conexiones entre conceptos, representaciones formales y el mundo real; no se promueve una estructura conceptual coherente; no se incrementa la capacidad de análisis y razonamiento; y las concepciones erróneas no son superadas.

El Aprendizaje Activo se define generalmente como cualquier método de instrucción que involucra a los estudiantes en el proceso de aprendizaje. En resumen, el Aprendizaje Activo requiere que los estudiantes realicen las actividades de aprendizaje y reflexionen acerca de lo que están haciendo, mientras que el rol del docente se visualiza como el inductor de un clima de desequilibrio conceptual.

Algunos métodos de enseñanza que promueven el Aprendizaje Activo se enmarcan dentro de la filosofía constructivista (Brent, 1996; Perkins, 1991; Von Glaserfeld, 1998). Esta filosofía parte del hecho de que cada persona aprende de forma distinta (hecho que resalan muchas teorías cognitivas del aprendizaje), y establece con claridad el papel de los actores involucrados en el proceso educativo. En el constructivismo los estudiantes son el eje y los protagonistas del proceso, y son quienes deciden cuándo y cómo aprender, mientras que el profesor es sólo un guía que orienta, motiva y retroalimenta a los estudiantes. Las investigaciones han mostrado una mejora en el Aprendizaje Significativo cuando los estudiantes se involucran en el proceso de aprender. Hablar, escuchar, escribir, leer y reflexionar se han considerado elementos importantes del aprendizaje activo (McKinney, 2008; Meyers y Jones, 1993).

En el Aprendizaje Activo se utilizan metodologías o técnicas con las cuales los estudiantes siempre estén desarrollando alguna actividad e interactuando con otros, es decir, siempre están *haciendo* algo como descubrir, procesar y aplicar información. El Aprendizaje Activo se deriva de dos supuestos básicos (McKinney, 2008; Meyers y Jones, 1993):

- 1) El aprendizaje es, por naturaleza, un esfuerzo activo.
- 2) Diferentes personas aprenden de distintas maneras.

De lo anterior y en base a su trabajo Redish (2003b) enumera los cinco principios cognitivos del aprendizaje activo:

Principio del constructivismo: *“Los individuos construyen su propio conocimiento haciendo conexiones al conocimiento existente, ellos usan ese conocimiento para crear productivamente una respuesta a la información que reciben”*. Un estudiante que se encuentra activo en las clases, que participa, observa y construye cosas con sus propias manos, alcanza niveles de comprensión más profundos y duraderos que un estudiante que mantiene una actitud pasiva.

Principio del cambio: *“Es razonablemente fácil aprender algo que coincide o extiende un esquema existente, pero cambiar sustancialmente un esquema bien establecido es difícil.”* Cuando las predicciones no concuerdan con los resultados el estudiante responde con un estado de desequilibrio, entonces las creencias cambian al confrontar

las diferencias entre las observaciones y las predicciones.

Principio del contexto: *“Lo que la gente construya depende del contexto (incluyendo su estado mental)”*. La comprensión y el aprendizaje están muy relacionados con las conexiones que el estudiante es capaz de establecer con su propia realidad.

Principio de individualidad: *“Dado que cada individuo construye su propia estructura mental, diferentes estudiantes tienen diferentes respuestas mentales y diferentes acercamientos al aprendizaje. Cualquier población de estudiantes mostrará una variación significativa en un número grande de variables cognitivas.”* Redish afirma que cada estudiante tiene su interpretación personal, de manera que no hay una realidad compartida de conocimientos. Por ello, los alumnos individualmente obtienen diferentes interpretaciones de los mismos materiales, cada uno construye (reconstruye) su conocimiento según sus esquemas, sus saberes y experiencias previas.

