

# Estrategias para la enseñanza y el aprendizaje en la educación superior

---

Resolución de problemas e investigación-acción

Paulo Emilio Oviedo

ECOE  
EDICIONES  


UNIVERSIDAD DE  
AÑOS **LA SALLE**

Oviedo, Paulo Emilio

Estrategias para la enseñanza y el aprendizaje en la educación superior / Paulo Emilio Oviedo. – Bogotá : Universidad de La Salle, 2015.

176 páginas : gráficos : 14 × 21 cm.

Incluye índice de contenido.

ISBN 978-958-8939-15-5

1. Educación superior - Metodología 2. Métodos de enseñanza 3. Aprendizaje 4. Técnicas de estudio I. Tít.

371.3 cd 21 ed.

A1505530

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

ISBN: 978-958-8939-15-5

Primera edición, octubre de 2015

Primera reimpresión, agosto 2016

Segunda reimpresión, octubre 2016

©Derechos reservados, Universidad de La Salle

Edición

©Ediciones Unisalle

Cra. 5 N.º 59A-44 Edificio Administrativo, 9er piso

PBX: (571) 348 8000 Extensión: 1224

Directo: (571) 348 8047 Fax: (571) 217 0885

publicaciones@lasalle.edu.co

©Ecoe Ediciones

Carrera 19 No. 63C-32 Tel: 2481449

info@ecoediciones.com, www.ecoediciones.com

Dirección editorial Ediciones Unisalle

*Guillermo Alberto González Triana*

Dirección editorial Ecoe Ediciones

*Alvaro Carvajal*

Coordinación editorial

*Marcela Garzón Gualteros*

Corrección de estilo

*Luz Angela Urdíategui*

Diseño y diagramación

*Nancy Patricia Cortés Cortés*

Diseño de portada

*Andrea Julieth Castellanos Leal*

Impresión

*La Imprenta editores*

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este libro por cualquier procedimiento, conforme a lo dispuesto por la ley.

Impreso y hecho en Colombia

*A mi esposa Elizabeth y a mis hijos  
Paula Ibeth, Emilio José y David Fernando,  
por esas horas de compañía que el libro les quitó.*



*El autor agradece a Ediciones Unisalle y en especial a Fernando Vásquez Rodríguez por su apoyo en esta obra.*

*Agradece también a sus alumnos de varias generaciones, en quienes probó una y otra vez el material y de quienes obtuvo una valiosa retroalimentación. Finalmente agradece a la Universidad de La Salle que le brindó la posibilidad de publicar esta obra.*

## Contenido

---

<b>Presentación .....</b>	<b>9</b>
<b>El aprender y el enseñar .....</b>	<b>11</b>
¿En qué consiste el aprendizaje? ¿Cómo puede facilitarse? .....	11
¿En qué consiste la enseñanza? ¿Cómo puede mejorarse? .....	16
<b>La resolución de problemas como estrategia de enseñanza.....</b>	<b>21</b>
¿Qué es la resolución de problemas? .....	21
¿Por qué la resolución de problemas como estrategia de enseñanza? .....	23
¿Por qué una estrategia de enseñanza centrada en la resolución de problemas? .....	25
¿Qué es enseñar con la estrategia de resolución de problemas?	27
La resolución de problemas como actividad de investigación ....	29
<b>La construcción de problemas para la clase.....</b>	<b>35</b>
¿Cómo preparar la clase bajo el enfoque de resolución de problemas? .....	35
La clase centrada en la resolución de problemas.....	36
<b>La evaluación del aprendizaje en la clase centrada en la resolución de problemas.....</b>	<b>41</b>
¿Cuál es el propósito de la evaluación? .....	42
¿Qué áreas pueden ser evaluadas?.....	42
¿Qué formas de evaluación se pueden aplicar?.....	44

<b>Visión científica de la resolución de problemas</b> .....	47
La resolución de problemas en el marco de la investigación-acción .....	47
La investigación-acción en la práctica educativa .....	48
Concepción de la investigación-acción .....	52
Áreas de aplicación de la investigación-acción .....	53
Rasgos que caracterizan la investigación-acción .....	54
El proceso de investigación-acción .....	59
Modalidades de investigación-acción .....	63
<b>Las experiencias de los docentes cuando trabajan con la estrategia de resolución de problemas</b> .....	65
La resolución de problemas: una estrategia que permite a los ingenieros, como docentes, realizar cambios en sus concepciones y prácticas de enseñanza y aprendizaje .....	67
El desarrollo de competencias investigativas en la formación de ingenieros a partir de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza .....	87
La resolución de problemas: una herramienta que permite a los estudiantes de Ingeniería Electrónica desarrollar competencias investigativas para enfrentar con éxito problemas del mundo real .....	105
La transformación de la práctica clínica de optometría pediátrica a partir de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza .....	129
<b>El rol del docente como investigador</b> .....	139
La metáfora del docente como investigador .....	139
El rol del docente como investigador .....	142
<b>Ventajas de la enseñanza por resolución de problemas</b> .....	147
Lo que significa tener un problema .....	149
El énfasis que pone la enseñanza por resolución de problemas .....	150
Las ventajas de este tipo de enseñanza .....	151
<b>Referencias</b> .....	155

## Presentación

*Estrategias para la enseñanza y el aprendizaje en educación superior* es un libro escrito con el propósito de compartir con docentes y estudiantes la importancia de la enseñanza centrada en la resolución de problemas y la investigación-acción, que fomenta en los estudiantes la capacidad de aprender a aprender.

En él se integra una noción clara y exacta de lo que es realmente “aprender” y “enseñar”, pues existe una relación directa y necesaria, no solo teórica, sino práctica, entre esos dos conceptos. Abarca la resolución de problemas como una estrategia de enseñanza, la construcción de problemas para la clase, la evaluación del aprendizaje en la resolución de problemas, una visión científica de la resolución de problemas, lo que hacen los docentes cuando enseñan con la estrategia de resolución de problemas, el rol del docente como investigador y las ventajas de la enseñanza por resolución de problemas, buscando interesar al lector en lo que constituye la resolución de problemas y la investigación-acción, en la perspectiva del desarrollo de una pedagogía en la que el alumno sea el gestor de su propio aprendizaje.

Se trata de un libro que puede usarse en cursos básicos, medios y avanzados, en materias y seminarios. Contiene una visión epistemológica y metodológica que lo hacen útil para cualquier ciencia social. El libro se encuentra diseñado y escrito de manera

didáctica, se destacan los conceptos básicos revisados e incluye una bibliografía sugerida. Los apartados se titulan a manera de preguntas para facilitar la comprensión. Psicólogos, comunicadores, sociólogos, administradores, docentes y estudiantes encontrarán en este libro un texto que facilita la enseñanza y el aprendizaje.

Esta obra, breve en su extensión, pero de gran significado por su contenido, ofrece interesantes orientaciones referentes a utilizar la resolución de problemas y la investigación-acción en la práctica educativa, por lo que constituye un magnífico apoyo para docentes y estudiantes.

*El autor*

## El aprender y el enseñar

Para enseñar necesitamos, como docentes, tener primero una noción clara y exacta de lo que es realmente aprender y enseñar, pues existe una relación directa y necesaria, no solo teórica, sino práctica, entre estos dos conceptos.

**¿En qué consiste el aprendizaje? ¿Cómo puede facilitarse?**

En siglos pasados predominaba la noción simplista y errónea de que aprender era memorizar, hasta que el alumno pudiera repetir *ipsis verbis* los textos del compendio o las palabras del docente. Sobre este falso presupuesto, enseñar era sinónimo de indicar y tomar lecciones recitadas de memoria por los alumnos. Infelizmente, hay todavía docentes que se rigen por esta cartilla del siglo XVI, con un pequeño atraso de cuatrocientos años. Pero no será, ciertamente, con textos y frases de memoria como resolveremos nuestros problemas o acertaremos en nuestras empresas; ya decía Séneca que aprendemos, no para la escuela, sino para la vida; el simple guardar en la memoria textos y palabras no prepara a nadie para la realidad de la vida con sus complejos problemas.

A partir del siglo XVII predominó la fórmula de Comenio, *intellectus, memoria et usus*: primero, la comprensión reflexiva; después, la memorización de lo comprendido; por fin, la aplicación de lo que ya fue comprendido y memorizado. Conforme a estas nuevas premisas, la enseñanza pasó a ser intensamente expositiva y explicativa, y como complemento se tomaron las lecciones y se corrigieron los ejercicios de aplicación; pero se imponía hacer que los alumnos comprendieran primero aquello que tenían que aprender.

En la época actual, se ha comprobado que la mera explicación verbal del docente no es tan esencial e indispensable para que los alumnos aprendan; sirve solo para iniciar el aprendizaje, pero no para integrarlo y llevarlo a buen término. De que el docente haya explicado muy bien la materia, no se concluye que los alumnos hayan aprendido. En muchas escuelas se han suprimido por completo las clases expositivas del docente, habiéndose obtenido mayor rendimiento del aprendizaje por medio del estudio dirigido únicamente.

La fórmula de Comenio pecaba por seccionar el proceso del aprendizaje en tres etapas separadas artificialmente. Efectivamente, la comprensión, la retención mnemónica y la aplicación se funden en el mismo proceso unitario de la experiencia; se comprende mejor una cosa cuando se la experimenta y se la maneja directamente; la retención mnemónica resulta natural y espontáneamente de toda experiencia vivida intensamente. Comprender, memorizar y aplicar no son fases distintas y sucesivas de la experiencia del aprendizaje; son más bien aspectos integrantes de la misma experiencia.

El proceso de aprendizaje de los alumnos, cuyos planes, dirección y control caben al docente, es bastante complejo. Podemos aprehender súbitamente un hecho, una consecuencia o una información aislados. Pero el aprendizaje definitivo de un conjunto sistemático de contenidos, implícitos en una asignatura, es un proceso de asimilación lento, gradual y complejo.

Sintetizando y esquematizando para examinarlo, podemos discernir en este proceso etapas bien definidas. En todo aprendizaje sistemático, quien lo recibe: a) pasa de un estado de sintretismo inicial, en el que abundan vagas nociones confusas y erróneas, flotando sobre un fondo indiferenciado de cándida ignorancia; b) una fase de enfoque analítico, en que cada parte del todo es, a su vez, examinada e investigada en sus pormenores y particularidades; algunos psicólogos y pedagogos llaman a esta fase diferenciación, discriminación o simplemente análisis; c) sigue una fase de síntesis integradora; relegando los pormenores a segundo plano, se afirman las perspectivas de lo esencial, de las relaciones y de la importancia de los principios, datos y hechos ya analizados, integrándolos en un todo coherente y vitalmente significativo. Es la fase que los norteamericanos designan como de integración, y otros, como de síntesis, y d) lógicamente, concluye en una fase final de consolidación o fijación; en esta, mediante ejercicios y repasos reiterativos, se refuerza o fija *ex profeso* lo que se ha aprendido analíticamente y sintéticamente, hasta convertirlo en una adquisición.

Sin embargo, el esquematismo lógico de estas fases y de su sucesión podría darnos una noción errónea del proceso de aprendizaje tal y como se desarrolla en la realidad. Efectivamente, estas fases no son herméticas; no hay un momento preciso en que podamos decir que termina una fase y empieza otra. Ya en la fase de enfoque analítico van emergiendo algunas síntesis interrogadoras, todavía parciales e incompletas; en la fase de síntesis integradora pueden aún aparecer nuevos enfoques analíticos, preferidos en la fase anterior, mientras que la fase de consolidación o fijación se va desarrollando como una corriente sumergida a través de todo el proceso, para entrar en pleno foco al final de ese mismo proceso. Hay en esas fases múltiples superposiciones y vaivenes en un complicado encadenamiento dinámico de asimilación.

No se agota con eso la relatividad del esquema trazado. Nuestros alumnos no son fabricados en serie; no reaccionan todos de igual manera. Hay entre ellos rasgos y diferencias individuales en relación con su nivel de madurez, capacidad general, preparación escolar, aptitudes específicas, método y ritmo de trabajo, resistencia a la fatiga, sensibilidad, así como en cuanto a ideales, actitudes, preferencias, motivación interior y aspiraciones para el futuro.

Identificar estos rasgos y diferencias individuales, explotar sus posibilidades, compensar sus deficiencias y, asimismo, encuadrar a todos los alumnos en un plano de aprendizaje dinámico y eficaz, orientando, dirigiendo y controlando su evolución hacia objetivos valiosos social y profesionalmente, eso es enseñar en su sentido moderno más auténtico.

La esencia del aprender no consiste, por tanto, en repetir mecánicamente textos de libros ni en escuchar con atención explicaciones verbales de un maestro. Consiste, eso sí, en la actividad mental intensiva a la que los alumnos se dedican, en el manejo directo de los datos de la materia, procurando asimilar su contenido. Esa actividad mental intensiva de los alumnos puede asumir las más variadas formas, conforme a la materia estudiada.

Los alumnos están aprendiendo realmente cuando: a) hacen observaciones directas sobre hechos, procesos, películas y demostraciones que se les presentan; b) hacen planes y realizan experiencias, comprueban hipótesis y anotan sus resultados; c) consultan libros, revistas y diccionarios en busca de hechos y aclaraciones; toman apuntes y organizan ficheros y cuadros comparativos; d) escuchan, leen, anotan, pasan en limpio sus apuntes y los complementan con extractos de otros autores y fuentes; e) formulan dudas, piden aclaraciones, suscitan objeciones, discuten entre sí, comparan y verifican; f) colaboran con el docente y se auxilian mutuamente en la ejecución de trabajos, en la aclaración de dudas y en la solución de problemas; g) efectúan cálculos y usan tablas; dibujan e ilustran; copian

mapas, o los reducen o amplían a escala; completan e ilustran mapas mudos, etc.; i) buscan, coleccionan, identifican, comparan y clasifican muestras, modelos, sellos, grabados, plantas, objetos, fotografías, etc., y h) responden a interrogatorios y tesis, procuran resolver problemas, identifican errores, corrigen los suyos propios o los de sus colegas, etc.

Esta lista de actividades ejercida por los alumnos dista mucho de ser completa; hay, además, muchas otras formas prácticas que, combinadas, producen los resultados deseados, pues son auténticas experiencias de aprendizaje. El denominador común de todas estas formas prácticas de aprendizaje es el carácter reflexivo y asimilador de tales actividades, aplicadas a los datos de la asignatura, para llegar a una meta definida y a resultados concretos en cada caso. El aprendizaje auténtico consiste exactamente en esas experiencias concretas de trabajo reflexivo sobre los hechos y valores de la cultura y de la vida.

Esas experiencias de carácter reflexivo y activo, cuando se prosiguen sistemáticamente, ejercen una enorme influencia dinamizante sobre la personalidad de los alumnos, modificando sustancialmente su actitud y su comportamiento y ayudando a la formación de nuevas actitudes y nuevas conductas, más ajustadas y eficaces. Así se origina la tesis corriente de que el aprendizaje consiste esencialmente en modificar el comportamiento del alumno y en enriquecer su personalidad. Efectivamente, toda auténtica experiencia reflexiva de aprendizaje debe proponerse concretamente estos resultados: a) modificar la actitud y la conducta anterior del alumno; b) promover la formación de nuevas actitudes y nuevas conductas, más inteligentes, ajustadas y eficaces, y c) enriquecer la personalidad del alumno con nuevos y mejores recursos de pensamiento, acción y convivencia social. En eso estriba el verdadero valor del aprendizaje escolar y su razón de ser.

Estamos muy lejos, por tanto, del antiguo concepto precientífico según el cual los alumnos solo aprendían oyendo

pasivamente las explicaciones del docente y repitiendo textualmente las lecciones del manual. De ahí solo podía resultar un pseudoaprendizaje de fórmulas verbales sin nexo o repetidas confusamente por los alumnos, sin ningún provecho real para la vida. Ya decía Séneca (1996) en la Antigüedad: "¡Qué locura es dedicarse a aprender cosas inútiles en medio de la miseria en estos tiempos!". Muchas de las cosas que nuestras escuelas obligan a los estudiantes a aprender de memoria en nada contribuyen para mejorar su conducta ni para enriquecer su personalidad.

### ¿En qué consiste la enseñanza? ¿Cómo puede mejorarse?

El concepto de la enseñanza está claramente delineado en lo que acabamos de exponer. Al ser el aprendizaje auténtico un conjunto de experiencias concretas de carácter reflexivo sobre los datos de la materia escolar, es evidente que la enseñanza auténtica consistirá en proyectar, orientar y dirigir esas experiencias concretas de trabajo reflexivo de los alumnos sobre los datos de la materia escolar o de la vida cultural de la humanidad.

Enseñar es, fundamentalmente, dar a los alumnos la oportunidad para manejar inteligente y directamente los datos de la disciplina, organizando, dirigiendo y controlando experiencias fructíferas de actividad reflexiva. En síntesis, enseñar es dirigir con técnicas apropiadas el proceso de aprendizaje de los alumnos en la asignatura. Es acompañarlos hacia los hábitos de aprendizaje auténticos, que los acompañarán a través de la vida.

Siendo la enseñanza, en su más auténtica y moderna acepción, la dirección técnica del proceso de aprendizaje, es evidente que enseñar significa concretamente: a) prever y proyectar la marcha de ese proceso, imprimiendo una organización funcional al programa de trabajos, reuniendo el material bibliográfico y los medios auxiliares necesarios para estudiar la asignatura e

ilustrarla; b) iniciar a los alumnos en el estudio de la asignatura, estimulándolos, proveyéndolos de los datos necesarios, orientando su razonamiento, aclarando sus dudas y fortaleciendo su progresiva comprensión y dominio de la materia; c) dirigir a los alumnos en actividades concretas, apropiadas y fecundas, que los conduzcan a adquirir experimentalmente un creciente dominio reflexivo sobre la materia, sus problemas y sus relaciones; d) diagnosticar las causas de dificultad, frustración y fracaso que los alumnos puedan encontrar en el aprendizaje de la materia, y ayudarlos a superarlas, rectificándolas oportunamente; e) ayudar a los alumnos a consolidar, integrar y fijar mejor lo que hayan aprendido, de forma que sean modificadas sus actitudes y su conducta en la vida, y f) finalmente, comprobar y valorar objetivamente los resultados obtenidos por los alumnos en la experiencia del aprendizaje, y las probabilidades de transferencia de esos resultados a la vida.

La dirección técnica del proceso de aprendizaje o, más sucintamente, la técnica de la enseñanza, consiste en este conjunto de actividades directoras realizadas por el docente con criterio y sentido de la realidad; la asignatura es solamente la sistematización del campo en que se realizan esas actividades. Es solo una de las variables que componen la situación, muy importante, por cierto, pero no la única ni la principal.

En este sentido, algunos presupuestos de estos conceptos de enseñanza y aprendizaje que fundamentan esta propuesta, son:

- No es la asignatura en sí la que ocupa el foco de la atención del docente, sino los alumnos como aprendices de esa asignatura; ellos deben ser estimulados, orientados y auxiliados en el aprendizaje. La asignatura es solo el reactivo cultural utilizado. El interés del docente se concentra en los alumnos y no en el reactivo cultural, que no es más que uno de los medios empleados.

- El docente deja de ser un mero expositor o explicador de la materia para convertirse en un guía que estimula y un orientador que conoce al proceso de aprendizaje de sus alumnos. La enseñanza es, por encima de todo, una actividad de intercambio y de relaciones fecundas entre el docente y sus alumnos, en busca de los resultados definidos de carácter psicológico, cultural y moral que los alumnos han de lograr.
- La técnica del docente no puede consistir en una mecánica rígida e invariable, como antes se creía. Habrá de ser más bien una estrategia flexible, alerta y ajustable a todas las sorpresas, avances y retrocesos, titubeos y fracasos, impulsos, entusiasmos y depresiones revelados por los alumnos durante la experiencia del aprendizaje. Eso significa la abolición de los antiguos métodos, rígidos y estereotipados.
- Ser buen docente es dirigir con técnica realista el proceso de aprendizaje de los alumnos, comprendiendo y manipulando con habilidad el conjunto de recursos, factores y fuerzas psicológicas que pueden y deben actuar en este proceso.
- La enseñanza (del docente) y el aprendizaje (de los alumnos) no se limitan a ser actividades paralelas que tienen en la asignatura su único punto de contacto. Son términos correlativos y complementarios; expresan actividades directamente entrelazadas de intercambio humano con un propósito común y unificador.
- La enseñanza no es la causa del aprendizaje, sino uno de sus factores condicionantes más decisivos. El proceso de aprendizaje de los alumnos es preparado y, en cada una de sus etapas de realización, acompañado por la actuación serena y solícita del docente, que lo estimula, orienta y rectifica, valorando, al fin, los resultados obtenidos en función de los intereses vitales de los alumnos y de la sociedad.
- La enseñanza, en lugar de ser una actividad empírica, desajustada a sus fines, con rendimiento problemático, precario y parcial, como era antiguamente (la mayor parte de los

alumnos aprendía poco y mal), se ha convertido modernamente en una técnica directiva perfectamente consciente de su misión y apta para conducir, punto por punto, el proceso del aprendizaje de los alumnos a resultados previsible, seguros y nitidamente concebidos en un cuadro de valores sociales y morales bien definidos.

- El moderno concepto de la enseñanza está exigiendo la revisión de las viejas prácticas de rutina, tales como: enseñanza meramente verbalista y expositiva; esclavitud de alumnos y docentes a los textos; insistencia en la memorización de nomenclaturas, fechas, nombres propios, reglas, principios y hechos; exámenes de memoria textual pura, etc. Es hora de reemplazar esas viejas rutinas improductivas por métodos más activos y reflexivamente fecundos, que dinamicen la inteligencia de los alumnos y creen en ellos actitudes y hábitos fundamentales, de valor real para la vida, en una sociedad democrática y progresista.

En síntesis: de la misma manera que el personaje más importante de un hospital es el paciente, cuya enfermedad debe ser vencida por todos los recursos humanos y materiales disponibles, así también el personaje más importante de la escuela y de la clase es el alumno, cuya ignorancia y limitaciones hay que superar con todos los recursos y técnicas a nuestro alcance. La administración, el cuerpo docente, las instalaciones, los planes y los programas existen y se justifican como recursos para servirle, proveer a sus necesidades y ayudarle a triunfar sobre sus deficiencias. Las estrategias de enseñanza empleadas por el docente deben, todas, convergir hacia ese mismo sentido humano y constructivo que se propone desarrollar su inteligencia y formar su carácter y personalidad, tomando en consideración la época y el ambiente sociocultural en que va a vivir.