Principio de aprendizaje social: *“Para la mayoría de las personas, el aprendizaje es más eficaz a través de interacciones sociales”*. Este principio se basa en el trabajo de Vygotsky (véase Vygotsky (1978)). El socio-constructivismo de Vygotsky ha tenido un profundo impacto en las teorías modernas de enseñanza y aprendizaje, puesto que el aprender es una experiencia social donde el contexto es muy importante. El trabajo en grupo maximiza el aprendizaje de los estudiantes.

El método de Aprendizaje Activo en algunas de sus formulaciones intenta reproducir el proceso científico en el aula, desarrollando habilidades de razonamiento útiles en la física. La manera de promover el Aprendizaje Activo en los estudiantes es variada y se puede considerar como un sistema que envuelve cinco elementos principales:

- 1) Objetivos de aprendizaje claramente establecidos.
- 2) Metodologías de enseñanza acordes con los objetivos.
- 3) Mecanismos de apoyo o ayuda en el salón de clase.
- 4) Sistemas de evaluación consistentes.
- 5) Mecanismos de apoyo fuera del salón de clase. (Tecnologías de la información.)

La combinación de estos elementos puede garantizar que los estudiantes se conviertan

en responsables de construir su aprendizaje, donde el profesor solo representara una ayuda oportuna y eficiente.

Tabla I. Diferencias entre un Ambiente de Aprendizaje Pasivo y Activo. Sokoloff *et al.* (2006).

Ambiente de Aprendizaje Pasivo	Ambiente de Aprendizaje Activo
Instructor (y libro de texto) son autoridades en la obtención de conocimiento.	Los estudiantes construyen su conocimiento haciendo y observando experiencias. Las observaciones del mundo físico real son la autoridad.
Las creencias de los estudiantes nunca se ponen en tela de juicio para su reflexión.	Utiliza un ciclo de aprendizaje en el cual los estudiantes comparan sus predicciones (sobre bases de sus creencias) con las observaciones de los experimentos.
Los estudiantes no tienen parámetros de comparación entre lo que se dice en la clase y el fenómeno físico.	Los estudiantes logran cambios en sus creencias al confrontar observaciones y con sus predicciones.
El instructor es la autoridad.	El instructor es un guía en el proceso de aprendizaje.
Existe poca colaboración entre pares.	Se fomenta la colaboración entre pares.
En la exposición de un tema, se relatan los "hechos" de algún experimento referente al mismo.	Los resultados de la observación son fáciles de comprender.
El trabajo de laboratorio, en este caso, se utiliza para confirmar las teorías "aprendido" en la conferencia.	El trabajo de laboratorio se usa para descubrir los conceptos básicos involucrados.

El Aprendizaje Activo de la Física se ha investigado y desarrollado en los últimos años

en Estados Unidos y otros países de Europa principalmente, con el fin de mejorar la comprensión de los conceptos básicos de esta metodología. En una de estas estrategias de aprendizaje, los estudiantes son guiados para la construcción de sus conceptos por la observación directa del mundo físico. Utiliza un ciclo de aprendizaje que incluye predicciones, pequeños grupos de discusión, observaciones y la comparación de los resultados observados con las predicciones. Este ciclo de aprendizaje se conoce como el ciclo PODS, por las iniciales de predicción, observación, discusión y síntesis (Sokoloff, 2006). De esta manera, los estudiantes toman conciencia de las diferencias entre las creencias comunes y las leyes físicas que gobiernan el mundo que les rodea.

2.3.1 Desventajas del Aprendizaje Activo

No se conoce en sí una desventaja como tal del Aprendizaje Activo, sin embargo, es importante mencionar que no todos los estudiantes tienen una actitud activa para este tipo enseñanza-aprendizaje. Además existe resistencia al cambio en algunos estudiantes y profesores, los planes de estudio son muy extensos para cubrirse en un corto tiempo, los grupos de trabajo son muy numerosos, y los profesores no están preparados para usar las técnicas de Aprendizaje Activo en los grupos. Por lo tanto, se considera vital, establecer objetivos de aprendizaje perfectamente claros, seleccionar técnicas acordes con los mismos, especificar la forma de evaluación y utilizar mecanismos de apoyo.

2.4 Clases Demostrativas e Interactivas

A principios de los años 90's Sokoloff y Thornton comenzaron a explorar el uso de las exhibiciones de datos en tiempo real basándose en los Laboratorios Basados en Microcomputadores (*Micro-computer Based Laboratory: MBL* por sus siglas en inglés) para impartir cursos de física de primer año en la universidad. Sospecharon que los estudiantes no aprendían mucho de las conferencias de clases tradicionales. Por esta razón, en 1991 después de mucha experimentación, Sokoloff y Thornton comenzaron a trabajar en crear ambientes de Aprendizaje Activo que fueran exitosos tanto para grupos pequeños como para grupos grandes (Sokoloff y Thornton, 2004). Como resultado de su trabajo ellos crearon un método que cambia una demostración pasiva por otra más

activa. A esta estrategia de enseñanza y aprendizaje la llamaron “Clases Demostrativas e Interactivas”, CDI’s, del término usado en inglés, ILD.

Esta metodología consiste en una secuencia de sencillos experimentos físicos. Los estudiantes participan activamente debido a que se usa un ciclo de aprendizaje que incluye una predicción escrita de los resultados de un experimento físico real, discusión en grupos pequeños con sus compañeros cercanos, la observación del fenómeno físico en tiempo real con las herramientas de MBL, y la comparación entre predicción y observación. El desarrollo de esta estrategia se ha basado en los resultados de investigaciones realizadas sobre la enseñanza de la física. Los resultados de estos trabajos muestran una clara evidencia de una mejora en el aprendizaje y la retención de los conceptos fundamentales por parte de los estudiantes que reciben instrucción con CDI’s comparados con estudiantes que reciben clases magistrales de enseñanza tradicional.

Para fomentar el uso de esta estrategia, Sokoloff y Thornton (2004) elaboraron un manual titulado “*Clases Demostrativas e Interactivas. Aprendizaje Activo en la Física Introductoria*” (*Interactive Lecture Demonstrations. Active Learning in Introductory Physics*) en el que proponen una serie de CDI’s para los diversos temas, que van desde conceptos básicos para una mejor comprensión y posterior aplicación de los mismos conceptos básicos en experiencias más complejas. Dicho manual expone CDI’s para temas de Mecánica, Oscilaciones y Ondas, Calor y Termodinámica, Electricidad y Magnetismo, Luz y Óptica.

La técnica de las CDI’s fue utilizada por primera vez en la Universidad de Oregon y en la de Tufts. De acuerdo con Sokoloff y Thornton (2004), ellos pusieron a prueba su método en la Universidad de Oregon en 1991, trabajando con 240 estudiantes del curso de Física Introductoria que dividieron en 2 grupos:

- a) Grupo Control: tomaron la clase y el laboratorio tradicional.
- b) Grupo Experimental: tomaron la clase tradicional, no asistieron al laboratorio y se les impartieron dos lecturas sobre Cinemática empleando el método CDI’s.

Para medir la comprensión de los conceptos, los autores aplicaron a todos los estudiantes una sección del Examen Conceptual de Fuerza y Movimiento (*Force and*

Motion Conceptual Evaluation, FMCE por sus siglas en inglés), antes y después de la usar la estrategia. Los resultados publicados en su artículo: “*Assessing student learning of Newton’s laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula*”, mostraron que los alumnos del grupo control incrementaron su comprensión de los conceptos en un 7-10%, mientras que los estudiantes del grupo experimental incrementaron su comprensión casi en un 90%, Sokoloff y Thornton, (1998).