## La resolución de problemas como estrategia de enseñanza

Frente a una enseñanza basada en la transmisión de conocimientos, la resolución de problemas puede constituirse no solo en un contenido educativo, sino sobre todo un enfoque o modo de concebir las actividades educativas.

### ¿Qué es la resolución de problemas?

Diferentes autores conciben la resolución de problemas de diversas maneras. Para Garret (1988), por ejemplo, resulta más afortunado referirse a “enfrentarse” a un problema que a “solucionarlo”; en ese sentido, considera que el enfrentarse a un problema implica un proceso de pensamiento creativo y define la creatividad en términos de originalidad y utilidad de una posible solución a una situación dada.

Frazer (1982), por su parte, considera que la resolución de problemas constituye un proceso en el cual se utiliza el conocimiento de una determinada disciplina, así como las técnicas y habilidades de esta para salvar la brecha existente entre el problema y su solución. No obstante, debido a que en este tipo de definición no se consideran las condiciones propias del sujeto que resuelve el problema, los representantes de la psicología gestaltiana consideran a este proceso como algo productivo,

donde el sujeto que resuelve un problema requiere un cierto periodo de “incubación”, seguido de una repentina “intuición” gracias a la cual logra reorganizar mentalmente el problema (Mayer, 1986).

Otros autores como Kempa (1986) consideran que la resolución de problemas constituye un proceso mediante el cual se elabora la información en el cerebro del sujeto que los resuelve; dicho proceso requiere el ejercicio de la memoria de trabajo así como de la memoria a corto y largo plazo, e implica no solo la comprensión del problema, sino la selección y utilización adecuada de estrategias que le permitirán llegar a la solución.

Polya (1980), por su parte, considera que, en el campo de las matemáticas, la resolución de problemas consiste tanto en un proceso de aprendizaje como en un objetivo en sí mismo, así como en una técnica básica que debe ser desarrollada. Para otros autores la resolución de problemas podría ser el proceso mediante el cual se llega a la comprensión de una situación incierta inicialmente, para lo cual se requiere tanto la aplicación de conocimientos previos, como de ciertos procedimientos por parte de la persona que resuelve dicha situación (Gagné, 1971; Ashmore, Frazer y Casey, 1979). Al respecto, Novak y Gowin (1988) plantean, por su parte, que la resolución de un problema implica además la reorganización de la información almacenada en la estructura cognoscitiva de la persona que lo resuelve, es decir, que hay aprendizaje al modificarla.

Como resultado de lo anterior, se han presentado diferentes propuestas de modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias basados en la resolución de problemas, en alguno de sus enfoques. De cualquier forma, los siguientes aspectos se registran

como centrales y se considera que deben ser tenidos en cuenta en la resolución de problemas como parte integrante de las estrategias de enseñanza de las ciencias:

- Comprensión del área de conocimiento de la cual fue extraído el problema, es decir, la existencia de un dominio de conocimiento.
- El modelo de resolución deberá ayudar al alumno a plantear hipótesis, así como también a diseñar e implementar estrategias o experimentos que le permitan corroborar o improbar dichas hipótesis.
- La comprobación de la solución constituye la fase final del proceso de solución.
- Los problemas seleccionados deben ser tomados de una situación natural.

### ¿Por qué la resolución de problemas como estrategia de enseñanza?

Al igual que existen diversas explicaciones que el ser humano ha construido para explicarse el mundo, también en el campo de las situaciones que le generan dificultades hay diferentes ámbitos en los cuales se presentan problemas. Así, por ejemplo, en la cotidianidad, el tipo de situaciones que se deben afrontar corresponde a un grado de reflexión que puede ser diferente a aquel que resulta de la actividad intelectual o de la aplicación práctica profesional.

Richard Felder, docente de ingeniería y líder en reformas educativas, dice:

Durante toda mi educación como ingeniero, nunca nadie mencionó lo siguiente: algunos problemas NO tienen soluciones únicas. Algunos problemas NO tienen solución alguna. Los problemas en la vida, a diferencia de los problemas en la universidad, no vienen empacados con la información y herramientas exactas para resolverlos, algunos vienen más que definidos y otros vienen sin definir. Los problemas en la vida, a diferencia de los problemas en la universidad, son abiertos no cerrados... La educación del ingeniero no ha cambiado mucho desde que yo era estudiante. Todavía requerimos de nuestros estudiantes pensamiento convergente. La base de nuestra enseñanza es el método de solución de problemas, preciso, definido, cerrado, y solo con una, y solamente una, solución posible. Nos molesta cuando los estudiantes generan respuestas diferentes a las que tenemos en mente... nos confunde en la corrección. Cuando nuestros estudiantes salen con ideas geniales, nuestro impulso es demostrarles que están equivocados, ellos y sus ideas (Felder y Silverman, 1988).

Y agrega que mientras no se enseñen (y se valoren) métodos de solución de problemas más allá de los existentes, no tendremos ingenieros flexibles, "ingenieros científicos".

Al revisar la literatura existente, se han encontrado concepciones y clasificaciones muy diversas sobre lo que es el problema. Siguiendo a Frazer (1982), la resolución de problemas es un proceso que utiliza el conocimiento de una disciplina, sus técnicas y habilidades en esta para salvar el espacio existente entre el problema y su solución, y establece una diferencia entre problemas artificiales y problemas reales.

El *problema artificial* es aquel cuya solución es conocida por la persona que lo ha presentado (el docente o el autor del libro de texto). Este tipo de problemas pueden clasificarse, en función de la naturaleza de la solución, como problemas cerrados,

con una solución única, y problemas abiertos, con un número variable de soluciones. El *problema real* es aquel para el cual no se conoce la solución, e incluso puede que esta no exista. En consecuencia, la categoría "problemas verdaderos" de Garrett (1988), corresponde a la de "problemas reales" presentada por Frazer. Sin embargo, este último establece, para los problemas reales, dos subcategorías: la de problemas reales con objetivo dirigido y sin este, en función de que estén o no encaminados a resolver algún aspecto concreto de interés científico, tecnológico o social.

### ¿Por qué una estrategia de enseñanza centrada en la resolución de problemas?

Murphy y Gott (1990) han analizado el proceso de resolución seguido por alumnos de trece y quince años de edad, respectivamente, y han identificado una serie de etapas comunes en el proceso. Esto los ha llevado a la construcción del modelo cíclico de resolución de problemas, que comprende las siguientes etapas: problema (definición e identificación) y formulación (en forma abierta, decidiendo qué se va a medir); diseño de un experimento (estableciendo condiciones); desarrollo del experimento (utilizando aparatos, realizando medidas y observaciones); recolección de datos (en tablas, gráficos, etc.); interpretación de datos obtenidos y extracción de conclusiones; evaluación (de resultados, métodos) y solución (respuesta).

El modelo cíclico es un proceso reiterativo que implica que el alumno realiza una evaluación, a distintos niveles, durante la búsqueda de la solución. Esto le permite rechazar algunas de sus

conclusiones y tomar nuevas decisiones. El modelo aproxima el proceso de investigación científica a la resolución de problemas en el aula, contemplando el aprendizaje como un proceso discontinuo de construcción y comprobación de hipótesis. En función de las hipótesis comprobadas, la persona que resuelve el problema intenta crear una secuencia de actuaciones que seguirá hasta que esta resulte apropiada para lograr la solución. La secuencia creada mediará entre el estímulo (el problema) y la respuesta (la solución). Esta visión de aprendizaje se opone a la concepción asociacionista de la teoría de la continuidad, pudiendo resultar apropiada para describir el proceso de pensamiento que tiene lugar en el periodo piagetiano de “operaciones formales”.

Sigüenza y Sáez (1990) manifiestan que en la práctica educativa, con frecuencia, pueden presentarse fundamentalmente dos tipos de aproximación del estudiante a los problemas: a) en muchos casos, los problemas son definidos exclusivamente por el docente, y b) su enunciado figura en un libro de texto. Sin embargo, existe un tercer tipo de acercamiento, aunque menos usual para ser tomado como lo más generalizado en educación: el alumno, dirigido por el docente, puede participar en la definición del problema. A juicio del equipo investigador, una estrategia de enseñanza basada en la resolución de problemas debería contemplar la redefinición del problema en el aula. De hecho, desde hace algunos años existen programas de educación general básica que contemplan la definición del problema y la resolución de este como componentes básicos de la estrategia de enseñanza de las ciencias naturales. Por ejemplo, el programa *Elementary Science Syllabus*, desarrollado por el Departamento de Educación del Estado de Nueva York para impartir enseñanza en el

área de ciencias naturales desde la edad de cuatro años, propone un modelo de definición y resolución de problemas esquematizado en tres etapas: la primera, de definición del problema (a través de un proceso que se inicia partiendo de una experiencia y que concluye con la formulación de unas preguntas); la segunda, de proceso de resolución (que incluye acciones de planeación, obtención de datos, organización de datos, análisis de datos, generalización y síntesis a partir de los datos y toma de decisiones); la tercera etapa es la solución (la respuesta a las preguntas).

Este modelo de resolución, aunque puede ser aplicado por los alumnos desde los cuatro años de edad, resulta especialmente apropiado en el periodo piagetiano de “operaciones concretas” (de siete a once años de edad). Superada esta etapa, la estructura cognitiva del alumno permite el uso de los modelos de destrezas y la experiencia de cada uno influirá en la estrategia de resolución, surgiendo en ellos distintas formas de alcanzar la solución.

### ¿Qué es enseñar con la estrategia de resolución de problemas?

Una corriente importante de la investigación sobre resolución de problemas ha considerado, como objeto principal, el proceso mismo de la resolución de problemas. Muchos autores, por ejemplo, Ashmore *et al.* (1979), Wallas (1926), Polya (1957) y Duncker (1945) (citados en Mayer, 1986), subdividen el proceso de resolver un problema en varias etapas. En una primera etapa, hay que hacer un análisis del enunciado buscando comprenderlo, determinando la información de que se dispone, buscando cuál es la

pregunta, etc. Luego el proceso debe considerar los conocimientos relevantes, asociar el problema a las experiencias previas, identificar los factores clave, planear rutas de solución, reordenar y transformar los elementos en busca de un patrón. En una tercera etapa, se procede a llevar a cabo las estrategias propuestas, comprobando su efectividad y relevancia durante el proceso. Finalmente, una vez lograda una respuesta o una solución es indispensable verificar su validez, su coherencia con los conocimientos y con la metodología considerada, su razonabilidad.

Esta línea de investigación ha dado origen a un tratamiento algorítmico de la resolución de problemas, de la cual la propuesta de Mettes, Pilot, Roosink y Kramers-Pals (1980) es un buen ejemplo. La metodología general para resolver problemas se basa en el planteamiento de un "programa de acciones y métodos", el cual es una serie de instrucciones que se deben seguir secuencialmente en el proceso de resolución, destacando el papel de las conexiones entre los elementos individuales del problema y la solución.

Una segunda línea de investigación plantea la resolución de problemas como la identificación de patrones empíricos a partir de los procedimientos que utilizan los expertos para resolver problemas (Furió, Iturbe y Reyes, 1994). Teniendo en cuenta las diferencias en conocimientos y pericia como efecto de la práctica acumulada en un área específica del conocimiento, se analiza la evolución de novatos a expertos a través de cambios estructurales, y no solo de contenidos. Se plantean dos niveles de reestructuración, el débil y el fuerte: el primero tiene que ver con la producción de nuevos conceptos, pero conservando un núcleo de conceptos comunes entre la teoría inicial y la teoría

desarrollada, donde realmente no ha ocurrido un cambio conceptual, según Carey (1985) (citado en Pozo, 1989). En el segundo nivel, el fuerte, se modifica el significado de todos los conceptos: ha ocurrido un verdadero cambio conceptual. Este tipo de reestructuración concuerda con la epistemología de la ciencia de Lakatos (1989).

Son varios los autores que han aportado a esta intención formativa. Así, encontramos que Frazer (1982) considera que la resolución de problemas constituye un proceso en el cual se utiliza el conocimiento de una determinada disciplina, así como las técnicas y habilidades de esta para salvar la brecha existente entre un problema y su solución. Por su parte, Kempa (1986) considera que la resolución de problemas constituye un proceso mediante el cual se elabora la información en el cerebro del sujeto que los resuelve; de manera complementaria, Novak y Gowin (1988) plantean que la resolución de problemas implica además la reorganización de la información almacenada en la estructura cognoscitiva de la persona que lo resuelve, es decir, que hay aprendizaje al modificarla. Como resultado de todo lo anterior, se han presentado diferentes propuestas de modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias basados en la resolución de problemas, en cualquiera de sus enfoques.

### **La resolución de problemas como actividad de investigación**

Las diferentes corrientes epistemológicas (Kuhn, 1962 [publicado en español en 1971]; Popper, 1991; Toulmin, 1977) señalan la importancia del problema como motor del desarrollo

científico. Desde este punto de vista, la resolución de problemas es la actividad científica por excelencia. El trabajo científico, visto de un modo global y colectivo, puede caracterizarse como *un proceso de resolución de problemas en el que —por supuesto, a partir de los conocimientos de los que se dispone, y actitudes, intereses, etc.— se inventan posibles respuestas, a modo de hipótesis, de tentativas, que requieren contrastación posterior.*

En este orden de ideas, Gil y Martínez-Torregrosa (1983) proponen la consideración de la resolución de problemas como una actividad investigativa, que emula los procesos realizados por los científicos en su trabajo cotidiano, recoge varios de los elementos de las propuestas anteriores y trata de dar respuesta a la falta de resultados en el campo educativo que ellas han producido. Los aspectos esenciales de la propuesta pueden resumirse en los siguientes puntos (Gil, Carrascosa, Furió y Martínez-Torregrosa, 1991):

- Discusión del interés de la situación problemática, con el fin de generar una actitud positiva y de permitir establecer las conexiones ciencia-tecnología-sociedad, con lo cual el problema puede vincularse con los conocimientos previos del estudiante y volverse significativo.
- Estudio cualitativo de la situación para acotar y definir de manera precisa el problema, identificando las condiciones determinantes.
- Emisión de hipótesis fundadas sobre las diferentes variables que influyen en la magnitud de interés, las formas de esa influencia y los casos especiales resultantes de situaciones límite o de simplificaciones que puedan ser

introducidas. Elaboración de posibles estrategias de resolución antes de proceder a ella. Esta actividad busca realizar una contrastación rigurosa de las hipótesis emitidas y asegurar su coherencia con los conocimientos del dominio correspondiente.

Desde esta propuesta, para organizar la estructura de los temas y los cursos, es necesario identificar algunos de los problemas que están en el origen de las teorías que queremos que pasen a formar parte de los conocimientos de nuestros alumnos, discutir la relevancia de los mismos y planificar una estrategia que permita avanzar en la solución a los problemas planteados, en un ambiente hipotético deductivo que suministre oportunidades para la apropiación de la epistemología científica.

Realizar esta tarea requiere que el docente (mucho mejor, el equipo de docentes e investigadores) disponga de un conocimiento profundo de la materia a tratar, tal como señalaba Gil (1991), entendiéndolo por ello un conocimiento problematizado, consciente de cuáles fueron los problemas que están en el origen de los conocimientos en un determinado campo, cómo se ha llegado hasta ahí, cuáles fueron las dificultades que hubo que superar, las ideas que permitieron avanzar, el contexto social y las repercusiones tecnológicas que tuvieron y tienen los estudios en dicho campo, etc. En general, adquirir dicha formación exige un estudio histórico y epistemológico del campo a tratar, pero —y esto es fundamental— realizado con *intencionalidad didáctica*, para que su estudio sea útil y factible para los estudiantes implicados.

Este estudio está dirigido, en definitiva, al diseño de una estructura del curso que permita a los estudiantes, con el apoyo del docente, enfrentarse a situaciones problemáticas de interés, poniendo en juego buena parte de los procesos de producción y validación de los conocimientos científicos. Más concretamente, ello supone:

- Plantear, en el inicio del curso —y, en su caso, de los grandes bloques o temas que lo compongan— situaciones problemáticas que —inspirándose en las que, desde el punto de vista histórico y epistemológico, están en el origen de los conocimientos implicados— sirvan de punto de partida para el trabajo de los estudiantes. Por supuesto, debe prestarse atención explícita a que los alumnos se apropien del o los problemas, a que tomen conciencia de su interés como condición necesaria para su implicación en la tarea.
- Diseñar la secuenciación de los temas del curso con una lógica problematizada, es decir, como una posible estrategia para avanzar en la solución a las grandes preguntas iniciales. Esto da lugar a un hilo conductor en el que cada tema se convierte en un problema más concreto, cuya solución permite avanzar en el problema inicial, al mismo tiempo que puede generar nuevos problemas, incrementándose así las relaciones entre los distintos temas.
- Organizar el índice de cada uno de los temas-problema de forma que responda igualmente a una posible estrategia para avanzar en su solución, es decir, a un *plan de investigación* diseñado por el docente —o, mejor, por equipos de docentes—. En este sentido, la estructura o secuencia de apartados

del tema debe estar ligada intencional y lógicamente con la problematización inicial. La estructura de los temas no está guiada, por tanto, como es habitual, por los conceptos fundamentales, sino por un intento de plantear y avanzar en problemas fundamentales. De este modo, los conceptos son introducidos funcionalmente como parte del proceso de tratamiento de los problemas planteados y de unificación de campos inicialmente inconexos. Si el conocimiento científico es fruto de un intento de responder preguntas, ¿por qué pretender que los alumnos aprendan respuestas sin conocer las preguntas a las que responden? (Otero, 1985).

- En este contexto de resolución de problemas, los conceptos y modelos se introducen, por los alumnos y el docente, como tentativas, como hipótesis fundadas que deben ser puestas a prueba, tanto a través de su capacidad predictiva en situaciones de laboratorio y en el abordaje de situaciones problemáticas abiertas concretas —que requieren una modelación basada en los mismos (contexto de resolución de problemas, incluyendo la toma de decisiones en situaciones de interés social)— como a través del establecimiento de su coherencia con la globalidad de los conocimientos ya establecidos por investigaciones precedentes. La realización de ejercicios, los trabajos prácticos y la resolución de problemas se integran con sentido, junto con la introducción de conceptos y sus relaciones, dentro de la estructura de investigación (Martínez-Torregrosa, Doménech y Verdú, 1993) (Gil, Carrascosa, Dumas-Carré, Furió, Gallego, Gené, González *et al.*, 1999).

- Prever, algo que consideramos esencial, la realización de recapitulaciones periódicas —recapitulaciones problematizadas— sobre lo que se ha avanzado en la solución del problema planteado, los obstáculos superados y lo que queda por hacer, prestando así especial atención a la regulación y orientación de los alumnos en el desarrollo de la investigación. La estructura problematizada favorece que la evaluación sea percibida como recapitulación de la empresa científica, como una ayuda para el avance del plan de investigación.

Todo ello constituye una forma de trabajo en el aula que favorece la explicitación de las propias ideas y su confrontación con las de otros, en un ambiente hipotético-deductivo rico en episodios de argumentación y justificación, tan importantes para el aprendizaje de conocimientos científicos (Driver, Newton y Osborne, 2000). Se pretende así, en definitiva, crear un ambiente que favorezca simultáneamente la implicación afectiva y la racionalidad científica de todos los involucrados (docente y alumnos) en la resolución de los problemas. Por supuesto, ello exige una cuidadosa planificación de la tarea por el docente, mediante programas de investigación (programas de actividades debidamente engarzadas) y dejar tiempo en el aula para que los alumnos piensen, argumenten y refuten.

## La construcción de problemas para la clase

La resolución de problemas se basa en el planteamiento de situaciones abiertas y sugerentes que exijan de los alumnos una actitud activa y un esfuerzo por buscar sus propias respuestas, su propio conocimiento.

### ¿Cómo preparar la clase bajo el enfoque de resolución de problemas?

Para planificar la clase, los docentes japoneses, usualmente, identifican una situación preliminar que los alumnos pueden resolver con sus conocimientos previos y una situación asociada, algo más compleja, que no pueden resolver de manera inmediata por estar asociada, a la vez, a un conocimiento no adquirido previamente. Sin embargo, en la resolución del nuevo problema el alumno es desafiado a poner en juego las estrategias, de manera más generalizada, usadas para la resolución del problema inicial.

El desafío propuesto es una herramienta para cultivar en los alumnos el pensamiento inductivo que les permita, por ejemplo,



explicar regularidades. En el planeamiento de este proceso, que favorece el desarrollo de variadas formas de pensamiento, el docente o el grupo de docentes idean preguntas para los alumnos, como por ejemplo, ¿por qué resulta?, ¿funcionará en otros casos? Así, el docente favorece el desarrollo del pensamiento deductivo en los alumnos, mientras están construyendo un nuevo conocimiento.

El desafío propuesto pone al alumno en conflicto, se encuentra ante una situación que en su expresión simple es capaz de resolver, pero ahora no. El alumno se ve obligado a volcar su pensamiento hacia sus propias capacidades, a la extensión de sus conocimientos, a la reconceptualización de sus ideas. Se ve en la necesidad de disponer de nuevos procedimientos para resolver una gama más amplia de situaciones. El alumno ha sido desafiado a asumir la responsabilidad de su aprendizaje.

### La clase centrada en la resolución de problemas

La clase ha de entenderse como un proceso, y el problema, como un vacío o diferencia entre un estado actual y uno esperado. El proceso consiste en que el alumno pasa del estado inicial al deseado recurriendo a elaboraciones personales.

Durante la clase se espera que el alumno, por iniciativa propia o por efecto de la comunicación con sus pares, avance en la construcción de conocimientos, la extensión de saberes y la superación de los conflictos. Por ende, la tarea del docente es disponer de recursos para que el proceso fluya y los alumnos avancen hacia la consecución de la meta: ganar comprensión, disponer de técnicas de mayor alcance, extender los significados a nuevos ámbitos, desarrollar procesos de pensamiento.

El problema o la pregunta de la clase se construye usualmente en el contexto de los contenidos del currículo, de modo que la exposición de los alumnos a estas situaciones problemáticas, que contribuyen al desarrollo de sus formas de pensar inductivas, deductivas o analógicas, ayuden también: a) a la comprensión, profundización, extensión y procedimentalización de conceptos; b) al desarrollo de distintas formas de representación, y c) al desarrollo de distintas formas de comunicación, explicación, argumentación, provisión de ejemplos y contra ejemplos, declaración de condicionales del tipo "si... entonces" y "si no", y a la provisión de conjeturas, entre otras.

El problema propuesto para la clase debe tener un alcance limitado, de modo que sea posible avanzar en la consecución de la meta en el lapso de los 45 minutos disponibles en la sesión y dentro del rango de la capacidad de concentración de los alumnos. Los procesos de búsqueda no debieran sobrepasar los 20 minutos; lo contrario será inadecuado para mantener a los alumnos concentrados. Se tendrá en mente una actividad en la que todos los alumnos se sientan participando y en la que atiendan los objetivos.

El docente anticipará su rol durante la clase, tendrá decidido cómo presentará el problema a los alumnos, el contexto y el diálogo a tener con ellos. El docente también anticipará las posibles formas de pensar de los alumnos: ¿cómo ellos podrían estar abordando el problema?, ¿qué dificultades podrían tener?, ¿frente a qué obstáculos podrían estar detenidos?, ¿qué podrían estar aprendiendo en el proceso?

La pregunta central de la clase puede estar vinculada a una secuencia de preguntas que haga fluir la sesión hacia procesos de pensamiento de nivel superior. Siendo conveniente partir con

una situación que ponga en juego los conocimientos ya adquiridos por los alumnos, es deseable que la actividad provoque en todos los estudiantes una sensación de éxito y capacidad para abordar la próxima tarea.

En la preparación del problema, el docente habrá de figurarse cómo lo va a abordar el alumno: ¿cuánto avanzará?, ¿qué hará en la clase el alumno que ya alcanzó la respuesta o la sabía de antemano?, ¿cómo evitará que algunos alumnos se aburran? O ¿cómo atenderá a los alumnos que están quedando atrás?

El docente deberá preguntarse por el sentimiento que desarrolla el alumno que siempre tiene dificultades. Y, en consecuencia, deberá desarrollar preguntas complementarias, material concreto y formas de representación alternativas para poder gestionar la clase, de modo que la mayoría, si no todos los alumnos, se sientan partícipes y avancen en su comprensión.

La pregunta central estará inmersa en una situación problema que favorezca la comprensión del alumno y que lleve a que surja en él la necesidad de buscar la respuesta al problema. El tema debe llegar a ser familiar para el alumno y las tareas requeridas deben ser comprendidas por él. El docente debe imaginar las distintas respuestas parciales o completas de los alumnos y debe desarrollar ideas para conducirlos a una integración.

El docente dispondrá de un repertorio de preguntas complementarias o metapreguntas que le permitan conducir la clase de modo que los alumnos profundicen en el contenido: ¿cuál es su respuesta?, ¿cuántas maneras puede encontrar que lleven a la solución? y que conduzcan a los alumnos hacia nuevas formas de pensamiento: ¿en qué difiere la forma en que lo hizo tu compañero?

Además, el docente debiera reflexionar acerca de las posibles estrategias de enseñanza a tener en cuenta: ¿qué se podría enseñar a los alumnos a partir de esta situación?, ¿qué tipo de preguntas se podrían formular y en qué momento sería más apropiado formularlas? El docente ha de preguntarse cómo puede optimizar el proceso, y podría cuestionarse sobre qué otros procesos podrían llevar a los estudiantes hacia adelante.

## La evaluación del aprendizaje en la clase centrada en la resolución de problemas

Utilizar la resolución de problemas como estrategia didáctica implica tomar la responsabilidad de otras formas de evaluación. Los docentes buscan diferentes alternativas de evaluación que, además de evaluar, sean un instrumento más del proceso de aprendizaje de los alumnos.

El uso exámenes convencionales, cuando se ha expuesto a los alumnos a una experiencia de aprendizaje activo, genera en ellos confusión y frustración. Por lo anterior, se espera que la evaluación se pueda realizar cubriendo, al menos, los siguientes aspectos:

- Según los resultados del aprendizaje de contenidos.
- Según el conocimiento que el alumno aporta al proceso de razonamiento grupal.
- De acuerdo con las interacciones personales del alumno con los demás miembros del grupo.

Los alumnos deben tener la posibilidad de:

- Evaluarse a sí mismos.
- Evaluar a los compañeros.
- Evaluar al docente.
- Evaluar el proceso de trabajo del grupo y sus resultados.

### ¿Cuál es el propósito de la evaluación?

El propósito de estas evaluaciones es proveer al alumno de retroalimentación específica de sus fortalezas y debilidades, de tal modo que pueda aprovechar posibilidades y rectificar las deficiencias identificadas.

La retroalimentación juega aquí un papel fundamental, debe hacerse de manera regular y es una responsabilidad del docente. La retroalimentación no debe tener un sentido positivo o negativo, más bien debe tener un propósito descriptivo, identificando y aprovechando todas las áreas de mejora posibles.

### ¿Qué áreas pueden ser evaluadas?

A continuación se presentan algunas sugerencias sobre las áreas que pueden ser evaluadas, en el alumno, por el docente y los integrantes del grupo:

- *Preparación para la sesión:* utiliza material relevante durante la sesión, aplica conocimientos previos, demuestra iniciativa, curiosidad y organización. Muestra evidencia de su preparación para las sesiones de trabajo en grupo.

- *Participación y contribuciones al trabajo del grupo:* participa de manera constructiva y apoya al proceso del grupo. Tiene además la capacidad de dar y aceptar retroalimentación constructiva, y contribuye a estimular el trabajo colaborativo.
- *Habilidades interpersonales y comportamiento profesional:* muestra habilidad para comunicarse con los compañeros, escucha y atiende las diferentes aportaciones, es respetuoso y ordenado en su participación, es colaborativo y responsable.
- *Contribuciones al proceso de grupo:* apoya el trabajo del grupo, colaborando con sus compañeros y aportando ideas e información recabada por él mismo. Estimula la participación de los compañeros y reconoce sus aportaciones.
- *Actitudes y habilidades humanas:* está consciente de las fuerzas y limitaciones personales, escucha las opiniones de los demás, tolera los defectos de los demás y estimula el desarrollo de sus compañeros.
- *Evaluación crítica:* clarifica, define y analiza el problema, es capaz de generar y probar una hipótesis, identifica los objetivos de aprendizaje.

Como se ha visto, el proceso de enseñanza-aprendizaje es diferente en la resolución de problemas a un proceso de enseñanza convencional. Por lo anterior, la evaluación del alumno en la resolución de problemas se convierte en un dilema para el docente. Más que centrarse sobre hechos, en la resolución de problemas se fomenta un aprendizaje activo y un autoaprendizaje, por lo que los estudiantes definen sus propias tareas de aprendizaje. Los múltiples propósitos de la resolución de problemas

traen, como consecuencia, la necesidad de una variedad de técnicas de evaluación.

### ¿Qué formas de evaluación se pueden aplicar?

A continuación se describen brevemente algunas formas de evaluación que se aplican en el proceso de resolución de problemas.

- *Exámenes escritos*: pueden ser aplicados a libro cerrado o a libro abierto. Las preguntas deben ser diseñadas para garantizar la transferencia de habilidades a problemas o temas similares.
- *Exámenes prácticos*: son utilizados para garantizar que los alumnos son capaces de aplicar habilidades aprendidas durante el curso.
- *Mapas conceptuales*: los alumnos representan su conocimiento y crecimiento cognitivo a través de la creación de relaciones lógicas entre los conceptos y su representación gráfica.
- *Evaluación del compañero*: se le proporciona al alumno una guía de categorías de evaluación que le ayuda en el proceso de evaluación del compañero. Este proceso también enfatiza el ambiente cooperativo de la resolución de problemas.
- *Autoevaluación*: permite al alumno pensar cuidadosamente acerca de lo que sabe, de lo que no sabe y de lo que necesita saber para cumplir determinadas tareas.
- *Evaluación al docente*: consiste en retroalimentar al docente acerca de la manera en que participó con el grupo. Puede ser dada por el grupo o por un observador externo.

- *Presentación oral*: la resolución de problemas proporciona a los alumnos una oportunidad para practicar sus habilidades de comunicación. Las presentaciones orales son el medio por el cual se pueden observar estas habilidades.
- *Reportes escritos*: permiten a los alumnos practicar la comunicación por escrito.

## **Visión científica de la resolución de problemas**

### **La resolución de problemas en el marco de la investigación-acción**

*La investigación-acción es la investigación de los profesionales en ejercicio para resolver sus propios problemas y mejorar su práctica.*

J. McKernan, 2001

Los primeros defensores de la investigación-acción (Lippitt y Radke, 1946; Lewin, 1947; Corey, 1953; Taba y Noel, 1957) se valieron del método de resolución de problemas:

El desarrollo de los proyectos de investigación-acción tiene que avanzar por ciertos pasos que están indicados en parte por los requisitos de un proceso de investigación ordenado, en parte por el hecho de que los investigadores aprenden mientras avanzan, y en parte porque, esencialmente, está indicado un proceso inductivo (Taba y Noel, 1957, p. 12).

La teoría implícita de investigación y acción reflexiva desarrollada por Dewey (1910, publicado en español en 1989) iban

a aplicarla varios de los que se dedican a resolver problemas sociales. Debemos recordar que la inclinación a teorizar y construir modelos conceptuales-gráficos es un fenómeno moderno en la educación, aunque, sin duda, debe mucho a sus orígenes científicos.

Lewin y su grupo de investigadores contribuyeron enormemente a un modelo específico de investigación-acción que Lewin preparó para su publicación (Lewin, 1947) poco antes de su muerte. Estaba claro, en esta etapa, que diversos investigadores conductistas habían empleado un enfoque científico para el estudio de los complicados problemas del currículum, por ejemplo, el progresista Eight Year Study y el Southern Study. Sin embargo, nadie había ilustrado este proceso gráficamente hasta que Lewin lo hizo en 1947.

### La investigación-acción en la práctica educativa

La investigación-acción se encuentra ubicada en la metodología de investigación orientada a la práctica educativa. Desde esta perspectiva, la finalidad esencial de la investigación no es la acumulación de conocimientos sobre la enseñanza o la comprensión de la realidad educativa, sino, fundamentalmente, aportar información que guíe la toma de decisiones y los procesos de cambio para la mejora de la misma. Justamente el objetivo prioritario de la investigación-acción consiste en mejorar en vez de generar conocimientos; así, la producción y la utilización del conocimiento se subordina a este objetivo fundamental y está condicionada por él (Elliott, 1993).

Aunque algunos autores señalan que no hay un solo marco ideológico para la investigación-acción (Goyette y Lessard-Hébert, 1988), sino que existen diversos lenguajes epistemológicos en los que pueden fundamentar sus prácticas, la mayoría coincide en situarla en los enfoques interpretativo y crítico. En la investigación-acción predominan estos enfoques, pues se pretende, fundamentalmente, propiciar el cambio social, transformar la realidad y que las personas tomen conciencia de su papel en ese proceso de transformación.

En este enfoque son de obligada mención los proyectos que, con una orientación eminentemente práctica, se desarrollaron durante los años setenta en Gran Bretaña, en torno a la reforma del currículum. Esta corriente ha sido recogida en los trabajos de John Elliott y sus colaboradores y, en general, por el Center for Applied Research in Education (CARE) de la Universidad de East Anglia. A mediados de los años ochenta, la obra de Wilfred Carr y Stephen Kemmis, *Teoría crítica de la enseñanza*, que resituó la investigación-acción en una perspectiva más crítica, causó una profunda impresión en los medios educativos.

En realidad, la investigación-acción, el hecho de comenzar a plantearse la relación entre lo real y lo posible, en la educación o en la vida social, significa haberse embarcado ya en un proyecto crítico:

Significa darse cuenta de que las clases, la escuelas y la sociedad de hoy son resultado de un proceso de formación social e histórica y que, para lograr una forma diferente de clases, escuelas o sociedades, debemos emprender un proceso de reforma o transformación: una lucha por una reforma (Kemmis y McTaggart, 1988, pp. 39-40).

Esta conceptualización de la investigación-acción desde una visión emancipadora y crítica es la que S. Kemmis, W. Carr y el equipo de la Universidad de Deakin, en Australia, han venido desarrollando desde los años ochenta, a la luz de las aportaciones de la escuela de Frankfurt, y especialmente de la teoría crítica de Habermas. Desde esta perspectiva, la investigación-acción es considerada como una ciencia educativa crítica.

Una ciencia educativa crítica atribuye a la reforma educacional los predicados de participativa y colaborativa; plantea una reforma de investigación educativa concebida como análisis crítico que se encamina a la transformación de las prácticas educativas, de los entendimientos educativos y de los valores educativos de las personas que intervienen en el proceso, así como de las estructuras sociales e institucionales que definen el marco de actuación de dichas personas (Carr y Kemmis, 1988, p. 168).

Las orientaciones señaladas, la práctica y la crítica, aun a riesgo de simplificar, recogen dos opciones de investigación-acción, que si bien formalmente pueden presentar similitudes, difieren sustancialmente en las hipótesis de partida epistemológicas, políticas y culturales. A continuación señalamos brevemente las diferencias entre ambas perspectivas (Bonaf, 1994).

*En el nivel epistemológico.* Para la investigación-acción práctica no existe la búsqueda de la verdad de los fenómenos. El conocimiento se construye por medio de la práctica, y no está fuera de los propios actores. Es en el modo en que nos aproximamos a la realidad para reflexionar sobre ella donde se hallan las condiciones para acceder a un nuevo conocimiento y para mejorar la práctica educativa. Para la investigación-acción crítica, en

cambio, el acceso al verdadero conocimiento solamente puede tener lugar a través de la crítica a las distorsiones de la realidad que están incorporadas en las visiones de los actores sociales.

*En el nivel político.* Como consecuencia de lo anterior, existen diferencias en la identificación de lo que es y lo que no es un problema educativo. Al no existir verdades absolutas, los problemas educativos lo son en la medida en que afectan a la práctica cotidiana del docente.

*En la resolución de problemas.* Para la investigación-acción práctica, es más importante que el colectivo de docentes adquiera la racionalidad científica para resolver los problemas educativos que el hecho de que un problema educativo quede efectivamente resuelto. Para la investigación-acción crítica, en cambio, si no existe un proceso de autocrítica y de identificación de las distorsiones incorporadas en las interpretaciones de los propios docentes, la reflexión sobre la acción puede seguir reproduciendo las desigualdades sociales y culturales, ya que no se accederá a un cuestionamiento en profundidad de las contradicciones subyacentes a la práctica educativa.

*En el nivel metodológico.* Lo expuesto anteriormente conlleva diferencias metodológicas entre ambos enfoques, fundamentalmente, en el tiempo de relación y en la definición de roles entre los agentes internos de la institución y el agente externo, como facilitador o dinamizador de la investigación-acción. En la investigación-acción práctica, el agente externo cumple una función de gestor del proceso de cambio. Dinamiza el grupo en cada etapa del proceso sin aportar mayor información que la que genera el propio grupo de trabajo. Es un papel estrictamente metodológico. El agente externo, en la investigación-acción



crítica, actúa proporcionando al grupo instrumentos para desvelar las distorsiones subyacentes en sus interpretaciones. Con este objetivo, conduce al grupo hacia la identificación de contradicciones entre teoría y práctica que pueden ser limitadoras del cambio educativo.

### Concepción de la investigación-acción

Lo anterior nos permite acercarnos ahora a una conceptualización de la investigación-acción. Algunas de las definiciones más representativas son:

Corey (1953) concibe la investigación-acción como “el proceso por el cual los prácticos intentan estudiar sus problemas científicamente con el fin de guiar, corregir y evaluar sistemáticamente sus decisiones y sus acciones” (p. 6).

Carr y Kemmis (1988) definen la investigación-acción como “una forma de indagación autoreflexiva que emprenden los participantes en situaciones sociales en orden a mejorar la racionalidad y la justicia de sus propias prácticas, su entendimiento de las mismas y las situaciones dentro de las cuales ellas tienen lugar” (p. 174).

Elliott (1999) plantea la investigación-acción como

El estudio de una situación social para tratar de mejorar la calidad de la acción en la misma. Su objetivo consiste en proporcionar elementos que sirvan para facilitar el juicio práctico en situaciones concretas y la validez de las teorías e hipótesis que genera no depende tanto de pruebas científicas de verdad, sino de su utilidad para ayudar a las personas a actuar de modo más inteligente y acertado. En la investigación-acción, las teorías

no se validan de forma independiente para aplicarlas luego a la práctica, sino a través de la práctica (p. 88).

Cohen y Manion (1985) agrupan los propósitos de la investigación-acción educativa en cinco amplias categorías:

- Es un modo de remediar problemas diagnosticados en situaciones específicas o de mejorar en algún sentido una serie de circunstancias.
- Es un modo de preparación en formación permanente.
- Es un modo de inyectar enfoques nuevos o innovadores en la enseñanza y el aprendizaje.
- Es un medio para mejorar la comunicación y la relación entre prácticos e investigadores.
- Posibilita la resolución de problemas en el aula.

En resumen, la investigación-acción contribuye a la reflexión sistemática sobre la práctica social y educativa, con vistas a la mejora y al cambio, tanto personal como social. Unifica procesos considerados, a menudo, independientes; por ejemplo, la enseñanza, el desarrollo del currículum, la evaluación, la investigación educativa y el desarrollo profesional. Así pues, este tipo de investigación juega un papel esencial en todas aquellas áreas o ámbitos educativos que se deseen mejorar, transformar e innovar.

### Áreas de aplicación de la investigación-acción

- Estudios diagnósticos de necesidades educativas.
- Formación permanente del docente.

- Desarrollo curricular.
- Introducción de nuevas estrategias de enseñanza y aprendizaje.
- Evaluación de programas.
- Innovación educativa.
- Análisis institucional.
- Cambio de actitudes.

### Rasgos que caracterizan la investigación-acción

Las definiciones anteriores nos permiten introducir algunos de los aspectos clave que caracterizan la investigación-acción (Bar-tolomé, 1994; Pérez Serrano, 1990) como:

- Implica la transformación y mejora de una realidad educativa y social.
- Parte de la práctica, de problemas prácticos.
- Es una investigación que implica la colaboración de las personas.
- Implica una reflexión sistemática en la acción.
- Se realiza por las personas implicadas en la práctica que se investiga.
- El elemento de formación es esencial y fundamental en el proceso de investigación-acción.
- El proceso de investigación-acción se define o se caracteriza como una espiral de cambio.

La investigación-acción implica la transformación y mejora de una realidad educativa o social. Es en esta pretensión de contribuir a la mejora de la práctica donde se justifica la

investigación-acción, porque es este el factor clave de diferenciación respecto a la investigación convencional, preocupada por la acumulación de conocimiento. No obstante, no quiere decir que no haya preocupación por el conocimiento, pero nos referimos a un conocimiento que expresa grandes vinculaciones con la práctica.

La investigación-acción parte de la práctica, de problemas prácticos. Se trata de un tipo de investigación construida en y desde la realidad situacional, social, educativa y práctica de las personas implicadas en las preocupaciones, los problemas, las dificultades y las luchas que les afectan y forman parte de su experiencia cotidiana. Tiene como objetivo partir desde la óptica de quien vive el problema; por tanto, la práctica educativa es su objeto prioritario de investigación, y supone una visión contextual sobre el cambio social. La investigación-acción se ocupa de los problemas que ya no son los que puede resolver la investigación pura, son problemas que sienten y experimentan los propios protagonistas al llevar a cabo su trabajo. Se trata de problemas vinculados al contexto de cada grupo, barrio e institución educativa, problemas concretos a los que se les debe encontrar una solución práctica.

La investigación-acción es una indagación que implica la colaboración de las personas, y la solución de los problemas involucra siempre la adopción negociada de cursos de acción. La investigación-acción no se puede llevar a cabo de forma aislada, pues necesita de la implicación del grupo, de un mayor o menor número de personas que ha optado por una tarea de cambio y de mejora social de la realidad concreta en la que están insertas. Se orienta hacia la creación de grupos de reflexión autocríticos

que se implican en un proceso de transformación. Estas comunidades estudian el problema a investigar e inician una dinámica liberadora y emancipadora de los individuos implicados en ella.

La investigación-acción implica una reflexión sistemática en la acción. Desde el punto de vista metodológico, se concibe de un modo amplio y flexible, y pretende un rigor metodológico a través de la sistematicidad.

La investigación-acción integra el conocimiento y la acción. Rompe con la forma tradicional de entender las relaciones entre conocer y actuar. Pone en cuestionamiento la idea de que la forma racional de proceder en la práctica es aplicando el conocimiento disponible y que, por tanto, la auténtica investigación es la que se dirige a conocer una realidad o un fenómeno, mientras que la práctica se valdría de técnicas y recomendaciones que se deducen de aquel conocimiento. Contra esta idea, la investigación-acción convierte la práctica en objeto de investigación, de manera que conocer y actuar forman parte de un mismo proceso exploratorio: articula la actividad reflexiva y la acción transformadora, la innovación y la investigación.

La investigación-acción es realizada por las personas implicadas en la práctica que se investiga. La integración que plantea la investigación-acción entre conocer y actuar significa que son los propios implicados en la práctica quienes llevan necesariamente a cabo la investigación. No hay manera de entender el conocer y el actuar como parte de un mismo proceso de búsqueda o de plantearse lo problemático de la relación entre lo que hacemos y lo que pretendemos, si a la vez se sigue manteniendo la separación entre quien investiga y quien actúa.

El significado y el valor de lo que hacemos solo lo podemos transformar en la medida en que convertimos nuestras actuaciones y nuestras perspectivas en objeto de investigación. Por tanto, la investigación-acción no es el estudio de lo que otros hacen, sino el de nuestras propias prácticas. Así, la investigación-acción ofrece la posibilidad de superar el binomio teoría-práctica, docente-investigador. Desde esta perspectiva, la práctica y la teoría encuentran un espacio de diálogo común, de forma que el práctico se convierte en investigador, pues nadie mejor que las personas implicadas en una realidad pueden conocer los problemas que precisan solución.

El elemento de *formación* es esencial y fundamental en el proceso de investigación-acción. En la investigación-acción se contempla la necesidad de la investigación, la acción y la formación como tres elementos esenciales. No se debe desvirtuar un proceso de investigación-acción, como suele suceder en algunos casos, olvidando que la formación, y por tanto el desarrollo profesional, es un componente esencial que acompaña a los procesos de innovación y de reflexión.