En 1994, Sokoloff y Thornton realizaron otra evaluación de su método en la Universidad de Tufts (Sokoloff y Thornton, 2004). Los autores trabajaron con un grupo de aproximadamente 200 estudiantes, que también dividieron en 2 grupos: grupo control y grupo experimental. Ambos grupos llevaron los cursos tradicionales sobre Cinemática y Dinámica, al término de los cursos, al grupo experimental se les impartió dos sesiones con el método de CDI’s sobre Cinemática y posteriormente una sobre Dinámica. Los resultados nuevamente mostraron que la comprensión de los conceptos en el grupo experimental fue muy superior a la mostrada en el grupo control.

En 1995 Sokoloff y Thornton realizaron otro estudio, encontrando que la comprensión de los conceptos no sólo se favorece con método de las CDI’s, sino que se incrementa con el transcurrir del tiempo (Sokoloff y Thornton, 1998). Es decir, realizaron evaluaciones posteriores a las 6 y a las 7 semanas de terminada la instrucción (la tradicional y la de Aprendizaje Activo con las CDI’s), encontrando que los estudiantes del grupo experimental mostraban una mayor comprensión de los conceptos; concluyendo que se incrementa la asimilación de los conceptos por los estudiantes.

En Suecia se ha aplicado el método de CDI’s de Sokoloff y Thornton en un curso introductorio de física (que consta de los temas de mecánica, movimiento ondulatorio, óptica y termodinámica) tomado por estudiantes de Ingeniería en el Campus de Norrköping de la Universidad de Linköping. El objetivo fue ayudar a los estudiantes a adquirir una comprensión funcional de la física mediante un ambiente de Aprendizaje Activo, encontrando ganancias normalizadas de 0.59 en FMCE lo que indica que con este método se obtienen resultados superiores a los obtenidos en la enseñanza tradicional (Berrnhard, 2007).

En otoño de 2001, Zimrot y Ashkenazi iniciaron un estudio con una matrícula de 200 estudiantes durante un periodo de 3 años implementando el método de CDI's en un curso de Química General con la finalidad de los estudiantes logren un mejor desempeño en sus cursos, obteniendo resultados que muestran la importancia de la componente interactiva ya que en grupos experimentales los estudiantes mostraban una mayor comprensión de los conceptos comparados con los resultados de una enseñanza tradicional (Zimrot y Ashkenazi, 2007). Ellos concluyeron que con el uso de las CDI's se incrementó la asimilación de los conceptos por los estudiantes.

2.4.1 Diseño de CDI's

Tomando en cuenta el trabajo de Sokoloff y Thornton y de otros investigadores, para diseñar una secuencia de CDI's sobre algún tema de Física se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Especificar el objetivo de cada CDI, es decir se debe establecer claramente el objetivo de aprendizaje que se pretende alcancen los estudiantes.
- El contenido de la serie de CDI's debe basarse en demostraciones que favorezcan la comprensión de conceptos acordes con el tema en estudio.
- Elegir una demostración que ilustre el concepto a desarrollar en tiempo real (da confianza a los alumnos en los métodos de medición y resultados) y que cumpla el objetivo planteado. Las demostraciones son más eficaces si se centran en un solo concepto y de ser posible con un resultado diferente a las expectativas de los estudiantes.
- Establecer preguntas detonadoras que permitan al estudiante mostrar su pre-concepción errónea (no-newtoniana) al escribir sus predicciones.
- Determinar si la demostración será realizada por el instructor o por los grupos de trabajo de estudiantes, recordando que la experimentación fomenta un mayor compromiso en el estudiante y potencializa el aprendizaje.
- Diseñar los materiales escritos (los llamados “hoja de predicción” y “hoja de resultados”) de forma tal que los estudiantes puedan seguir en forma dinámica e interactiva en el desarrollo de las CDI's.

- Las CDI's deben presentarse de manera que los estudiantes comprendan los experimentos y que confíen en los aparatos y los métodos de medición empleados.
- Se debe tener cuidado de que las demostraciones no sean muy llamativas, ya que pueden resultar complejas y no serían experiencias de aprendizaje efectivas.