Se suele utilizar el concepto de espiral de cambio para hacer referencia al proceso según el cual se van desarrollando las fases que constituyen un proyecto de investigación-acción. La característica fundamental de esta metodología es la naturaleza cíclica del proceso que se compone, siguiendo el modelo de Lewin, de cuatro fases: planificación, acción, observación y reflexión. La flexibilidad y dinamicidad en el desarrollo de una investigación-acción contrasta con la linealidad procesual de otras metodologías de investigación.

Existen diversas formas de presentar este proceso dinámico, en el que los participantes deben articular permanentemente las fases de planificación y de actuación con las de recogida de datos, evidencias de cambio y reflexión grupal sobre las informaciones recibidas. Pero todas ellas recogen el carácter cíclico, dinámico e interactivo de sus fases, que supone, siempre, la articulación entre la acción y la reflexión; entre la teoría y la práctica.

Vistos los aspectos clave que caracterizan la investigación-acción y recurriendo a la definición de investigación-acción que ofrece Escudero, se debe destacar que este método de investigación.

Es algo más, pues, que un conjunto de normas bien establecidas que prescriben técnicamente cómo hacer investigación educativa. Por el contrario, la investigación-acción se parece más a una idea general: una aspiración, un estilo y modo de estar en la enseñanza. Es un método de trabajo, no un procedimiento; una filosofía, no una técnica; un compromiso moral, ético, con la práctica de la educación, no una simple manera de hacer las cosas de otra manera (1987, p. 20).

Ciertamente, otra de las características fundamentales de la investigación-acción es su preocupación tanto por el proceso como por el producto. Es decir, no solo se pretende, a través del proceso, mejorar la práctica, sino que se considera que el camino a recorrer para conseguirlo es tan importante o más importante que el resultado final. El cambio es un proceso, no un producto (Kemmis y McTaggart, 1988).

## El proceso de investigación-acción

Existen diversas formas de concebir el proceso de investigación-acción. Sin embargo, la conceptualización más generalizada es entender dicho proceso como una espiral sucesiva de ciclos constituidos por varios pasos o momentos. El proceso de investigación-acción se caracteriza fundamentalmente por su carácter crítico, su flexibilidad e interactividad en todas las etapas o pasos del ciclo. Este modelo de espiral de ciclos consta de cuatro etapas:

- Clarificar y diagnosticar una situación problemática.
- Formular estrategias de acción para resolver el problema.
- Poner en práctica y evaluar las estrategias de acción.
- El resultado conduce a una nueva clarificación y diagnóstico de la situación problemática, iniciándose así la siguiente espiral.

En líneas generales, los diversos modos de planificar y desarrollar una investigación-acción siguen el modelo introducido por Kurt Lewin, aunque cada uno incide de forma especial en determinados aspectos, en función del concepto de investigación-acción que subyace a ellos y de su aplicación concreta.

Siguiendo las recomendaciones de diversos autores sobre cómo planificar y desarrollar un proceso de investigación-acción (Bartolomé, 1994; Elliott, 1993; Kemmis y McTaggart, 1988; Pérez Serrano, 1990), y retomando las etapas fundamentales propuestas por Lewin, se describen a continuación las actividades implicadas en el ciclo de investigación-acción en el ámbito socioeducativo:

## 1. Identificación de una preocupación temática y planteamiento del problema

Generalmente, el inicio de una investigación-acción supone una indagación reflexiva, por parte del grupo, acerca de su propia práctica, con el objetivo de identificar aquellas situaciones problemáticas que se desean cambiar, tarea que no siempre es fácil. Los problemas en la investigación-acción se pueden entender como una dificultad sentida o una carencia que el docente detecta en su práctica y que desearía cambiar o mejorar. El descubrimiento del problema puede surgir:

- De una reflexión del grupo sobre las necesidades sentidas.
- De la observación sistemática de un/a docente en su aula.
- A partir de entrevistas informales a alumnos o colegas.
- De la observación realizada por otro docente.
- A raíz de un informe o de documentos en los que se ofrece información sobre situaciones educativas que crean interrogantes.
- Examinando las diferencias entre la realidad de la práctica social y educativa, y una situación concreta y lo que se pretende que realmente sea. Detectando incoherencias o inconsistencia entre lo que pretendemos y lo que realmente ocurre.

Es necesario que la identificación de una preocupación temática y el planteamiento de un problema surjan de las necesidades sentidas y percibidas por el grupo, sean relevantes para las personas implicadas, los asuman como propios, que estén dispuestas a resolverlo, tengan aplicabilidad a corto plazo y que los resultados conduzcan a la mejora y el cambio. Se debe evitar

elegir problemas demasiado generales, quedarse en los síntomas o en problemas superficiales, así como elegir problemas demasiado técnicos o que estén más orientados a la producción de conocimiento que a la transformación de la práctica.

## 2. Elaboración de un plan de acción

El plan es acción organizada, y por definición, debe anticipar la acción. Identificada la preocupación temática, el grupo debe planificar una estrategia de actuación: se trata de decisiones prácticas y concretas acerca de qué debe hacerse, por parte de quién, cuándo y cómo hacerlo, con qué recursos se cuenta, cómo se repartirán las tareas entre los miembros del grupo, qué reuniones del equipo se deben a realizar y cómo se recogerán los datos.

Planificar es una acción flexible y abierta al cambio. Cualquier propuesta de acción que el grupo acuerde tras el periodo de reflexión inicial debe entenderse siempre en un sentido hipotético, puesto que solo su puesta en práctica y su análisis permitirán recoger evidencias del alcance y consecuencias de las acciones emprendidas. El plan general de acción debe contener los siguientes elementos:

- Un enunciado revisado de la idea general o preocupación temática que probablemente haya cambiado o haya sido clarificada mejor.
- Un enunciado de los factores que se pretende cambiar o modificar con el fin de mejorar la situación, y de las acciones que se emprenderán para ello.

- Un enunciado de las negociaciones realizadas o que se deben efectuar con otras personas antes de iniciar la acción.
- Un enunciado de los recursos que serán necesarios para emprender los cursos de acción previstos: materiales, aulas, técnicas, etc.

### **3. Desarrollo del plan y recogida de datos sobre su puesta en práctica**

En esta etapa, el grupo pone en práctica el plan de acción propuesto en la fase anterior. Consiste en poner en acción las ideas y supuestos planificados previamente. En ese sentido, la acción está guiada por la planificación, pero una acción críticamente informada no se haya completamente controlada por un plan. La acción tiene lugar en tiempo real y se enfrenta a limitaciones políticas, personales y materiales reales. Generalmente, el plan de acción contempla gran variedad de circunstancias y prevé otras, pero a veces estas cambian, modificando lo previsto.

### **4. Reflexión, interpretación de resultados. Replaneación**

No es suficiente realizar una descripción detallada de lo que acontece durante la puesta en marcha del plan de acción. El objetivo de la investigación-acción es comprender la realidad para transformarla: una comprensión profunda de lo que sucede y por qué sucede. Para ello es necesario reflexionar.

La reflexión pretende hallar el sentido de los procesos educativos, de los problemas que han surgido en la puesta en marcha del plan. Se reflexiona sobre el plan de acción, sobre todo

el proceso y sobre las acciones. Se contrasta lo planeado y lo realmente conseguido. Se reflexiona acerca de los cambios experimentados a nivel personal y grupal y sobre los efectos de cambio experimentados en la propia realidad educativa.

Una de las actividades importantes dentro de esta fase es la realización de un informe de investigación. La redacción del informe contribuye a sistematizar el proceso seguido, facilita la comunicación de los resultados y su utilización en futuros proyectos, así como el intercambio de experiencias con otros profesionales.

La elaboración del informe ayuda a las personas participantes en la investigación-acción y al grupo a sistematizar el proceso y a reflexionar sobre el sentido que la experiencia ha tenido para ellas, preguntándose: ¿qué incidencia ha tenido esta investigación para mí y para el grupo? ¿En qué hemos mejorado o cambiado? ¿Cómo y de qué manera ha incidido en la transformación de nuestra propia práctica y del entendimiento que poseemos de la misma? ¿Cómo actuaríamos en un futuro a la luz de los resultados obtenidos y del aprendizaje que hemos experimentado? Estas reflexiones constituirían el final de un ciclo de investigación-acción y significarían el posible inicio de una nueva espiral de cambio, entrando en la fase de replanificación.

### **Modalidades de investigación-acción**

Existen diversas modalidades y corrientes que inspiran los procesos de investigación y que generan distintos modelos de investigación-acción. Bartolomé (1994) presenta los diversos rostros que la investigación-acción ha adquirido a lo largo de su historia y que fundamentalmente son: la investigación participativa,

la investigación-acción práctica, relacionada básicamente con el movimiento de desarrollo curricular en Gran Bretaña, la investigación acción crítica y la investigación-acción cooperativa o colaborativa.

Latorre, Rincón y Arnal (1996), después de una revisión de la literatura sobre este tema, consideran dos grandes líneas: una basada en el modelo lewiniano y otra en la escuela inglesa. La tipología lewiniana se basa en los objetivos de la investigación y señala cuatro modalidades de investigación-acción: diagnóstica, participativa, empírica y experimental. La tipología de la escuela inglesa establece tres amplias modalidades de investigación-acción: técnica, práctica y crítica.

Por su parte, Pérez Serrano (1990) sintetiza las aportaciones y peculiaridades de los enfoques de investigación-acción que han emergido en torno a la corriente francesa (psicosociología, movimientos de renovación pedagógica, movimientos comunitarios y educación permanente), la corriente anglosajona (representada por autores como J. Elliott y L. Stenhouse), la corriente americana (primera generación, inspirada en el movimiento de la Escuela Nueva y la obra de Dewey; segunda generación, representada por Lewin, Corey e inspirada en los trabajos de Pablo Freire, entre otros; tercera generación, que representa la situación actual y que se caracteriza por un aumento creciente de las prácticas de investigación-acción) y la corriente australiana de orientación crítica.

## **Las experiencias de los docentes cuando trabajan con la estrategia de resolución de problemas**

Las secciones de este capítulo constituyen una experiencia concisa de los acercamientos de la investigación-acción a la resolución de problemas. La primera, "La resolución de problemas: una estrategia que permite a los ingenieros, como docentes, realizar cambios en sus concepciones y prácticas de enseñanza y aprendizaje", conduce al lector a identificar las concepciones de enseñanza y de aprendizaje de los ingenieros docentes universitarios y de algunos estudiantes de la Maestría en Docencia de la Universidad de La Salle, a analizar la coherencia entre ellas y a utilizar la resolución de problemas como estrategia de enseñanza con miras a propiciar los cambios necesarios. Esta investigación, llevada a cabo en 2007, fue financiada por la Universidad de La Salle (P. E. Oviedo fue el investigador principal; R. Gómez, C. Zapata, C. Ramírez, E. Suárez, M. Hernández, I. Montenegro, C. Escobar y J. Benítez, los coinvestigadores). La segunda sección, "Desarrollo de competencias investigativas en la formación de ingenieros a partir de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza", introduce al lector en la preocupación por las competencias investigativas en la

formación de ingenieros y su desarrollo a través de la estrategia de resolución de problemas. Esta investigación, llevada a cabo en 2008, fue financiada por la Universidad de La Salle (P. E. Oviedo fue el investigador principal; J. C. Fuentes, M. Malagón, F. Mazuera, G. Ríos y F. Gómez, los coinvestigadores). La tercera sección, “La resolución de problemas: una herramienta que permite a los estudiantes de Ingeniería Electrónica desarrollar competencias investigativas para enfrentar con éxito problemas del mundo real”, familiariza al lector con la resolución de problemas como estrategia didáctica y cómo esta contribuye al desarrollo de los elementos de competencia investigativa en la formación de ingenieros. Esta investigación fue realizada por un grupo de estudiantes de la Maestría en Docencia de la Universidad de La Salle (F. Cuervo, N. Gómez y J. Rodríguez, y tutorada por P. E. Oviedo en 2008). Finalmente, la sección “La transformación de la práctica clínica de optometría pediátrica a partir de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza” introduce al lector en la implementación de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza en la práctica clínica de optometría pediátrica; esta investigación fue realizada por I. Tavera, estudiante de la Maestría en Educación de la Universidad Pedagógica Nacional, y dirigida por P. E. Oviedo en 2008.

## **La resolución de problemas: una estrategia que permite a los ingenieros, como docentes, realizar cambios en sus concepciones y prácticas de enseñanza y aprendizaje**

*Todos piensan en cambiar el mundo, pero nadie piensa en cambiarse a sí mismo.*  
Alexei Tolstoi (1882-1945)

Existe una tradición de trabajos acerca de la resolución de problemas, como los referenciados por Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1997) y Lederman (1992). Este ámbito es también conocido como el “pensamiento del profesor” (Gallego, 1991), y está adquiriendo cada vez mayor importancia entre los investigadores en la enseñanza de las ciencias (Mellado, 1996). Muchos de esos trabajos se han centrado en las creencias de los docentes y en sus concepciones epistemológicas. En este orden de ideas, se ha puesto de manifiesto que el docente posee una discutible comprensión de la naturaleza de la enseñanza y el aprendizaje. Tal apreciación ha llevado a sugerir que el mejoramiento del proceso enseñanza y de aprendizaje solo es factible si se modifican las ideas epistemológicas del propio docente (Carrascosa, Fernández, Gil y Orozco, 1999).

De esta manera, parece haber claridad con respecto a que el pensamiento de los docentes debe ser el objeto de trabajo fundamental y prioritario en el interior de un proceso de formación permanente, por lo que podría afirmarse que las ideas que ellos construyeron a lo largo de sus historias profesionales se expresan y se caracterizan por un cuerpo de conceptos, valores y creencias organizados en teorías explícitas o implícitas, que



se concretan en unas estrategias y unos modelos de actuación (Pérez, 1987). En general, es sostenible que los docentes tienen representaciones complejas y a veces ambivalentes acerca de la enseñanza y del aprendizaje de las ciencias. Boyer y Tiberghien (1989) destacan, en esos docentes, la existencia de un modelo educativo centrado en la transmisión de conocimientos, modelo en el que las disciplinas científicas no son constructos de la realidad elaborados epistemológicamente y, por tanto, tampoco son asumidos como sistemas sociales en cuya construcción inciden interferencias múltiples.

En esta misma línea y con el propósito de aportar a esta reflexión, un grupo de docentes de la Universidad de La Salle, Oviedo, Gómez, Zapata, Ramírez, Suárez, Hernández, Montenegro, Escobar y Benítez (2007), partieron de la convicción de que un grupo de ingenieros, estudiantes de la Maestría en Docencia que en ese momento se desempeñaban como docentes, habían construido unas concepciones epistemológicas de enseñanza y de aprendizaje, en su formación inicial, en las que habría predominado el paradigma de la transmisión-repetición, formación en la que basta saber la ciencia correspondiente para enseñarla. Además, este paradigma se había afianzado con la práctica profesional, como docentes, ejercida en las diferentes instituciones educativas.

Para identificar y examinar los conceptos de enseñanza y de aprendizaje del grupo de ingenieros estudiantes de la Maestría en Docencia, como vía para las transformaciones necesarias, el marco teórico de partida, en cuanto a lo epistemológico, fue el de las aproximaciones deductivas constructivistas basadas en los aportes de Popper (1962), Kuhn (1971) y Lakatos (1983), sobre todo los últimos dos, por sus bases históricas. En relación

con lo pedagógico, el fundamento fueron las ideas acerca de la educación en ciencias y en la conceptualización en torno al aprendizaje como cambio conceptual, metodológico, actitudinal y axiológico (Gallego y Pérez, 1994). En lo referente a la didáctica, se partió del examen de los distintos modelos de enseñanza (Gil y Martínez-Torregrosa, 1983) y se adoptó aquel basado en unas estrategias que perseguían el reconocimiento crítico de lo que los ingenieros sabían al respecto, con miras a una reconstrucción de sus ideas previas.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo fue el de identificar las concepciones de enseñanza y de aprendizaje de estos ingenieros, docentes universitarios y estudiantes de la Maestría en Docencia, analizar la coherencia entre ellas y utilizar la resolución de problemas como estrategia metodológica con miras a propiciar los cambios necesarios.

### *La nueva cultura de la enseñanza y del aprendizaje*

El hecho es que de todo lo que se enseña en la actualidad, solo una pequeña parte se aprende realmente. En este sentido, hay que reconocer que el aprendizaje ha sido tomado tradicionalmente como un resultado y no como un proceso; se ha basado en la información y no en la formación; ha sido repetitivo y no ha permitido la invención, ha trabajado sobre lo evidente y no sobre la búsqueda. El conjunto de la educación, desde la primaria hasta la educación superior, está amenazado cuando intenta reducir toda su acción sobre el aprendizaje, ya que ha sido el primer intento de universalizar un método para cualquier contenido en cualquier nivel de la institución educativa.

Como lo señala Sepúlveda (1989), la educación posee unas suposiciones culturales aprendidas y validadas que explican, a su vez, el comportamiento de los sistemas educativos. El aprendizaje se entiende como una transmisión de contenidos culturales y no como un proceso global de reproducción y cambio cultural que abarca desde la respuesta a un estímulo condicionado, hasta la internalización de los hábitos perceptibles que configuran las relaciones sociales del comportamiento del hombre.

El aprendizaje, en tanto conducta, es un cambio de comportamiento que implica, respecto a las teorías y ciencias, desarrollar aptitudes y destrezas para aplicarlas a una realidad ya programada desde los objetivos educativos. El aprendizaje es considerado como el conjunto de procesos que le permiten al individuo apropiarse de algo con el fin de reelaborarlo. Hacer propio ese constructo es efectuar un proceso de aprendizaje que incluye no solamente conocimientos, sino también valores, actitudes, conductas, etc.

Según las tendencias constructivistas, el aprendizaje genera una serie de transformaciones que afectan los sistemas de representación y comportamiento del sujeto, puesto que nadie aprende por otro, ni mucho menos, nadie hace que otro aprenda. De ahí que sea considerado este aprendizaje como algo significativo, y de esta manera se contrapone con el memorístico (no significativo). El aprendizaje surge, entonces, de los conocimientos previos que existan dentro de los sujetos, puesto que a partir de ellos se llega a lo que se ha denominado *cambio conceptual*.

La enseñanza, en el escenario del quehacer del docente, nos remite esta no solo como práctica, sino también como objeto de análisis. Conviene, pues, dada la envergadura del proceso,

plantear puntos de reflexión que apoyen el desarrollo y se sometan a la prueba de discusión. Para que la pedagogía abarque los problemas de la enseñanza se precisa, en primer lugar, reconocerle su estatuto de disciplina (saber) que, por esto mismo, posee conceptos, campos de aplicación, problemas propios o planteados a ella por otros saberes y relaciones con otras disciplinas. Esto no significa cerrar los espacios de la pedagogía, sino por el contrario, abrirlos, pero de manera ordenada, dotando así la discusión de herramientas conceptuales que produzcan, a la vez, nuevos conceptos, propuestas, observaciones y críticas.

Más allá del modo de enseñar, de los instrumentos, de los saberes, de las disciplinas institucionales educativas o del método, la pedagogía está enfrentada por un conjunto de nociones y prácticas que hablan del conocimiento, del hombre, de la escuela, del docente. La pedagogía es la disciplina que conceptualiza, aplica y experimenta los conocimientos referentes a la enseñanza de los saberes específicos en las diferentes culturas.

Siendo la enseñanza el objeto de reflexión fundamental de la pedagogía, es preciso preguntarse por la enseñanza como acontecimiento del saber. La enseñanza trasciende la simple metodología, no es un procedimiento de transmisión de contenidos, ni un mero quehacer instrumental, ni la administración de paquetes académicos. Su acción no se reduce solo a la escuela, a la clase, al examen y al programa, sino que la enseñanza posee una naturaleza conceptual. Enseñar es tratar contenidos de las ciencias en su especificidad, con base en técnicas y medios para aprender en una cultura dada, con fines sociales de formación del hombre.

*El constructivismo como un modelo que fundamenta la resolución de problemas y el cambio en las concepciones y prácticas*

La ciencia, en el marco teórico del constructivismo, aparece como un proceso de interpretación de la realidad mediante la construcción de modelos a partir de determinados paradigmas que la condicionan. Esto significa considerar la ciencia no tanto como un descubrimiento, sino como una construcción teórica para interpretar el mundo y, en este contexto teórico, aprender ciencia es reconstruir los conocimientos partiendo de las propias ideas de los individuos, ampliándolas o modificándolas según los casos. Otro aspecto muy interesante es que los teóricos de este modelo consideran que los contenidos conceptuales específicos son de suma importancia, en contraposición con las corrientes que habían sobrevalorado la importancia de los procesos o destrezas científicas (Millar y Driver, 1987).

El constructivismo ha tenido una fuerte aplicación en el campo de la didáctica de las ciencias. Actualmente numerosos autores han desarrollado propuestas de trabajo dentro de este marco, ligadas fundamentalmente a procesos de cambio conceptual que toman, como punto de partida, los esquemas conceptuales alternativos que poseen los sujetos. El conjunto de investigaciones realizadas presentan notables diferencias no solo metodológicas, sino también en lo que se refiere al estatus epistemológico que concede a las ideas alternativas de los sujetos. A pesar del nivel de dispersión, los autores coinciden en admitir algunas características comunes que constituirían, en términos de Lakatos (1989), el núcleo firme de este enfoque. Estas características son las siguientes:

- Su origen se debe a experiencias personales que incluyen la percepción, el lenguaje, el contexto cultural, etc., y tienen carácter implícito.
- A pesar de ser personales, son comunes en sujetos de diferentes medios y edades, existiendo, en general, unas pocas tipologías en las que pueden clasificarse la mayor parte de las concepciones alternativas en un área de conocimiento determinada.
- Presentan, en determinados casos, cierto paralelismo con ideas que se han defendido a lo largo de la historia de la ciencia.
- Son bastante estables y resistentes al cambio, por lo que muchas veces persisten, a pesar de la instrucción científica.

El papel asignado a la resolución de problemas se enuncia de esta manera:

- Los problemas deben desempeñar un papel esencial en el aprendizaje conceptual.
- Su enunciado y resolución deben estar conectados con la experiencia previa del sujeto (por ejemplo, con problemas del entorno próximo).
- El objetivo fundamental del problema será facilitar el cambio conceptual:
  - Articulando, el propio alumno, sus ideas previas (el problema como diagnóstico).
  - Contrastando sus ideas previas con las explicaciones científicas (el problema como actividad para el cambio conceptual).
  - Aplicando las nuevas ideas (el problema como consolidación del cambio conceptual).

- En una extensión de la noción de cambio conceptual, la resolución de problemas también debería servir para un cambio de estrategias o un cambio metodológico, desde las espontáneas, puestas de manifiesto habitualmente por los alumnos, a las heurísticas, más propias del ámbito de resolución científica.

### *Diseño e implementación de la estrategia de resolución de problemas*

Con el propósito de responder a la pregunta de investigación planteada, fue necesario adoptar un diseño de investigación orientado por un enfoque cualitativo, donde el foco de atención del investigador, siguiendo a Pérez (1994), radica en la realización de descripciones detalladas de situaciones, eventos, personas, interacciones y comportamientos que son observables, incorporando la voz de los participantes, sus experiencias, actitudes, creencias, pensamientos y reflexiones tal y como son expresadas por ellos mismos.

En este sentido, la investigación fue descriptiva y comprendió el registro, el análisis y la interpretación de los datos. Tuvo por objeto caracterizar los cambios que ocurrieron en las concepciones y prácticas de enseñanza y aprendizaje de los ingenieros como docentes universitarios, generados por la investigación-acción como estrategia general y la resolución de problemas como estrategia específica.

Tradicionalmente, la investigación-acción ha sido entendida como una forma de indagación autoreflexiva que emprenden los participantes en situaciones sociales, en orden de mejorar la

racionalidad y la justicia de sus propias prácticas, en su entendimiento de las mismas y las situaciones dentro de las cuales ellas tienen lugar (Carr y Kemmis, 1988). Para Mckernan (2001),

la investigación-acción es el proceso de reflexión por el cual en un área-problema determinada donde se desea mejorar la práctica o la comprensión personal, el profesional en ejercicio lleva a cabo un estudio —en primer lugar para definir con claridad el problema; en segundo lugar para especificar un plan de acción— que incluye el examen de hipótesis por la aplicación de la acción al problema. Luego se emprende una evaluación para comprobar y establecer la efectividad de la acción tomada. Por último, los participantes reflexionan, explican los progresos y comunican estos resultados a la comunidad de investigadores de la acción. La investigación-acción es un estudio autoreflexivo de los profesionales para mejorar su práctica.

De los planteamientos de la ciencia social crítica de Habermas emerge una perspectiva educativa crítica, que exige que los docentes se conviertan en investigadores dentro de sus prácticas, sus entendimientos y sus situaciones. Para Porlán *et al.* (1997), el docente, en el complejo del sistema educativo, utiliza concepciones implícitas que orientan, en primera instancia, su acción en el aula, durante la cual pueden realizarse procesos reflexivos inmediatos frente a una problemática particular y que pueden llevarlo a modificar su práctica. Posteriormente el docente puede tomar conciencia explícita de los estilos y modelos desde los cuales está actuando y contrastarlos con teorías y conceptos formalizados. Estos procesos de reflexión en la acción y sobre la acción se complementan y favorecen que el docente se convierta en un mediador activo que, desde la práctica,

reconstruye críticamente su propia teoría y participa en el desarrollo significativo del conocimiento y de la práctica profesional.

En este sentido, el procedimiento metodológico adoptado en la investigación-acción lo ilustra la espiral autoreflexiva compuesta por dos momentos y por ciclos sucesivos de planeación, acción, observación y reflexión. En el primer momento se identificó y analizó la coherencia entre las concepciones y prácticas de enseñanza y aprendizaje de los ingenieros como docentes, y en el segundo, se aplicó la resolución de problemas como estrategia metodológica, con miras a propiciar los cambios necesarios.

#### *Grupo con el cual se adelantó la investigación*

Este grupo estuvo constituido por los ingenieros docentes universitarios, estudiantes de la Maestría en Docencia de la Universidad de La Salle (tabla 1). El número total fue de ocho (8).

Tabla 1. Constitución del grupo

N.º	Género	Edad (años)	Título	Experiencia docente (años)
01	Femenino	46	Ingeniero Civil	10
02	Masculino	43	Ingeniero Civil	5
03	Masculino	55	Ingeniero Civil	15
04	Femenino	45	Ingeniero Químico	13
05	Femenino	33	Ingeniero de Sistemas	4
06	Masculino	54	Ingeniero Electrónico	16
07	Masculino	48	Ingeniero Forestal	8
08	Femenino	48	Arquitecto	10

Fuente: elaboración propia.

#### *Técnicas e instrumentos empleados en el desarrollo de la investigación*

Para la identificación de las concepciones y prácticas de enseñanza y de aprendizaje de los ingenieros como docentes, se emplearon entrevistas y observaciones de clase, antes y después de trabajar con la resolución de problemas como estrategia metodológica. Las clases se grabaron en videocasetes para recoger la manera natural de enseñar y de actuar de los ingenieros como docentes. Esta grabación permitió tener un registro amplio, fiable y preciso del docente y de los alumnos, proporcionando una recreación visual (registro válido) que se utilizó como muestra.

Los datos de las observaciones de clase y de las entrevistas fueron categorizados y analizados separadamente desde el marco teórico, y luego se compararon entre el antes y el después, como una manera de validar los hallazgos. Se identificaron las tendencias que de ellas se deducían, en relación con la permanencia o no de las concepciones y prácticas de enseñanza y de aprendizaje, de tipo conductista o constructivista, a partir de la incidencia que había tenido la resolución de problemas como estrategia metodológica seguida, en relación con la perspectiva de cambio de cada uno de los ingenieros del grupo.

#### *Cambios logrados en las concepciones y prácticas de enseñanza y aprendizaje*

La experiencia demostró que la resolución de problemas como estrategia metodológica tuvo éxito para cambiar las concepciones y prácticas de enseñanza y aprendizaje de los ingenieros, en

comparación con las concepciones y prácticas, antes y después de trabajar con la resolución de problemas como estrategia de enseñanza. El análisis se basó en las siguientes dimensiones:

### *Dimensión cuantitativa*

En las tablas 2, 3 y 4 se muestran los resultados globales obtenidos con los ocho (8) ingenieros, con respecto a las concepciones y prácticas de enseñanza y de aprendizaje, antes y después de trabajar con la resolución de problemas como estrategia metodológica, que permitió revisar el propio quehacer de los ingenieros a la luz de los planteamientos teóricos.

**Tabla 2.** Frecuencias de tendencias en las concepciones de enseñanza

Concepciones de enseñanza	Antes				Después			
	Concepción tradicional conductista		Concepción constructivista		Concepción tradicional conductista		Concepción constructivista	
	F	%	F	%	F	%	F	%
TOTAL	4	50	4	50	1	12,5	7	87,5

Fuente: elaboración propia.

De las puntuaciones se puede deducir que antes de trabajar con la resolución de problemas como estrategia metodológica, un 50% de los ingenieros como docentes concibe la enseñanza como una simple metodología, como un proceso de transmisión de contenidos, un mero quehacer instrumental y una administración de paquetes académicos. Su acción se reduce solo a la universidad, a la clase y al programa. En el otro 50%,

su concepción se aproxima a una tendencia constructivista, en la medida en que el ingeniero, como docente, propicia los instrumentos y acompaña al alumno para que construya su propio conocimiento a partir de su saber previo. Después de trabajar con la resolución de problemas como estrategia metodológica, el 87,5% de los ingenieros concibe la enseñanza como un propiciar situaciones significativas para que a partir de ellas los alumnos construyan sus propios conocimientos. El ingeniero, como docente, se convierte en un ser reflexivo y crítico que continuamente construye su teoría del mundo y posibilita la construcción del conocimiento.

De esta manera, los resultados señalan que hubo un cambio significativo en las concepciones de enseñanza, y solo el 12,5% presenta dificultades para el cambio conceptual, que está en superar las teorías interpretativas para situarlas en el marco de una concepción constructiva de enseñanza.

**Tabla 3.** Frecuencias de tendencias en las concepciones de aprendizaje

Concepciones de aprendizaje	Antes				Después			
	Concepción tradicional conductista		Concepción constructivista		Concepción tradicional conductista		Concepción constructivista	
	F	%	F	%	F	%	F	%
TOTAL	5	62,5	3	37,5	0	0	8	100

Fuente: elaboración propia.

En relación con las concepciones de aprendizaje, antes de trabajar con la resolución de problemas como estrategia metodológica el 62,5% de los ingenieros concibe el aprendizaje como una

acción externa al alumno, dando prioridad a procedimientos de repetición e imitación, acciones típicas del modelo tradicional-conductista; solo el 37,5 % tiene una aproximación constructivista, en la medida en que conciben el aprendizaje como un proceso interno de construcción y como resultado de la interacción del alumno con el conocimiento a través de la experiencia.

Después de trabajar con la resolución de problemas como estrategia metodológica, el 100 % de los ingenieros como docentes concibe el aprendizaje como algo dinámico, que permite la evolución constante de esquemas de pensamiento y la construcción del conocimiento a partir del saber previo y la interacción de los alumnos con el contexto. De esta manera, los resultados señalan que hubo un cambio significativo en las concepciones de aprendizaje.

Tabla 4. Frecuencias de tendencias en las prácticas de enseñanza y aprendizaje

Prácticas de enseñanza-aprendizaje	Antes				Después			
	Práctica habitual conductista		Práctica constructivista		Práctica habitual conductista		Práctica constructivista	
	F	%	F	%	F	%	F	%
TOTAL	7	87,5	1	12,5	0	0	8	100

Fuente: elaboración propia.

Siguiendo la lógica de los promedios establecidos para el análisis, con respecto a las prácticas de enseñanza y aprendizaje antes y después de trabajar con la resolución de problemas como estrategia metodológica, la tabla 4 muestra los resultados globales obtenidos con los ocho (8) ingenieros.

Antes de trabajar con la resolución de problemas como estrategia metodológica, el 87,5 % de los ingenieros, como docentes, responden por el proceso de manejo y transmisión del conocimiento que los sitúa en el marco de una práctica de enseñanza y de aprendizaje conductista, el alumno es un receptor de la exposición y explicación del docente y depende de la actividad de este en clase, y aún fuera de ella. Solo el 12,5 % asume las prácticas de enseñanza y de aprendizaje como un proceso centrado en la vida y en el contexto del alumno.

Después de trabajar con la resolución de problemas como estrategia metodológica, el 87,5 % de los ingenieros, como docentes, plantean problemas y exponen interrogantes buscando, desde una visión constructivista, activar los procesos cognitivos de los alumnos para construir sus propios conocimientos a partir del saber previo y la interacción con el contexto. Por eso esta estrategia, vista desde el aprendizaje, no desde la enseñanza, se denomina *aprendizaje por descubrimiento y construcción de conocimiento*. Los ingenieros, como docentes facilitadores, buscan la organización del proceso en torno a la praxis: visitas a empresas y a entidades, trabajos de campo, experimentación y contacto directo con la realidad; los alumnos buscan información, indagan, revisan situaciones similares, revisan literatura relacionada, recogen datos, los organizan, los interpretan y enuncian soluciones.

El proceso estuvo mediado por un sistema de trabajo individual y de grupo. El sistema de trabajo convirtió el aula de clase de los ingenieros en un laboratorio donde se experimentó la resolución de problemas como estrategia de metodológica y producción de conocimiento. Los resultados muestran que hubo un

cambio significativo en las concepciones y prácticas de los ingenieros, como docentes, sobre la enseñanza y el aprendizaje. Solo el 12,5 % asume la enseñanza y el aprendizaje como un proceso centrado en el docente como motor principal del medio educativo que planea, organiza y transmite un saber, y el alumno como un receptor pasivo, reproductor de saberes.

La experiencia permitió reconocer que los modelos pedagógicos habituales, en los que el ingeniero como docente trataba de enseñar el estado del arte de su profesión, ya no sirven. Hay que crear un entorno de aprendizaje continuo alrededor de los alumnos que los capacite para seguir aprendiendo a lo largo de toda la vida, y que les permita permanecer receptivos a los cambios conceptuales, científicos y tecnológicos que vayan apareciendo.

#### *Dimensión cualitativa*

El ingeniero modifica su papel de fuente del saber por el de facilitador y orientador del proceso de aprendizaje. Su rol se podría sintetizar en: diseñador de ambientes de aprendizaje, observador, orientador, evaluador de procesos y estrategias de aprendizaje, investigador e innovador educativo.

En este contexto primó la concepción de que *enseñar* es orientar, es propiciar situaciones significativas para que, a partir de ellas, se construyan conceptos. Y *aprender* es un proceso interno de construcción, como resultado de la interacción del sujeto con el objeto de conocimiento a través de la experiencia.

Como principios se estableció que:

- Los estudiantes llegan sabiendo, tienen un saber previo del que se debe partir.
- El estudiante es quien construye su propio conocimiento a través de una actividad no solo física, sino mental.
- El aprendizaje se logra a partir de los procesos cognitivos que implican constante asimilación u acomodación y posibilitan nuevas estructuras.
- El proceso es entendido como evolución constante de esquemas de pensamiento, resultado de la interacción.
- El aprendizaje debe ser significativo en la medida en que tiene que ver con la vida y actividad del estudiante y permite establecer relaciones entre diferentes conceptos.

En este sentido, el docente es un ser reflexivo y crítico que continuamente construye su teoría del mundo y posibilita la construcción de conocimiento. El estudiante es un sujeto activo que tiene un saber y construye su propio conocimiento.

Al inicio de la aplicación de la resolución de problemas como estrategia metodológica, los estudiantes se muestran pasivos frente al proceso, en razón de que no habían experimentado este tipo de metodología. En esta etapa inicial, jugó un papel importante el diseño de guías de trabajo y la revisión de la bibliografía disponible. Con esta estrategia metodológica, el rol del estudiante deja de ser pasivo para convertirse en un agente activo en el proceso de aprendizaje. Bajo esta dinámica de trabajo, el estudiante tiene que buscar la información que se encuentra en diferentes fuentes, seleccionar la que más se ajuste a la resolución del problema, proponer diferentes soluciones, plantear y ajustar sus propias metas, tomar sus propias decisiones en relación con



el problema planteado, explorar los caminos más viables para resolver el problema, entre otros, contando con el docente, durante el desarrollo de la actividad, como un orientador del proceso. Este cambio se asume de manera lenta por los estudiantes, quienes, al avanzar en la experiencia, desarrollan diferentes niveles de autonomía frente al proceso de búsqueda de información, diseño, manufactura y validación.

En este nivel, los estudiantes lograron superar comportamientos heterónomos caracterizados por: a) la marcada dependencia de las explicaciones del docente; b) las actitudes de incertidumbre al enfrentar el reto de desarrollar trabajos que requieren la consulta de diferentes fuentes de información; c) la falta de iniciativa para alcanzar las metas propuestas en el desarrollo de los trabajos, y d) la influencia de agentes externos (compañeros de clase y monitores) en la toma de decisiones.

La experiencia muestra el impacto positivo que tuvo la resolución de problemas como estrategia metodológica en relación con el desarrollo de habilidades cognitivas, metacognitivas y técnicas. Igualmente, se evidencian progresos en procesos de lectoescritura, argumentativos, de liderazgo y de convivencia. En este sentido, los estudiantes logran plantear problemas y desarrollarlos gracias a los avances en la capacidad de autoregularse, en los niveles de autonomía y en el manejo conceptual y metodológico contemplado en cada problema planteado.

### *Resultados de la experiencia*

La aplicación de la resolución de problemas como estrategia metodológica presenta altas probabilidades de generar cambios

significativos en las concepciones y prácticas de enseñanza y de aprendizaje de los ingenieros como docentes, en la capacidad de negociación, concertación y producción de conocimiento.

Una dificultad que se avizora en la práctica es el cambio estructural que debe realizar el ingeniero en sus esquemas de pensamiento y en una cultura de rigurosa planeación para adelantar procesos de reflexión, elaboración conceptual y organización de su discurso en guías de trabajo similares a las presentadas, con el propósito de continuar probando la resolución de problemas como estrategia metodológica, introducir los ajustes pertinentes y verificar su validez como una metodología que posibilita generar cambios estructurales en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

De esta manera, los modelos tradicionales de enseñanza-aprendizaje, fruto de una larga tradición cultural en la que muchos de nosotros, incluidos muchos docentes de ciencias, nos formamos, resultan insuficientes, cuando no inadecuados. El cambio en la cultura educativa exige de los docentes superar lo que irónicamente Claxton (1990) llama la concepción del docente "gasolinero", aquel que cada cierto tiempo llena el depósito de conocimientos de los alumnos. Sin embargo, no resulta fácil cambiar esa concepción, ya que, como se señaló antes, el paso de una concepción de ese tipo a una interpretación del aprendizaje más próxima a lo que ha dado en llamarse constructivismo requiere un verdadero cambio conceptual, análogo, en algunos sentidos, al que tienen que realizar los alumnos.

Además, ese incremento cuantitativo en el flujo informativo trae consigo también una multiplicación de saberes y conocimientos. Vivimos también en una *sociedad de conocimiento*

*múltiple*, en la que apenas quedan ya saberes o puntos de vista absolutos que todo el mundo deba asumir. Más bien hay que aprender a convivir con la diversidad de perspectivas, con la relatividad de las teorías, con la existencia de interpretaciones múltiples de toda información, y aprender a construir el propio juicio o puntos de vista a partir de ellas. No parece que la literatura, ni el arte, ni tampoco la ciencia de finales del siglo XX asuman una posición realista, según la cual el conocimiento o la representación artística reflejan la realidad, sino que más bien la reinterpretan. La ciencia del siglo XX se caracteriza por la pérdida de la certidumbre, no solo en las ciencias sociales, donde el relativismo es un punto de vista obligado, sino incluso en las antes llamadas ciencias exactas, cada vez más teñidas, también, de incertidumbre. Así las cosas, no se trata ya de que la educación proporcione a los alumnos conocimientos como si fueran verdades acabadas, sino de que les ayude, a partir de tantas verdades parciales contextualizadas, a construir —o mejor, a reconstruir— una concepción crítica e integradora.

Por último, buena parte de los conocimientos que puedan proporcionarse a los alumnos hoy no solo son relativos, sino que tienen fecha de caducidad. Al ritmo del cambio tecnológico y científico en que vivimos, nadie puede prever qué tendrán que saber los ciudadanos dentro de diez o quince años para poder afrontar las demandas sociales que se les planteen. Lo que sí podemos asegurar es que van a seguir teniendo que aprender después de la universidad, ya que vivimos también en la *sociedad del aprendizaje continuo*. El sistema educativo no puede formar específicamente para cada una de esas necesidades, lo que sí puede hacer es formar a los futuros ciudadanos para que

sean aprendices más flexibles, eficaces y autónomos, fomentando en esos alumnos el desarrollo de capacidades transferibles que, más allá de la adquisición de conocimientos puntuales concretos, cambien su forma de enfrentarse a las tareas y a los retos que les esperan. El currículo de ciencias, como el de otras áreas, debe servir también para desarrollar esas capacidades y estrategias de aprendizaje (Pozo y Monereo, 1999).

### **El desarrollo de competencias investigativas en la formación de ingenieros a partir de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza**

*Se trata de formar en unas competencias que están asociadas no solamente a la existencia de ciertos conocimientos, sino a la capacidad de asumir situaciones problema y de actuar con comprensión, tacto, responsabilidad y eficacia en distintos contextos.*

C. A. Hernández (2002)

La formación de ingenieros, desde la perspectiva del desarrollo de competencias investigativas, es una aspiración de la comunidad académica de docentes de ingeniería, lo que ha llevado a aplicar nuevas estrategias, métodos y sistemas pedagógicos ajustados a la compleja realidad colombiana, colocando en su centro de atención la formación de la capacidad de aprender a aprender el desarrollo de actitudes investigativas, críticas y la habilidad para enfrentar problemas.

La preocupación por las competencias investigativas en la formación de ingenieros, tanto como por el desarrollo de las mismas a través de la estrategia de resolución de problemas, se inició entre Oviedo, Fuentes, Malagón, Mazuera, Ríos y Gómez,

responsables de la presente investigación, hace ya dos años. En este sentido, se inscribe en una tradición de trabajos, como antecedentes, referenciados por Gil, Dumas, Caillot, Martínez-Torregrosa y Ramírez (1988); Furió, Iturbe y Reyes (1994), y Martínez-Torregrosa *et al.* (2005). Este ámbito de investigación es también conocido como “enseñar investigando” (Ballenilla, 1995) y “aprender investigando” (García y García, 1993). En este orden de ideas, se ha puesto de manifiesto que el estudiante posee una discutible comprensión de la naturaleza de la investigación. Tal apreciación ha llevado a sugerir que el desarrollo de competencias investigativas en los estudiantes solo es factible si se modifican las prácticas de enseñanza y de aprendizaje.

La investigación consistió en posibilitar que docentes y estudiantes experimentaran una nueva estrategia de trabajo en el aula, centrada en la resolución de problemas; en esta perspectiva, la pregunta fue: ¿cómo la resolución de problemas, como estrategia didáctica, permite desarrollar competencias investigativas en los estudiantes de ingeniería de la Universidad de La Salle?

Los objetivos específicos consistieron en: a) caracterizar las concepciones y prácticas de los estudiantes de ingeniería sobre la investigación, con el fin de conocer el nivel de comprensión y desarrollo de sus competencias investigativas, y b) aplicar la estrategia de resolución de problemas integrando aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales para apoyar el desarrollo de competencias investigativas.

La efectividad de la estrategia de resolución de problemas quedó demostrada a partir de los procesos generados en los niveles de competencia investigativa de los estudiantes,

evidenciando el logro de los objetivos propuestos en cada una de las asignaturas donde se llevó a cabo la investigación: Ingeniería Económica, Química General, Práctica Empresarial, Estructuras y Economía Energética.

### *Las competencias investigativas en la formación de ingenieros*

El desarrollo de competencias investigativas constituye una propuesta que parte de las teorías del aprendizaje significativo, y en el presente estudio se orientó a la formación integral de los ingenieros como condición esencial del proyecto educativo, integrando la teoría con la práctica en las diversas actividades y afianzando su proyecto de vida personal y profesional.

Desde la propuesta de Martínez-Torregrosa *et al.* (2005), para organizar la estructura de los temas fue necesario identificar problemas que consulten la realidad y que pasen a formar parte de los conocimientos de los estudiantes, discutir la relevancia de los mismos y planificar una estrategia que permita avanzar en la solución de problemas, en un ambiente hipotético deductivo que suministre oportunidades para la apropiación de conocimientos. Realizar esta tarea requiere que los docentes investigadores dispongan no solo de un conocimiento teórico de la materia a tratar, sino de un conocimiento basado en problemas.