2.4.2 Descripción de CDI's

La metodología didáctica de las CDI's es una propuesta innovadora diseñada para trabajar en ambientes interactivos por lo que es necesario que los estudiantes interactúen y se involucren en el proceso de aprendizaje. Se desarrolla sobre las bases del trabajo colaborativo para la realización de demostraciones interactivas tipo conferencia en equipos de cuatro integrantes. En esta estrategia didáctica los estudiantes son sometidos en un equilibrio-desequilibrio-reequilibrio, que supone una adaptación y construcción de nuevos esquemas de conocimiento que permiten la transformación y construcción del mismo. Esto implica la experimentación y la resolución de problemas interactuando con otros estudiantes que también exponen sus puntos de vista. Al defender sus predicciones los participantes negocian significados y recogen planteamientos para obtener su propia interpretación y finalmente construir su conocimiento.

En el desarrollo de esta metodología cuando el instructor describe la demostración, solicita a los estudiantes hagan predicciones acerca de sus creencias (ideas previas) en la "hoja de predicción". Posteriormente, se le pide a los estudiantes que defiendan su predicción ante sus compañeros (aprender es una experiencia social donde el contexto es muy importante, y considero que esta actividad ayuda a los estudiantes a explicar y argumentar). Después, los alumnos deben observar lo que realmente sucede en la demostración. De esta forma tienen la oportunidad de contrastar los resultados reales con sus predicciones iniciales, si los resultados de la demostración no coincide con sus predicciones se generará un conflicto, entonces como resultado los estudiantes logran transformar su conocimiento que se retroalimenta al compartir su experiencia con sus pares en una discusión posterior. Durante todo este proceso el profesor guía el trabajo.

Así, tenemos que la estrategia consiste en introducir una actividad cuidadosamente

diseñada en tiempo real bajo el formato de una conferencia tradicional. Para su realización se requiere que los estudiantes puedan predecir, experimentar y reflexionar la actividad propuesta.

Predecir. Después de que el instructor describe el problema los estudiantes hacen una predicción sobre el resultado, que explican a un compañero cercano intercambiando respuestas.

Experimentar. La demostración puede ser un experimento de clase, una encuesta, una simulación, o un análisis de datos secundarios, y es realizada por el instructor o por los estudiantes en grupos pequeños. Experimentar permite a los estudiantes comprobar o no una concepción previa y será más eficaz que decir al estudiante que su comprensión inicial es incorrecta (National Research Council, 2005).

Reflexionar. Después de la demostración, los estudiantes anotan y comunican sus resultados identificando las diferencias entre lo que se predijo y lo que ocurrió en la demostración, esto le permite al estudiante pensar explícitamente sobre lo que han aprendido, poder hacer conexiones entre lo que sabía antes con lo que observó transformando su concepto. Asimismo, con el propósito de retroalimentar el conocimiento y aplicarlo es necesario hacer uso del mismo en una variedad de contextos. *“La reflexión mejora el rendimiento estudiantil y desarrolla en los estudiantes la capacidad para aprender por sí mismo”* (Brandsford *et al.*, 2000).

Para su desarrollo Sokoloff y Thornton (Sokoloff, *et al.*, 2006) recomiendan una secuencia de ocho pasos:

1. El instructor describe la demostración, sin exhibir los resultados. Se debe indicar claramente lo que se realizará en la demostración.
2. El instructor pide a los estudiantes registrar sus predicciones individuales sobre los datos esperados en una “Hoja de Predicción” (una serie de preguntas sobre la demostración) que se recogerá. Los estudiantes están seguros de que estas predicciones no serán calificadas. Es importante asegurarse de que todos los alumnos completen este paso antes de pasar al siguiente.