En este contexto, los conceptos y modelos se introducen como hipótesis que deben ser puestas a prueba, tanto a través de la capacidad de predicción en situaciones de laboratorio como en el abordaje de problemáticas abiertas concretas, incluyendo la toma de decisiones en situaciones de interés social. El

planteamiento de problemas abiertos y cualitativos es un reto interesante para el grupo investigador. En el seminario de investigación-acción se hicieron algunas aproximaciones a partir del análisis de cada una de las asignaturas en estudio y de los problemas que habitualmente en ellas se abordan, llamando la atención sobre los conceptos, principios, teorías y métodos cuyo aprendizaje se ve favorecido mediante la resolución de problemas.

Estos aspectos conformaron un esquema de trabajo en el aula que favoreció la confrontación de las ideas propias con las de otros, en un ambiente rico en episodios de argumentación y justificación, tan importantes para el aprendizaje. Se pretendió, así, crear un ambiente que favoreciera simultáneamente la afectividad y la racionalidad científica de docentes y estudiantes en la resolución de problemas, exigiendo una planificación de la tarea del docente, y dejando tiempo en el aula para que los estudiantes pensarán, argumentaran y refutarán.

En la formación de ingenieros, en sus distintas especialidades, al igual que en otras profesiones, existen diversas competencias básicas, generales y específicas, que emergen de la realidad de la época y del desarrollo de las ingenierías en el país y en el mundo. En las generales se articulan la comprensión de información en cualquier sistema de símbolos o formas de representación, la explicación y la justificación de enunciados y acciones, la producción y la creación. En las específicas se vinculan: comprender problemas, interpretar planos, explicar el qué, el cómo y el para qué, demostrar hechos, articular conceptos, sustentar conclusiones, plantear y resolver problemas, formular proyectos, generar hipótesis y construir modelos.

Según Dickinson (1986), las competencias que hay que desarrollar en las personas que se forman en investigación están dadas a través de las siguientes dimensiones:

*Dimensión intelectual:* capacidad de formular conjeturas argumentadas, imaginación, innovación y originalidad, amplia capacidad crítica, juicio crítico, reflexión crítica, apertura mental para admitir la crítica constructiva y probar ideas nuevas, comunicación, capacidad de expresar ideas con un lenguaje claro, comprensible, sentido de los valores, ética y responsabilidad social, dominio integral y sistémico de la disciplina que se investiga y juicio personal.

*Dimensión técnica:* capacidad de evaluar la exactitud comparativa, conocimiento del uso y operatividad de los instrumentos pertinentes, instinto necesario para preparar y realizar los experimentos científicos, capacidad de relacionar la teoría con la práctica que se realiza, de un modo dinámico y constructivo.

*Dimensión actitudinal:* perseverancia, imparcialidad, capacidad de admitir el error, capacidad de resistencia, capacidad para considerar el problema de investigación desde múltiples puntos de vista, uso de analogías y distintos niveles de complejidad.

A partir del marco de referencia proporcionado por estas dimensiones, el grupo investigador orientó sus esfuerzos a promover las siguientes competencias generales: interés por la calidad, capacidad de innovar, responsabilidad ante las propias decisiones y actuaciones, familiarización con el entorno, capacidad de organización, habilidad para resolver problemas reales, capacidad de comunicación, capacidad de trabajar en equipo, capacidad de aprender y de pensar positivamente.

Las competencias específicas de la profesión, trabajadas por el grupo, se refieren a: sólida fundamentación en las ciencias básicas y la tecnología, toma de decisiones, formulación y evaluación de proyectos, pensamiento estratégico, actitud de cambio, trabajo en escenarios de riesgo, selección, adaptación, transferencia, innovación o generación de tecnología, producción creativa a partir de la investigación, dominio del contexto universal y de los problemas locales, capacidad empresarial para contribuir a la solución de problemas sociales con responsabilidad y conciencia ecológica, liderazgo y trabajo interdisciplinario.

### *Competencias investigativas de un ingeniero*

Según la definición de Ouellet, citado en Tobón (2006a), “como principio de organización de la formación, la competencia puede apreciarse en el conjunto de actitudes, de conocimientos y de habilidades específicas que hacen a una persona capaz de llevar a cabo un trabajo o de resolver un problema particular”. En este sentido, es necesario que el ingeniero que se forma sea competente para comprender el significado, la importancia y las implicaciones de la investigación en el futuro desempeño profesional; sea capaz de observar, preguntar, registrar, interpretar, analizar y describir situaciones-problema propias de la ingeniería; de proponer soluciones a los problemas identificados, utilizando los conceptos y los métodos de investigación; de argumentar sobre relaciones y alternativas propias de la ingeniería, y de perfeccionar las prácticas de comunicación.

Visto así, el desarrollo de competencias investigativas tiene que ver con el saber formular preguntas-problema, la capacidad

para observar y construir caminos de búsqueda de respuestas, el saber analizar y argumentar con fundamentos y comunicar, mediante la escritura, los hallazgos y elaboraciones.

### *Fases que es importante destacar*

A partir del propósito del proyecto —favorecer un proceso de desarrollo de competencias investigativas en estudiantes de ingeniería—, se asumió la investigación-acción, compuesta por ciclos sucesivos de planeación, acción, observación y reflexión —modelo propuesto por Carr y Kemmis (1988)—, como generadora de conocimiento sobre las concepciones y prácticas investigativas de los estudiantes que, durante la experiencia, pudieron tomar conciencia del papel de la investigación en su formación.

En el desarrollo del proyecto se destacaron dos fases. En la primera, se caracterizaron las concepciones y prácticas de los estudiantes de ingeniería sobre la investigación; en la segunda, se aplicó la estrategia de resolución de problemas, integrando aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales que apoyaron el desarrollo de competencias investigativas en las asignaturas de Ingeniería Económica, Química General, Práctica Empresarial, Estructuras y Economía Energética.

### *Grupos con los cuales se realizó esta experiencia*

Los grupos de trabajo estuvieron constituidos por estudiantes de ingeniería de los semestres y asignaturas donde los investigadores desarrollaban su actividad docente, como se indica en tabla 5.

Tabla 5. Características de los grupos con quienes se desarrolló la investigación

N.º	Semestre	Curso	Estudiantes	Asignatura	Unidad temática
01	VIII	02	16	Ingeniería Económica	Costos y Diseño de Modelos Económicos
02	I	13 y 14	22	Química General	Mezclas
03	X	01	12	Práctica Empresarial	Problemas Empresariales
04	VII	03	17	Estructuras	Estructuras
05	X	01	14	Economía Energética	Soluciones Energéticas Regionales

Fuente: elaboración propia.

### *Técnicas e instrumentos empleados en el desarrollo de la investigación*

Para la identificación de las concepciones y prácticas investigativas de los estudiantes se emplearon encuestas abiertas y observaciones de clase, las cuales fueron grabadas en videocasetes, antes y después de trabajar con la estrategia de resolución de problemas.

### *Resultados de la experiencia*

La experiencia demostró que la estrategia de resolución de problemas tuvo éxito para favorecer el desarrollo de competencias investigativas en los estudiantes de ingeniería, como se infiere

de la comparación de las concepciones y prácticas de los estudiantes al inicio y al final del trabajo con esta estrategia. Estas competencias fueron: capacidad para formular preguntas-problema, capacidad para observar y construir caminos de búsqueda de respuestas, saber analizar y argumentar con fundamentos, y comunicar de manera oral y escrita los hallazgos y elaboraciones.

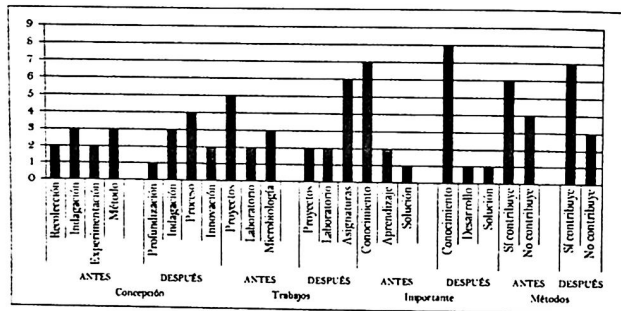
### *Concepciones y prácticas de investigación a partir de la encuesta*

Como se observa en la figura 1, en la asignatura de Ingeniería Económica los estudiantes concebían la investigación como una simple metódica, como una indagación. Su acción se reduce solo al ámbito académico. Después de trabajar con la estrategia se aproximan a entender la investigación como un proceso en el que, mediante la aplicación de técnicas, el investigador obtiene información para aplicar el conocimiento. Los resultados indican que hubo un cambio significativo en la concepción sobre la investigación.

Antes solo reconocían como trabajos investigativos los proyectos de grado, y después de trabajar con la estrategia manifestaron que también podrían serlo los trabajos que realizan en las asignaturas, ya que permiten aplicar y enriquecer sus conocimientos. Esto quiere decir que los estudiantes, después de haber experimentado la estrategia de resolución de problemas, reconocen el potencial investigativo de los trabajos en las asignaturas. La experiencia permitió reconocer que los modelos pedagógicos habituales-tradicionales no contribuyen a desarrollar

competencias investigativas en los estudiantes y a valorar la resolución de problemas como una estrategia didáctica que fomenta el trabajo investigativo.

Figura 1. Resultados del grupo de Ingeniería Económica



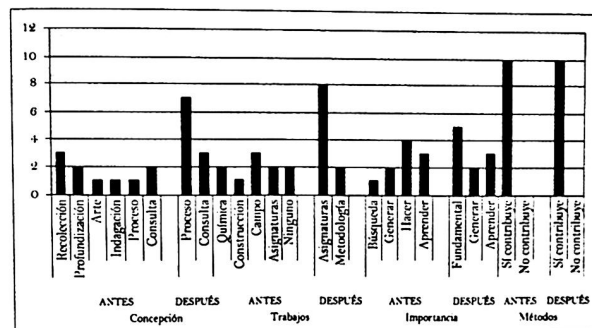
Fuente: elaboración propia.

En la figura 2, los estudiantes de la asignatura de Química General, antes de trabajar con la estrategia, concebían la investigación como una acción de recolección de información, dando prioridad a procedimientos de repetición e imitación. Después de trabajar con la estrategia de resolución de problemas, los estudiantes modificaron su concepción, entendiendo la investigación como un proceso sistemático mediante el cual el investigador obtiene información relevante para aplicar el conocimiento.

En relación con los trabajos realizados, no había una claridad sobre cuáles podrían ser investigativos. Los estudiantes, después de haber experimentado la estrategia de resolución de problemas, reconocen el potencial investigativo de los trabajos

en las asignaturas y les dan mucha importancia, lo cual consideran fundamental. Se aprecia que los estudiantes reconocen los métodos de los docentes y valoran la resolución de problemas como una estrategia didáctica que puede fomentar el trabajo investigativo, modificar esquemas y promover la construcción de conocimiento desde la realidad.

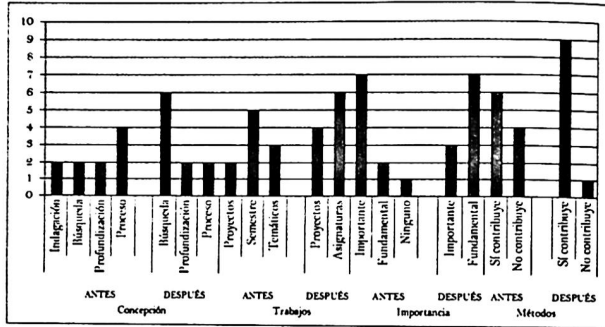
Figura 2. Resultados del grupo de Ingeniería Química



Fuente: elaboración propia.

En la figura 3, los estudiantes de la asignatura de Práctica Empresarial, antes de trabajar con la estrategia de resolución de problemas, concebían la investigación como un proceso de indagación. Después de trabajar con la estrategia, la conciben como una búsqueda, lo cual significa que no hubo ningún cambio en la concepción, sino que esta se amplió para dar importancia a la obtención de información para profundizar en el conocimiento.

Figura 3. Resultados del grupo de Práctica Empresarial

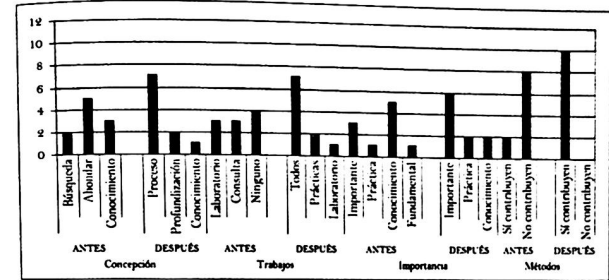


Fuente: elaboración propia.

Antes, los estudiantes reconocían como trabajos investigativos los elaborados en el semestre y los proyectos. Después de trabajar con la estrategia de resolución de problemas manifiestan que, además, los trabajos de las asignaturas pueden ser investigativos. A partir de la experiencia con resolución de problemas apreciaron lo fundamental de la investigación, reconocieron los métodos de los docentes y valoraron la resolución de problemas como una estrategia didáctica que fomenta la investigación.

En la figura 4, los estudiantes de la asignatura de Estructuras, antes de trabajar con la estrategia de resolución de problemas, concebían la investigación como un ahondar en el conocimiento. Después de trabajar con la estrategia de resolución de problemas, esta concepción se vuelve más técnica, entendiéndose ahora como un proceso sistemático por medio del cual el investigador profundiza y construye conocimiento.

Figura 4. Resultados del grupo de Estructuras



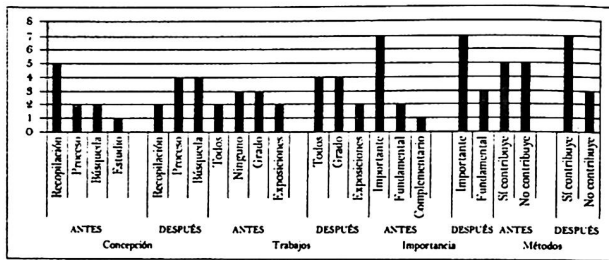
Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los trabajos realizados durante la carrera, algunos manifestaron que son investigativos los de laboratorio y los de consulta, y otros dijeron que ninguno. Luego de aplicar la estrategia de resolución de problemas, la mayoría opina que todos. Esto demuestra que los estudiantes, a partir de la experiencia, identificaron la posibilidad de desarrollar competencias investigativas a todo lo largo de la carrera, aunque reconocen que para ello es fundamental que los docentes modifiquen sus técnicas didácticas, según lo experimentado en el ejercicio.

En la figura 5, los estudiantes de la asignatura de Economía Energética, antes de trabajar con la estrategia de resolución de problemas, asumían la investigación como una simple recolección de información. Después de trabajar con la estrategia de resolución de problemas, la conciben como un proceso que permite al estudiante analizar los problemas y proponer alternativas de solución.



Figura 5. Resultados del grupo de Economía Energética



Fuente: elaboración propia.

El nivel de importancia que los estudiantes le atribuyen a la investigación cambia con la experiencia, pues desaparece el carácter “complementario” que le habían asignado a la investigación y pasan a considerarla “fundamental” para su formación como ingenieros, y reconocen que los métodos utilizados por los docentes sí contribuyen a desarrollar competencias investigativas. Estos resultados se pueden entender como una toma de conciencia de la importancia de la investigación y de lo fundamental que puede llegar a ser en su proceso formativo, si se aplica en todas las asignaturas.

### *Concepciones y prácticas de investigación a partir del trabajo en el aula*

A continuación se presentan los resultados, antes y después de la aplicación de la estrategia de resolución de problemas, que

determinan la tendencia en los modelos de enseñanza del docente y de aprendizaje del estudiante en el aula de clase (tabla 6).

Tabla 6. Tendencias de los métodos de enseñanza y de aprendizaje en el aula

Al inicio			Al final		
Docente	Estudiante	Tendencia	Docente	Estudiante	Tendencia
Explica, recomienda lecturas, organiza grupos de trabajo, establece criterios para las sustentaciones, pregunta, profundiza y orienta.	Con las explicaciones y orientaciones, trabaja y expone los avances de su trabajo.	Conductista. Equiparable a instruir y adiestrar para almacenar conocimientos.	Organiza, orienta y acompaña el trabajo de los alumnos.	Reconoce y hace análisis, recoge información, construye explicaciones, emite hipótesis, hace propuestas y produce informes.	Constructivista. Se propician situaciones significativas a partir de las cuales los alumnos construyen su propio aprendizaje y desarrollan competencias investigativas.

Fuente: elaboración propia.

La investigación permitió evidenciar aspectos que marcan una diferencia entre el método habitual-magistral y la nueva metodología aplicada, centrada en la resolución de problemas. La modificabilidad o transformación se reflejaron, en gran medida, en la actitud tanto de estudiantes como de docentes. Con respecto al docente, es posible argumentar que su rol cambió, ya que con la metodología de resolución de problemas debió asumir un papel de orientador, guía, incitador al diálogo y al intercambio de opiniones dentro y fuera del aula, buscando romper con el esquema magistral, donde él era quien poseía el pleno conocimiento.

Sin embargo, el cambio de metodología no fue un proceso fácil, puesto que involucró una revisión de las prácticas habituales y las experiencias de otros autores, lo cual conllevó a que, desde el inicio, se asumiera una posición investigativa de experimentación frente a la aplicación de esta nueva metodología. También resulta importante destacar que se reconocieron dos maneras de llegar a la metodología empleada: la primera consistió en romper con el esquema magistral de la práctica pedagógica y plantear un problema de interés para el estudiante, buscando incentivarlo a involucrarse en la resolución del mismo; la segunda consistió en comenzar, paso a paso, en la inmersión de la metodología, donde el estudiante, guiado por el docente, planteó alternativas para el desarrollo de su propuesta de trabajo.

La aplicación de la estrategia de resolución de problemas hizo que el docente se preparara aún más, cambiara sus formas habituales de hacer las preguntas y de plantear ejercicios, orientando de forma análoga un cambio en el papel del estudiante, quien estaba acostumbrado a la inmediatez de la información y a obtener respuestas vagas, sin mayor análisis ni consulta. Gracias a la implementación de esta nueva estrategia de trabajo fue posible reconocer que los estudiantes, en su mayoría, desarrollaron capacidad de argumentación, de búsqueda y discriminación de información, además de crear y diseñar propuestas innovadoras para la resolución de los problemas planteados, para lo cual se requirió el uso de preconceptos y de temas de carácter interdisciplinario adquiridos en el transcurso de la carrera o simplemente de la vida estudiantil.

La resolución de problemas permitió también acercar la realidad y la cotidianidad a la vida de los estudiantes, de tal forma que pudieron desarrollar situaciones que presentaron similitudes con la vida real y que de una u otra forma son de interés y utilidad para ellos. Se reconoce, no obstante, que la aplicación de la estrategia, en algunos casos, resultó ser una experiencia algo complicada, debido a que implicó un cambio de esquemas y preconceptos de los estudiantes.

El balance de la experiencia fue realmente positivo debido a que se logró un cambio en las prácticas tradicionales del docente y en la forma de concebir el proceso educativo, a través del empleo de nuevas metodologías que ofrecen mayor protagonismo al estudiante y que permiten un cambio en las prácticas habituales, replanteando algunos aspectos que aportan al desarrollo de competencias investigativas y aprendizajes significativos.

Además es importante destacar que esta experiencia no debe quedarse como un trabajo aislado, sino que debe darse a conocer a la comunidad académica con el fin de articular otras prácticas a nivel institucional y de obtener resultados más trascendentales.

### *Evaluación de la experiencia*

La aplicación de la estrategia de resolución de problemas presenta altas posibilidades de desarrollar competencias investigativas en los ingenieros, pero requiere, por un lado, que su aplicación se haga desde las etapas tempranas de la formación académica, y por otro, una fuerte fundamentación teórica en métodos y técnicas de investigación, así como en diseño y gestión de proyectos.

Para ello es importante definir el *tipo de problema* que es útil para la aplicación de esta estrategia. Deben ser problemas contextualizados en la realidad de la profesión, y que obedezcan a situaciones cuya resolución tenga un impacto importante, de carácter técnico, económico, ambiental o social. No de otra manera se lograría despertar el interés del estudiante y que este asuma la responsabilidad que le compete para su propia formación.

Una dificultad, en la práctica, es el cambio estructural que debe realizar el docente en sus esquemas de pensamiento para adelantar procesos de reflexión, elaboración conceptual y organización de un discurso en guías de trabajo, con el propósito de continuar probando la estrategia de resolución de problemas, introducir los ajustes pertinentes y verificar su validez en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

El proceso de globalización, a partir de finales del siglo XX, ha insertado a la humanidad en un contexto que plantea y demanda considerar: a) los procesos cognitivo-conductuales, en calidad de comportamientos socioafectivos que posibiliten el aprender a aprender, aprender a ser y aprender a convivir; b) el desarrollo de habilidades cognoscitivas y socioafectivas que lleven a aprender a conocer, y c) el desarrollo de destrezas psicológicas, sensoriales y motoras que permitan el aprender a hacer, es decir, que permitan llevar a cabo adecuadamente un papel, una función, una actividad o una tarea donde el conocimiento sea el producto de contenidos multidisciplinarios y multidimensionales (Delors, 1996).

Según Delors, lo que el proceso formativo debe proporcionar a los estudiantes no es tanto más información, como la capacidad de usarla, organizarla e interpretarla, de darle sentido.

Como futuros profesionales, lo que van a necesitar es capacidad para plantear preguntas-problema, buscar, seleccionar e interpretar la información, describir contextos y escribir textos acerca de las problemáticas estudiadas.

Esto sugiere que sería erróneo considerar que la formación de ingenieros es el resultado de un proceso educativo lineal-secuencial, producto de una acumulación cuantitativa de conocimientos específicos y experiencias académicas. Por el contrario, debe ser el producto de la reflexión y la praxis resultantes de una formación, preferiblemente holística, debido al carácter transdisciplinar e interdisciplinar propio del mundo actual, pero a su vez, será conveniente que dicha formación considere diferentes heurísticas para su construcción, de manera tal que permitan superar la idea de que los conocimientos se constituyen como parcelas del saber por área específica.

### **La resolución de problemas: una herramienta que permite a los estudiantes de Ingeniería Electrónica desarrollar competencias investigativas para enfrentar con éxito problemas del mundo real**

*El reto profesional del ingeniero es utilizar su conocimiento y su "saber hacer" para dominar creativamente esas posibilidades y dar así expresión a la voluntad de los agentes sociales, desde la empresa privada o la administración pública. La versatilidad creativa y la sensibilidad social son virtudes relacionadas que deberían ser promovidas en futuros ingenieros adaptados a su tiempo. No pueden ser descuidadas en una educación tecnológica para el siglo XXI.*  
J. López Cerezo y P. Valenti (1996)

Un reclamo generalizado de la industria, sobre la formación universitaria de ingeniería, tiene que ver con las dificultades de

los ingenieros recién egresados para enfrentar con éxito problemas de ingeniería del mundo real. Las razones fundamentales por las cuales los ingenieros recién egresados, a pesar de contar con los conocimientos teóricos necesarios, no logran resolver con éxito los problemas que se plantean en la industria, son, por un lado, la falta de articulación entre los conocimientos teóricos y la práctica, y por otro, el no acreditar elementos de la competencia investigativa.

Un grupo investigador conformado por docentes de la Fundación Universitaria Los Libertadores de la ciudad de Bogotá, a través de la estrategia didáctica de resolución de problemas, abordó esa situación, enfrentando a los estudiantes a problemas abiertos, del ejercicio real de la ingeniería en el campo de automatización industrial, que les permitieron realizar la apropiación de los conceptos involucrados en el problema y, a partir de los conocimientos de que disponían, tratar de buscar posibles respuestas, proponer ideas a modo de hipótesis, interpretar textos científicos y técnicos, buscar información, trabajar en equipo, plantear y resolver problemas, diseñar estrategias y ponerlas en práctica, registrar de forma sistemática los resultados obtenidos e interpretarlos, analizar qué tanto se ha avanzado en la solución del problema, evaluar experiencias, argumentar y exponer ideas, elaborar informes e identificar nuevos problemas; en resumen, desarrollar elementos de la competencia investigativa.

El desarrollo del proceso que se acaba de delinear se realizó en el campo específico de ingeniería relacionado con la Electrónica y la Automatización Industrial para, en relación estrecha entre docente y alumno, en medio del espacio y tiempo naturales

que les son comunes en el aula, despertar en los estudiantes el interés y el hábito de indagar para encontrar por sí mismos respuestas a las preguntas que les interesen o que requieren responder y para poner a prueba su capacidad para indagar, con el propósito de solucionar problemas, desarrollando así elementos de la competencia investigativa.

Teniendo como orientación la pregunta ¿de qué manera la resolución de problemas como estrategia didáctica contribuye al desarrollo de elementos de la competencia investigativa en la formación de ingenieros?, se estableció, como objetivo general de la investigación, el contribuir al desarrollo de elementos de competencia investigativa en los estudiantes del área de electrónica industrial de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria Los Libertadores, mediante la utilización de la estrategia didáctica mencionada. La caracterización y la determinación de los elementos de la competencia investigativa en los estudiantes fueron los objetivos específicos fijados.

### *Concepción de la resolución de problemas*

A través de la resolución de problemas se trata de aproximar a los estudiantes a un trabajo científico, no como investigadores autónomos, sino como investigadores en formación, colocándolos en una situación similar a la que viven los científicos en los inicios de su proceso de formación como investigadores, en un entorno problematizado, a partir de problemas apropiados que generen interés en los estudiantes, dirigidos por un docente experto en el campo particular objeto de estudio, que actúa como director de investigaciones.

Con el propósito de promover la participación, la creatividad y el trabajo en equipo, se crean pequeños grupos de investigación —de cuatro o cinco personas— que se enfrentan a problemas que el docente conoce muy bien, discuten sus avances y dificultades con otros grupos de investigación y reciben orientación y apoyo de expertos, toda vez que:

el trabajo científico, visto de un modo global y colectivo, puede caracterizarse como un proceso de resolución de problemas, en el que —por supuesto a partir de los conocimientos de que se dispone (y actitudes, intereses...)— se inventan posibles respuestas, a modo de hipótesis, de tentativas, que requieren contrastación posterior (Martínez-Torregrosa *et al.*, 2005, p. 44).

Dado que la competencia es un *hacer sabiendo* fundamentado en los conocimientos declarativos y procedimentales que se deben obtener en el estudio de la disciplina, y que “es la utilización flexible de esos conocimientos lo que hace competente al profesional frente a los problemas que debe resolver al enfrentarse al mundo social y del trabajo” (Martínez-Torregrosa *et al.*, 2005, p. 109), el desarrollo de competencias en ingeniería supone, además de lograr que los estudiantes comprendan profundamente el problema que tratan de resolver en un contexto determinado, inducir la reflexión metacognitiva, esto es, lograr que sean conscientes de lo que piensan y hacen en el proceso de resolución de cada problema en particular y que reconozcan las competencias que están utilizando en ese proceso.

La tendencia natural del alumno es traducir o incorporar directamente los datos a una fórmula conocida. Para evitar esto se recomienda ir eliminando, y a veces totalmente, datos en el

enunciado, e incluso incorporar datos irrelevantes, con lo que se fuerza el hábito del análisis y de la argumentación. Aquí la formulación de preguntas es determinante para poder realizar aproximaciones a la solución del problema.

Habría que decir también que, en la estrategia de la resolución de problemas, se deben hacer periódicamente recapitulaciones que evidencien lo que se ha avanzado, los problemas u obstáculos superados y lo que aún hace falta por realizar; el clima de trabajo colectivo, las interacciones entre los grupos de clase y entre estos y el docente, el ritmo de trabajo, etc.; de esta manera el proceso investigativo puede ser regulado y orientado por parte del docente. En esas reuniones el estudiante puede comprobar los avances fruto de su propio esfuerzo, tomar conciencia de sus errores, de lo que sabe y lo que no sabe y suministrar la información que requiere el docente para ayudarlo a superar las dificultades, a mejorar su nivel de competencia:

La actuación del estudiante frente a los problemas planteados determina la existencia de diferentes niveles de desarrollo de la competencia, los cuales deben ser considerados y evaluados a través de los indicadores que la expresan, con el fin de proponer actividades que permitan que el proceso de construcción de las mismas sea permanente (Martínez-Torregrosa *et al.*, 2005, p. 110).

La resolución de problemas es una herramienta que permite fomentar en los alumnos el desarrollo de acciones ordenadas para lograr un objetivo, apoyándose en los conocimientos adquiridos previamente para dar solución a situaciones que son dinámicas. El resolver problemas les permite a los alumnos

aprehender el conocimiento y obtener respuestas a las situaciones y cuestionamientos que surgen al interior y fuera del aula, sin necesidad de la ayuda del docente o a la espera de que haya una respuesta desarrollada por otras personas. Según Pozo (1994, p. 16), "el verdadero objetivo final de que el alumno aprenda a resolver problemas es que adquiera el hábito de plantearse y resolver problemas como forma de aprender".

De acuerdo con evidencias experimentales de García (2003, p. 19), para ser docente en resolución de problemas, en un campo específico, se debe contar con una gran cantidad de conocimientos, destrezas y habilidades en el campo para de esta manera desarrollar en el alumno el paradigma del pensamiento, la construcción de hipótesis, el diseño de experimentos, la planificación y la solución de los mismos y el análisis de los resultados que le permita solucionar problemas. Todo esto se debe implementar evitando caer en la operatividad y la linealidad cada vez que se pretenda solucionar un problema de diferente naturaleza.

En el campo educativo, la aparición de problemas en el aula no es espontánea, sino intencionada, con el propósito de alcanzar los fines didácticos perseguidos. Por otro lado, normalmente los problemas planteados en el aula poseen una solución conocida de antemano e incluyen condiciones iniciales explícitas, y es por esto que se deben introducir problemas abiertos en las ciencias exactas (Perales, 2000, p. 12). Además, este tipo de problemas debe contener tres componentes, a saber: a) planteamiento del problema; b) búsqueda de información, y c) reflexión y reorganización de ideas propias a partir de la nueva información (Pozo, 1994, p. 110).

Siguiendo con los planteamientos de Pozo (1994), algunos criterios que se deben tener en cuenta para formular problemas en el aula y su respectiva solución por parte del alumno son los siguientes:

- Plantear problemas abiertos.
- Formular los problemas con palabras propias del docente.
- Plantear problemas no solamente extraídos de textos, sino también de la vida cotidiana.
- Utilizar los problemas sin llegar a demostrar el o los procedimientos y ofrecer, de manera paulatina, herramientas que permitan al alumno ir encontrando paso a paso una solución al problema.
- Incentivar las discusiones y los puntos de vista por parte del alumno para encontrar, entre todos los integrantes de un grupo, las diferentes soluciones posibles al problema planteado.

Para mantener el objetivo primordial de resolver problemas, es preciso tanto resolver ejercicios como plantear problemas de la vida real, para que el alumno pueda relacionar y esté en capacidad de afrontar situaciones en las que pueda plantear, desde un enunciado, los procedimientos necesarios para solucionar cualquier tipo de problema, en lo posible, sin necesidad de la ayuda del docente.

Se estima que la resolución de problemas es una estrategia didáctica apropiada para desarrollar la competencia investigativa, que no poseen los estudiantes de ingeniería y que se desea formar.

### *Concepción de las competencias en la formación de ingenieros*

En la formación de ingenieros se distingue entre dos tipos de competencias, ambas indispensables: competencias generales y competencias específicas, que incluyen las competencias genéricas básicas de la ingeniería.

Las competencias generales tienen que ver con capacidades para observar, indagar, interpretar, argumentar y proponer, la disposición y la habilidad para el autoaprendizaje permanente durante toda la vida con el propósito de favorecer la autonomía intelectual y el crecimiento personal, y la capacidad de apertura a diferentes formas de análisis, conocimiento, argumentación e investigación (Díaz, 2001); la capacidad de comprometerse con circunstancias nuevas en ambientes distintos y actuar con conocimiento, responsabilidad y eficacia (Hernández y Carrascal, 2002); el uso competente del lenguaje, de la redacción y de la escritura que permitan al ingeniero, además de identificar y comprender los problemas, presentar sus propuestas de solución y comunicar los resultados (Cañón, 2001); la apropiación de una segunda lengua; el conocimiento y la capacidad de utilizar las nuevas tecnologías de la información y la comunicación; el respeto y aprecio por la ética, los valores y el ejercicio de la razón; el espíritu crítico que permita al ingeniero someter a juicio los argumentos racionales, aún los propios; la capacidad de analizar las implicaciones sociales, políticas y económicas de su propia profesión y de asumir críticamente posturas alternativas que favorezcan tanto a la persona como a la colectividad (Díaz, 2001); la convivencia y la responsabilidad social, la cultura y el arte.

Las competencias específicas, que es necesario desarrollar en la formación de ingenieros, deben incluir profundos fundamentos teóricos de la disciplina y una base amplia de conocimientos de carácter general; la competencia para enfrentar con éxito problemas de ingeniería del mundo real, abiertos, no completamente especificados, que pueden tener más de una respuesta, si la tienen; la competencia para concebir, diseñar, implementar y operar soluciones a problemas multidisciplinarios que involucren su disciplina; la capacidad para integrarse y trabajar, eficaz y eficientemente, en equipos de diseño, el liderazgo, la competencia en las áreas de administración y finanzas y la comprensión de la interacción entre ingeniería, desarrollo y sociedad.

Las competencias específicas, según se estableció, incluyen las competencias genéricas básicas de cualquier ingeniero. En 2006, la Asociación Colombiana de las Ingenierías Eléctrica, Mecánica, Electrónica, Electromecánica, Metalurgia, Aeronáutica, Naval, Nuclear y de Telecomunicaciones (Aciem) estableció las competencias genéricas básicas fundamentales de esas nueve especialidades como sigue:

- Analizar, plantear, modelar y resolver problemas de ingeniería mediante el uso de las matemáticas.
- Identificar, analizar y comprobar fenómenos físicos.
- Utilizar la estadística y la probabilidad para analizar e interpretar los resultados de procesos experimentales y observacionales relacionados con la ingeniería.
- Construir algoritmos y programas de computación para resolver problemas básicos de ingeniería.

- Aplicar métodos numéricos para solucionar problemas matemáticos.
- Formular, ejecutar y administrar proyectos de investigación en el área de ingeniería.
- Hablar y escribir de acuerdo con las normas gramaticales y formales y escuchar y leer de manera reflexiva, comprensiva y crítica.
- Administrar total o parcialmente organizaciones empresariales.
- Preparar y evaluar proyectos de ingeniería en los niveles de prefactibilidad y factibilidad.
- Aplicar los principios de la ética en el comportamiento ciudadano y en el ejercicio profesional de la ingeniería.

En ingeniería, dado el rápido avance de la tecnología, las competencias específicas de cada disciplina cambian rápidamente, así, las que se requieren en la actualidad no serán las necesarias en un futuro más o menos cercano y, por tanto, no solo es necesario adquirir competencias, sino que se hace indispensable evaluarlas para, en caso necesario, desechar las que ya no se aplican y adquirir otras.

Lo anterior tiene como consecuencia que el proceso de formación siempre estará atrasado con respecto al desarrollo de nuevas competencias puesto que estas, independientemente de la clase que sean, son definidas por personas y en circunstancias externas a la universidad y, en un campo donde el conocimiento cambia, no es factible establecer de antemano el conocimiento necesario para lograr la competencia profesional (Barnett, 2001).

Es importante destacar que la universidad está obligada a formar en competencias, pero no puede renunciar a su razón de ser y, por consiguiente, la propuesta para lograr una formación en ingeniería adecuada a los requerimientos del nuevo siglo implica, además de relacionar la formación con lo económico, con las formas de organización social y con las posibles funciones que el ingeniero debe cumplir dentro de los nuevos sistemas de organización de la producción (Hernández y Carrascal, 2002, p. 139), hacer énfasis en la formación de valores, la creatividad, el ejercicio de la razón, el espíritu crítico, la oportunidad de pensar, cuestionar y controvertir, la convivencia y la responsabilidad social y, en general, en la formación que facilite que el ser humano, apoyado en el conocimiento, pueda realizar sus posibilidades al máximo.

### *Concepción de la competencia investigativa en ingeniería*

La expresión “competencia investigativa en ingeniería” se refiere a la capacidad de un individuo de “hacer sabiendo” (Callejas, 2005, p. 109) en el ámbito de la actividad investigativa en ingeniería.

Esta investigación se realizó bajo el diseño de investigación-acción en el aula, con el propósito de desarrollar las siguientes competencias investigativas: interpretar textos científicos y técnicos, buscar información, trabajar en equipo, plantear y resolver problemas, inventar, a partir de los conocimientos de los que se dispone, posibles respuestas, conceptos, ideas a modo de hipótesis, diseñar estrategias y ponerlas en práctica, recoger datos, registrar de forma sistemática los resultados obtenidos e



interpretarlos, analizar qué tanto se ha avanzado en la solución de un problema, reformular hipótesis, evaluar experiencias, argumentar y exponer ideas, elaborar informes e identificar nuevos problemas.

El docente en el aula es quien debe propugnar por el desarrollo de esas competencias investigativas. Así, el ser docente implica ser investigador permanente, inquieto por conocer lo que no sabe y, en esa búsqueda, se transforma y se fortalece como generador de nuevo saber.

De otra parte, el alumno debe ser inducido en la dialéctica de los investigadores, es decir, en el juego de la formación del saber científico. La búsqueda compartida del conocimiento es una experiencia educativa formadora para docente y alumno: en esta relación, el primero ayuda al segundo a investigar, a pensar racionalmente por él mismo de manera crítica y reflexiva. Una acción compartida, no individual, que lleva a desarrollar conocimientos prácticos de grupo, es el fruto de la reflexión, del plantear hipótesis, del diálogo y de la dialéctica que deben manejarse de manera permanente frente a las respuestas buscadas a un problema identificado, desarrollando en los alumnos espíritus *imaginativos*, sembrando semillas de investigación que germinarán en producción de saber.

Es en la universidad donde se debe propiciar que los interlocutores del saber puedan, de manera libre, construir enunciados suscitados por la interrogación, adelantando procesos de creación de conocimiento. En ese mismo sentido, Jaques Derrida (citado en Henao, Hernández, Hoyos, Pabón y Velázquez, 2002) establece: "La universidad del futuro debería ser totalmente libre; en ella no debería obstaculizarse de ninguna forma

la investigación. De lo que se trata en última instancia en la universidad es la verdad" (p. 154).

Es importante el liderazgo académico de la universidad en el ámbito de la investigación. La pertinencia de la investigación en la universidad está dada por "el impacto y por la relevancia de sus actividades y resultados en relación con las necesidades de las áreas académicas al interior de la universidad y por la capacidad de ofrecer alternativas de solución a los problemas fundamentales de la comunidad" (Universidad EAFIT, 2004, p. 10).

### *El proceso de investigación-acción*

El enfoque planteado para abordar el problema y responder la pregunta de investigación es el cualitativo, involucrándose los investigadores directamente con los estudiantes de la asignatura Automatización Industrial que se cursa en octavo semestre de Ingeniería Electrónica, y así comprender cómo los estudiantes interactuaban, construyendo la realidad en todo momento y adquiriendo las habilidades correspondientes a los elementos de competencia.

El método de investigación que se adoptó es el de investigación-acción, proceso que, partiendo de la práctica como objeto mismo de la investigación, involucra a las personas implicadas en ella, de las cuales exige colaboración, y construye conocimiento a través de la misma práctica, permitiendo solucionar problemas diagnosticados en condiciones determinadas. Aplicada a la educación, contribuye a transformar una realidad educativa, favoreciendo la resolución de problemas en el aula de una manera práctica (Sandín, 2003, pp. 161-174).

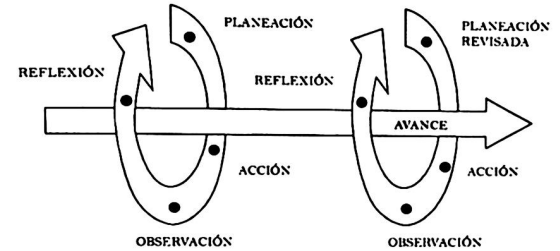
Específicamente, la investigación-acción orientada hacia la práctica educativa, esto es, la investigación-acción en el aula, busca evitar que el docente sea el único que interviene, haciendo que los estudiantes adopten una actitud pasiva, conformista. Se pretende que el estudiante participe y aporte, con su experiencia y saber previo, elementos que permitan realizar una formación crítica y reflexiva, reflejada en una actitud propositiva, en un aprendizaje significativo “que resulte pertinente para la carrera” (Rojas, 1999, p. 76).

Las relaciones docente-estudiante en el aula pasan del autoritarismo, de la expresión magistral, a las de la cooperación, el intercambio, el diálogo y la expresión participativa. Se trata de una experiencia nueva que desconcierta, al inicio, al estudiante acostumbrado a tener una actitud receptiva y pasiva, pero que, orientado por el docente, lo lleva a comprender que el intercambio de ideas, el planteamiento de hipótesis y la información hacen que la experiencia en el aula se convierta en una actividad participativa, donde se hace expresa “la necesidad de participar de manera reflexiva y propositiva en la definición de los diversos aspectos de nuestra formación académica” (Rojas, 1999, p. 18).

De los diferentes modelos surgidos desde mediados del siglo pasado expuestos por Mckernan (2001), el modelo de práctico deliberativo de Carr y Kemmis (1988) se realiza a través de una espiral sucesiva de ciclos, cada uno de los cuales incluye cuatro etapas caracterizadas por la flexibilidad e interactividad, entre ellas: planeación, acción, observación y reflexión. Tal como puede apreciarse en la figura 6, es el que mejor ayuda a evidenciar la fusión entre la práctica y la investigación, permitiendo

descubrir significados interpretativos, razones por las cuales se asumió como modelo para realizar la investigación.

Figura 6. Diseño de investigación-acción



Fuente: “momentos de la investigación” (adaptado de Carr y Kemis, 1988, p. 197).

Orientado hacia la práctica educativa, el método investigación-acción, bajo el modelo de Carr y Kemmis, se adaptó muy bien al trabajo que se adelantó para el desarrollo de elementos de la competencia investigativa en los estudiantes del área de automatización industrial, a través de la búsqueda de información que soportó la toma de decisiones y los procesos de cambio para mejorar esa práctica:

- *Planeación.* Se determinó el plan de acción fundamentado en la estrategia didáctica de resolución de problemas para generar, en este caso, la competencia investigativa en los estudiantes del área de automatización industrial de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria Los Libertadores.

- *Acción.* El curso se dividió en pequeños grupos de estudiantes a los cuales se les presentaron, para su análisis y resolución, problemas del área de automatización industrial con enunciado abierto, previamente definidos en conjunto. Se tomó como punto inicial aquello que el grupo de estudiantes pensaba sobre el problema, para lo cual se animó a los participantes a expresar sus ideas, sus planteamientos, sus experiencias previas sobre el particular y a plantear hipótesis, proponer estrategias y alternativas de solución que consideraran respuestas creativas posibles para el problema enunciado. En otra etapa, de importancia capital en el proceso, cual fue “el análisis de resultados”, se contrastaron esas hipótesis con los resultados obtenidos de la acción para determinar las posibles diferencias, cuya resolución implicó una revisión crítica del proceso.
- *Observación.* Los investigadores, como miembros del grupo, en un primer modo de interpretación, observaron el desarrollo del proceso de resolución del problema de enunciado abierto por parte de los estudiantes.
- *Reflexión.* Después de llevar a cabo las acciones formuladas en el plan de acción, en sesión plenaria, en la cual se privilegió el diálogo, se socializaron los resultados obtenidos por parte de cada grupo, cada uno de los cuales realizó una sustentación centrada en el manejo de aspectos analíticos y en la búsqueda de nuevos aspectos que enriquecieran el debate y la buena práctica profesional, y se comparó lo planeado con lo que se obtuvo. Se reflexionó sobre lo que realmente se consiguió, sobre los cambios que, en cuanto se refiere a la competencia investigativa en el área de automatización,

experimentó cada estudiante y el grupo, y sobre los efectos de esos cambios en su desempeño.

Quando, a través de la reflexión, se estableció que el resultado no era satisfactorio, se volvió atrás para efectuar una revisión del proceso, hacer las aclaraciones y modificaciones que se consideraron necesarias e iniciar un nuevo ciclo de acción, observación y reflexión. El instrumento básico utilizado en la investigación fue la *observación*, de la cual se realizó un registro fílmico que permitió tener una muestra válida.

Fue a través de la resolución de problemas como se aproximó a los estudiantes a un trabajo científico, no como investigadores autónomos, sino como investigadores en formación, colocándolos en una situación similar a la que viven los científicos en los inicios de su proceso de formación como investigadores, en un entorno problematizado, a partir de problemas reales de la industria que generaron interés en los estudiantes, dirigidos por un docente experto en el campo de la automatización industrial que actuó como director de investigaciones.