3. Los estudiantes se involucran en discusiones sobre la demostración formando grupos pequeños con sus compañeros más cercanos y pueden cambiar sus predicciones si lo consideran conveniente.
4. El instructor obtiene las predicciones más comunes de los estudiantes del grupo y las muestra en una pantalla o pizarrón visible en el salón de clase. Solicite que expliquen sus respuestas, pero tenga cuidado de no elogiar o criticar a las predicciones de los estudiantes, solo se trata de registrar todas las predicciones de los estudiantes sin evaluarlos.
5. Los estudiantes registran sus predicciones finales sobre la “Hoja de Predicción”.
6. El instructor o los estudiantes (grupos pequeños) realizan la demostración nuevamente y exhibe los datos en tiempo real (los resultados pueden presentarse en forma de gráficos usando un proyector en caso de que el grupo sea muy grande).
7. El instructor solicita a los estudiantes describan y discutan sus resultados. Así, los estudiantes completan una “Hoja del Resultado” (idéntica a la “Hoja de la Predicción”) y la entregan. Se debe motivar a que los estudiantes analicen los resultados obtenidos en la demostración que desafíen sus predicciones (o no), y que expliquen estos resultados. Tal reflexión puede llevarse a cabo como una discusión con toda la clase, o los estudiantes pueden escribir de forma individual o en parejas sobre la transformación de su conocimiento.
8. El instructor discute situaciones físicas análogas o relacionadas al fenómeno observado (situaciones donde los resultados se basan en el mismo concepto). El instructor ayuda a los estudiantes para transferir su aprendizaje a situaciones reales donde el concepto se aplica.

La implementación de esta estrategia sugiere que para lograr resultados satisfactorios es importante considerar que (Sokoloff, *et al.*, 2006):

- El instructor debe planear el tiempo para la discusión (paso 3) y lograr los objetivos en el tiempo apropiado.
- Para el paso 4 es recomendable que el instructor utilice herramientas que le permitan mostrar en forma llamativa las aportaciones voluntarias de los estudiantes a toda la clase. Las predicciones incorrectas no se corrigen en este momento. El instructor puede incluir respuestas de clases anteriores si ningún estudiante se ofrece voluntariamente o si las respuestas no varían.

- El propósito de los pasos 7 y 8 es que el instructor dirija a los estudiantes a la respuesta correcta. Esto *no es una conferencia* sino una discusión dirigida donde los datos experimentales se utilizan para validar los conceptos.

2.4.3 Ventajas de las CDI's

- En esta metodología el aprender se basa principalmente en la observación de fenómenos físicos en tiempo real.
- La técnica de Aprendizaje Activo propuesta por Sokoloff y Thornton (Sokoloff y Thornton, 2004) se adapta fácilmente a grupos grandes.
- Usando algunas experiencias con la metodología los autores han demostrado que hasta el 90% de los estudiantes de un grupo típico entenderán los conceptos enseñados usando este método a diferencia del 10% que entenderían si la conferencia se impartiera usando un método tradicional.
- La técnica de Aprendizaje Activo propuesta por Sokoloff y Thornton involucra a todos los participantes. Para ver la diferencia entre esta metodología y la clase tradicional, podríamos analizar la diferencia que existe entre ver un partido de fútbol por televisión o jugar ese partido.
- El aprendizaje se centra en el estudiante, es él quien realiza todas las actividades, ya que el profesor solo es un guía o facilitador.
- El método propuesto por Sokoloff y Thornton se utiliza para introducir conceptos importantes, para reforzar los conceptos ya introducidos, para servir como sesiones activas semanales y como complemento de las actividades del laboratorio.
- La estrategia permite a los estudiantes desarrollar habilidades y competencias como: predecir, argumentar y estructurar sus ideas, aplicar sus conocimientos a la interpretación de su entorno, participar activamente, trabajar en forma colaborativa, buscar y proponer alternativas de solución a un problema, ser el responsable de su aprendizaje, construir por sí mismo su conocimiento.
- No todo el material en un curso preliminar típico se puede introducir usando éste método.