Con el propósito de promover la participación, la creatividad y el trabajo en equipo, se crearon pequeños grupos de investigación, de dos o tres estudiantes, que enfrentaron los problemas diseñados por el equipo investigador para desarrollar el curso y, en algunos casos, problemas reales que los estudiantes identificaron en la empresa donde trabajan. En todos los casos se combinó el saber previo de los estudiantes con el saber científico, el saber técnico y la creatividad, cada grupo discutió sus avances y dificultades con los otros grupos de investigación y recibió orientación y apoyo del docente o de ingenieros

expertos, invitados por el grupo investigador, en el problema considerado.

### *Las unidades de competencia investigativa*

Se consideró que la competencia investigativa está compuesta por diez unidades de competencia:

- Buscar información.
- Interpretar textos científicos y técnicos.
- Formular hipótesis.
- Diseñar estrategias y ponerlas en práctica.
- Trabajar en equipo.
- Argumentar y exponer ideas.
- Resolver problemas.
- Sistematizar e interpretar resultados.
- Elaborar informes.
- Identificar nuevos problemas.

### *Los elementos de competencia investigativa*

Cada *unidad de competencia* se descompuso a su vez en *elementos de competencia* sobre los cuales el estudiante, durante el desarrollo del curso, construyó evidencias observables a través del desempeño que permitieron determinar el grado de competencia alcanzado.

Para cada unidad, los elementos de competencia asociados fueron:

- *Buscar información.* Identifica y localiza fuentes de información adecuadas, sabe cómo llegar a la información dentro de las fuentes, selecciona críticamente la información más apropiada y evalúa la calidad de la información obtenida.
- *Trabajar en equipo.* Se integra, participa y colabora activamente en las tareas del equipo, se orienta a la consecución de acuerdos y objetivos comunes y se compromete con ellos, toma en cuenta los puntos de vista de los demás y los retroalimenta de forma constructiva, colabora en la definición, organización y distribución de las tareas de grupo.
- *Elaborar informes.* Incluye en el informe: diseños, cálculos, planos, ideas consideradas, precios, materiales, elementos utilizados, proceso para resolver el problema, dificultades que se presentaron y cómo se solucionaron, parafrasea ideas, cita referencias correctamente y da los créditos correspondientes a las fuentes consultadas, elabora gráficos, esquemas, planos, listas, modelos para sustentar y hacer más claro el texto, usa correctamente el idioma, expresa las ideas con claridad e incluye la bibliografía completa de las fuentes consultadas.
- *Resolver problemas.* Relaciona y expresa experiencias y situaciones pasadas con el problema, identifica y reconoce el problema dentro de una temática, delimita los principales conceptos asociados con el problema a resolver, inventa, a partir de los conocimientos de que dispone, posibles respuestas, conceptos e ideas a modo de hipótesis, identifica cuál es la información necesaria y pertinente para resolver el problema, diseña, ejecuta y evalúa planes de acción, evalúa tanto el resultado obtenido como el proceso que se llevó

a cabo para obtenerlo, construye aparatos, equipos y dispositivos para resolver problemas.

- *Interpretar textos científicos y técnicos.* Comprende a cabalidad la información técnica y científica de una lectura, identifica las ideas principales, las ideas de apoyo y las ideas de dominio, define clara y coherentemente los conceptos y las relaciones entre ellos, comprende y encuentra sentido y significado a los objetos de análisis: textos, situaciones y problemas.
- *Argumentar y exponer ideas.* Expresa las ideas en forma clara, precisa y oportuna, enuncia los argumentos con propiedad, tanto de manera oral como escrita, presenta argumentos relacionados con la tesis planteada, compuestos por una afirmación o conclusión y unas premisas o razones que los sustentan, los conceptos básicos elaborados empleados en los argumentos no son contradictorios o confusos, comunica y realiza descripciones y representaciones de su saber científico en forma correcta, verbalmente y por escrito.
- *Formular hipótesis.* Percibe hechos del entorno y capta información de manera exhaustiva, aclara ideas y elabora conceptos con base en la observación, relaciona la observación con principios, postulados o leyes, enuncia o realiza una proposición que explica los hechos observados.
- *Diseñar estrategias y ponerlas en práctica.* Determina cuál es la pregunta u objetivo a conseguir, selecciona cuáles son los datos importantes, planifica el procedimiento de resolución y lleva a cabo el plan de resolución.
- *Sistematizar e interpretar resultados.* Ordena y jerarquiza la información, clasifica, elabora diagramas y realiza cuadros

con la información, maneja correctamente las herramientas informáticas e interpreta los resultados de la simulación para implementar la solución.

- *Identificar nuevos problemas.* Identifica un nuevo problema a partir de problemas semejantes, describe un nuevo problema con claridad y precisión, reconoce variables del nuevo problema a partir de la experiencia con problemas similares y enfrenta las dificultades que plantea un nuevo problema a partir de la experiencia con problemas semejantes.

El nivel de desempeño de los estudiantes —alto, medio o bajo— se observó en detalle, en tres momentos de las sesiones de clase: primer momento, al terminar la primera sesión; segundo momento, al finalizar la sesión quinta, y tercer momento, al culminar la última sesión. Los resultados obtenidos se incluyeron en una *matriz de evidencia*.

### *Los resultados de la aplicación*

Se constató que, como resultado de la aplicación de la estrategia didáctica de resolución de problemas, se desarrollaron en los estudiantes elementos de la competencia en automatización industrial y elementos de la competencia investigativa.

Se observó que ningún estudiante logró un nivel de desempeño *alto* en unidad alguna de la competencia investigativa. El porcentaje de estudiantes que alcanzó un nivel *medio* de desempeño en las unidades de competencia, a continuación indicadas, fue el siguiente:

- 80% en buscar información, trabajar en equipo, interpretar textos científicos y técnicos, argumentar y exponer ideas, sistematizar e interpretar resultados.
- 70% en resolver problemas, diseñar estrategias y ponerlas en práctica.
- 60% en elaborar informes.
- 40% en formular hipótesis e identificar nuevos problemas.

### *Las posturas y propuestas*

En cuanto a *buscar información*: inicialmente los estudiantes se limitaban a buscar información de manera limitada y sesgada; se hace necesario inducir en ellos un cambio metodológico que, como afirma Pozo en su libro *La solución de problemas*, vaya más allá de esta "metodología de la superficialidad que tienden a utilizar" (1994, p. 123).

Los estudiantes lograron un nivel de desempeño medio, habiéndose encontrado, del análisis realizado con el método de destilación de la información desarrollado por Fernando Vásquez, que no leen por falta de tiempo o por pereza, y cuando lo hacen es por imposición. Para superar esta situación se prevé, en futuros trabajos, realizar ejercicios prácticos sobre procedimientos de búsqueda en la red informática y obtención de datos bibliográficos de las fuentes consultadas, tanto para volver a ellas en futuras ocasiones, en caso necesario, como para poder referenciar y dar créditos al material propio.

Para *trabajar en equipo*: en esta unidad se logró la cooperación, la participación y la creatividad de los estudiantes, siendo conveniente promover el trabajo en equipo en todos los cursos

del plan de estudios. Con la estrategia didáctica empleada se evidenció, tal como afirma Pozo, que se fomenta "la cooperación entre los estudiantes en la realización de tareas" (1994, p. 207).

Sobre *elaborar informes*: se incluyeron diseños, cálculos, planos, listados de elementos, dificultades encontradas y bibliografía; sin embargo, es necesario incentivar la realización de informes escritos y presentaciones, insistiendo en el uso correcto del idioma, elemento que no se desarrolló satisfactoriamente, ya que la estrategia de resolución de problemas implica el desarrollo de la capacidad comunicativa, tanto oral como escrita.

En *resolver problemas*: se produjo metaconocimiento o reflexión sobre el propio conocimiento, y los estudiantes aprendieron a enfrentar problemas abiertos de la vida real. Se hace indispensable, como afirma Pozo (1994), que el estudiante se acostumbre a formular y resolver problemas como modo de aprender.

En relación con *interpretar textos científicos y técnicos*: se logró que los estudiantes decodificaran y comprendieran a cabalidad la información suministrada y adquirida mediante la identificación de las ideas principales, encontrando sentido y significado a los textos. Se prevé realizar ejercicios frecuentes que impliquen decodificación para convertir datos en gráficas o en información con un nuevo formato.

Para *argumentar y exponer ideas*: los estudiantes explicaron y defendieron con propiedad las propuestas de solución al problema considerado.

Dado que el trabajo fundamental del ingeniero es resolver problemas, se debe, en primera instancia, fomentar la participación de los estudiantes en la clase mediante la formulación de

preguntas individuales que se deben responder oralmente y programar exposiciones dentro de cada grupo, presentar ideas, defender sus propuestas y acostumbrarse a la crítica constructiva.

La *formulación de hipótesis*: es una de las unidades de competencia donde los estudiantes presentaron mayores dificultades. Los estudiantes están acostumbrados a resolver ejercicios, no problemas. Para superar esta situación hay que enfatizar la presentación de opciones, de posibles respuestas, conceptos e ideas a modo de hipótesis para resolver un problema.

Para *diseñar estrategias y ponerlas en práctica*: se tiende a “hacer antes que planear”. Se necesita realizar prácticas educativas y pasantías en empresas que tengan interacción directa con ingenieros.

En la *sistematización e interpretación resultados*: los estudiantes describieron los pasos a utilizar de manera ordenada y con esquemas. Se presentaron dificultades en relación con el análisis de resultados, lo cual se puede superar a través de la práctica de resolución de problemas.

En relación con *identificar nuevos problemas*: los estudiantes no lograron establecer relaciones entre el procedimiento para resolver un problema y su aplicación en nuevas situaciones. Superar esta situación implica que el estudiante resuelva, en contextos reales, tantos problemas como sea posible.

De manera general se recomienda fomentar la utilización de la resolución de problemas como estrategia didáctica, especialmente en las asignaturas teórico-prácticas del plan de estudios, y capacitar a los docentes en esta metodología.

## La transformación de la práctica clínica de optometría pediátrica a partir de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza

*Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo, involúcrame y lo aprendo.*  
Benjamin Franklin (1706-1790)

La investigación se enmarcó en los procesos de reflexión en torno a la práctica clínica y al estilo pedagógico del docente de la Facultad de Optometría de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Bogotá, por la Dra. Ingrid Sulay Tavera Pérez, respondiendo, de esta manera, a las necesidades de formación en relación con el aprendizaje del manejo clínico de pacientes pediátricos de los estudiantes de VII semestre de Optometría, especialmente en cuanto al rol del director y de los practicantes como transformadores de su propia acción.

La propuesta de transformar los espacios de práctica clínica es, entonces, una necesidad apremiante en el proceso de formación de los nuevos optómetras, la cual se corresponde con las transformaciones de la enseñanza, que ha venido desplazándose de los modelos tradicionales, tecnológicos y espontaneistas hacia los modelos investigativos en los que subyacen concepciones complejas de la realidad, visiones constructivistas del aprendizaje, perspectivas críticas y sociales de la enseñanza y principios didácticos que guían los procesos de intervención, tales como la investigación de los alumnos para potenciar actitudes y destrezas, la investigación de los docentes como práctica reflexiva y de desarrollo profesional, y la concepción abierta, flexible y procesual del currículo como hipótesis de trabajo (Porlán, 1993, p. 14).

El problema que se abordó en este proyecto fue la transformación de la práctica clínica de pacientes pediátricos que realizan los estudiantes de Optometría de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Bogotá. En este sentido, se planteó como objetivo determinar los efectos y transformaciones de orden teórico y práctico que puedan derivarse de la incorporación de la resolución de problemas, como estrategia de enseñanza, al aprendizaje del manejo clínico de pacientes pediátricos de los estudiantes de VII semestre de optometría.

Para el logro de este objetivo, se aplicó la metodología investigación-acción, en tres etapas compuestas por ciclos sucesivos de planeación, acción, observación y reflexión del modelo propuesto por Carr y Kemmis (1988, p. 197). Participaron un docente y ocho estudiantes de VII semestre de Optometría.

El marco teórico, en lo epistemológico, partió de la conceptualización de *estilo pedagógico* como la manera propia y particular como los docentes asumen la mediación pedagógica integralmente desde su saber, saber hacer, saber comunicar y saber ser (Forero, Pardo, Oviedo, Salcedo y Callejas, 2006, p. 40); de *problema*, como cualquier situación prevista o espontánea que produce, por un lado, un cierto grado de incertidumbre, y por el otro, una conducta tendiente a la búsqueda de su solución (Perales, 1993), estableciendo, a su vez, una diferencia entre problemas artificiales y problemas reales (Frazer, citado en Oviedo, 2007).

En lo pedagógico, se fundamentó en las ideas acerca de la estrategia de resolución de problemas como una manera de guiar el conjunto de operaciones propias de la educación, con base en la presentación de situaciones abiertas e inspiradoras que

demanden de los estudiantes una disposición activa y el esfuerzo por indagar en busca de sus propias respuestas y conocimientos, todo ello con el propósito de fomentar en ellos la capacidad de aprender a aprender (Poza, 1994) y para llevar a cabo el proceso resolutivo de una situación problemática. Polya, citado en Ormrod (2004), sugiere cuatro pasos: comprender el problema, trazar un plan, ejecutarlo y evaluar la efectividad global de la aproximación, con la intención de aprender algo sobre cómo se pueden solucionar problemas similares en futuras ocasiones.

En lo didáctico, se partió del examen de la práctica clínica como un espacio académico creado para contribuir a la formación integral del estudiante, en la cual aplica sus conocimientos y aprende a contextualizarlos en una realidad social, con el fin de desarrollar sus potencialidades para la resolución de problemas (Fundación Universitaria del Área Andina, 2005).

El análisis de los resultados de la experiencia mostró las transformaciones de orden teórico y práctico que se derivaron del estilo pedagógico del docente y de la incorporación de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza al aprendizaje del manejo clínico de pacientes pediátricos de los estudiantes de VII semestre de Optometría.

### *Escenario de la experiencia*

La experiencia se desarrolló con ocho estudiantes de VII semestre del programa de Optometría de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Bogotá, y una docente del área de práctica clínica de optometría pediátrica. En este nivel los estudiantes ya han cumplido con los requisitos de la formación disciplinar



que los habilita para cursar la práctica clínica, entendida como un espacio académico creado para contribuir a la formación integral del estudiante, en la cual aplican sus conocimientos y aprenden a contextualizarlos en una realidad social, con el fin de desarrollar sus potencialidades para la resolución de problemas (Fundación Universitaria del Área Andina, 2005).

### *Implementación de la estrategia didáctica*

El proceso se llevó a cabo en tres fases: la primera se desarrolló entre la primera y la cuarta sesión, donde se caracterizó el estilo pedagógico del docente mediante la observación de clases grabadas en audio y video, y los estilos de aprendizaje de los estudiantes a través de la aplicación del cuestionario CHAEA de Alonso, Gallego y Honey (1994); la segunda se realizó entre la quinta y la octava sesión, fase donde se incorporó la resolución de problemas como estrategia didáctica en el espacio académico denominado “práctica clínica de optometría pediátrica con los estudiantes de VII semestre de la Fundación Universitaria del Área Andina”; la tercera se llevó a cabo en la novena sesión, fase en la que se determinaron los efectos y transformaciones de la práctica clínica de optometría pediátrica siguiendo las orientaciones del modelo “destilar la información” propuesto por Vásquez (2007).

### *Resultados de la experiencia*

A partir de la destilación de la información de las videograbaciones, donde se caracterizó el estilo pedagógico del docente, se mostró que era el eje central de la consulta, ya que dirigía, hacía

cuestionamientos permanentes, con preguntas cerradas, y verificaba los datos encontrados por los estudiantes. Se vieron aspectos que marcaron la diferencia entre el espacio de consulta, donde el docente trabajaba con el estudiante y este dependía de orientaciones para desarrollar la historia clínica, con el espacio implementado dentro de la práctica referente a la resolución de problemas, donde el estudiante fue quien se encargó de manejar una situación, asumiendo un rol de dirección y responsabilidad mediante la resolución de un problema real, y el docente solo fue un guía. Esta diferencia se reflejó en la actitud, tanto del estudiante como del docente, así:

En la fase 1, *caracterización del estilo pedagógico del docente*, se identificó un interés técnico y práctico. Respecto al interés técnico, este se vio reflejado en la dimensión del saber hacer, donde el docente, en la consulta, utilizaba frecuentemente la demostración. En cuanto al interés práctico, el docente destacaba la responsabilidad y el respeto. En la responsabilidad, expresaba con claridad las orientaciones y hacía énfasis en la importancia de dar cuenta de los propios actos, ya que se estaba trabajando en un área de la salud y con menores de edad. En el respeto, trabajó por conseguir que sus estudiantes comprendieran que pueden darse diferentes criterios clínicos en una situación determinada, pero que, a pesar de esto, deben ser sustentados, lo cual les dará las herramientas para tomar una decisión.

De los resultados obtenidos con el cuestionario CHAEA, se encontró que los estudiantes de VII semestre del programa de Optometría tenían un perfil de estilo de aprendizaje predominantemente *reflexivo*, caracterizado por ser personas analíticas, observadoras, pacientes y prudentes, seguido de un estilo

*pragmática*, donde las personas son experimentadoras, prácticas, realistas, eficaces, positivas y claras; pero, igualmente, *teórica*, mediante el cual se refleja la disciplina, la planificación, la estructuración y la organización; finalmente, algo también de *activo*, donde las personas son líderes, competitivas, participativas e innovadoras.

En el ciclo 2 se incorporó la resolución de problemas como estrategia didáctica. Durante este ciclo, el docente buscó romper el esquema que manejaba durante la clase en clínica de optometría pediátrica, para incitar a los estudiantes a enfrentar problemas reales de pacientes con dificultades de salud visual, ya no solo con casos clínicos, como había sido habitual, sino con intercambio de opiniones, análisis y toma de decisiones frente a cada situación, basadas en evidencias encontradas en la literatura y en las condiciones de vida del paciente que dieran una explicación clara a la situación. En este punto, los estudiantes mostraron un nivel de autonomía desde el momento en que se empoderaron de cada historia clínica y buscaron dar respuestas a las situaciones planteadas.

En el ciclo 3, la encuesta de opinión sobre la experiencia dejó ver que los estudiantes reconocieron que desarrollaron habilidades, ya que se hizo el manejo de variables, se organizaron e interpretaron los datos, se reforzaron o conocieron nuevos conceptos relacionados con la temática abordada, se socializó por medio de la interrelación con sus compañeros, ya que trabajaron por un objetivo en común, y se generó una postura crítica frente a una situación problema. Lo expresado a través de la encuesta fue la evidencia de la aplicación de la estrategia, que permitió ver la relación entre pares, la toma de conciencia del

proceso de aprendizaje de cada uno y la responsabilidad en la construcción colectiva del conocimiento.

La experiencia mostró que el estilo pedagógico y la resolución de problemas sí contribuyeron al aprendizaje en el manejo clínico de los pacientes pediátricos. Esta contribución se realizó en forma conjunta entre el estilo pedagógico y el uso de la estrategia, demostrado esto desde la forma como el docente, en el momento en que trabaja la resolución de problemas, pasa de dar instrucciones a hacer observaciones, permite un diálogo más abierto con sus estudiantes, hace un cambio de rol en el momento en que rompe el esquema basado en preguntas cerradas por un rol docente que propicia el análisis y la contrastación entre lo teórico y lo práctico, orienta al estudiante a que aprenda a aprender, aprenda a tomar decisiones y a hacer juicios críticos sustentados en evidencia clínica. El estudiante, en el momento en que inicia la implementación de la estrategia, toma una actitud activa, se empodera de la situación problemática que va a resolver, busca documentar cada aspecto y da argumentos sustentados en la literatura o en resultados de investigaciones referentes a la medicina basada en la evidencia.

### *Algunos resultados*

Explorar el interior de las prácticas hace que se pueda aprender más de la propia experiencia y cuestionarla, busca modificar y superar las condiciones que no favorecen el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas reflexiones críticas deben ser un proceso permanente y deben realizarse no como una tarea individual, sino como un trabajo cooperativo entre todos los involucrados,

y deben dar como resultado un escenario de crecimiento académico y social a través del intercambio de ideas, la discusión y la contrastación.

De esta manera, hacemos una invitación a todos los docentes para que reconozcan que desde el estilo pedagógico “se asume la mediación pedagógica integralmente desde su saber, saber hacer, saber comunicar y saber ser, para contribuir al desarrollo intelectual, ético, moral, afectivo, estético y político de sus estudiantes” (Forero *et al.*, 2006).

Desde el estilo pedagógico se concibe la enseñanza como un proceso de construcción, por tanto, se deben buscar escenarios para que los estudiantes superen su condición de heteronomía, y es allí donde el uso de una estrategia de enseñanza, como en este caso con la resolución de problemas, permite que los estudiantes desarrollen habilidades para resolver problemas mediante la interrelación de los conocimientos sobre las ciencias básicas y las ciencias clínicas.

En el contexto nacional, en el área de la optometría, ya se había llevado a cabo una experiencia en el trabajo: la investigación *La resolución de problemas como estrategia de enseñanza en clínica optométrica funcional y patología ocular de la Universidad de La Salle*, realizada por Oviedo, Prada, Aguilar y Herrera (2004), cuyo objetivo estuvo orientado a determinar si la resolución de problemas como estrategia de enseñanza mejoraba la habilidad de los estudiantes en clínica optométrica funcional y patología ocular para la determinación del diagnóstico y el manejo clínico del paciente. Para la recolección de la información se utilizaron diferentes test que fueron aplicados a los estudiantes, los cuales consistían en análisis de casos clínicos. En la investigación

se trabajó con un grupo experimental en el cual, después de utilizar esta estrategia, se observó el aumento significativo en la habilidad para resolver problemas en el diagnóstico y en el manejo clínico del paciente en patologías de segmento anterior en relación con el grupo control, reflejándose esto en el incremento del número de respuestas correctas obtenidas en el postest.

Otras evidencias más recientes, con resultados satisfactorios acerca del uso de esta estrategia, se presentan en la investigación *La resolución de problemas como estrategia didáctica en el aprendizaje de las matemáticas básicas en ingeniería de la Institución Universitaria Los Libertadores* (Calderón y Rodríguez, 2008). Esta estrategia mostró una nueva forma de vivenciar las matemáticas, posibilitando el desarrollo de una mayor autonomía al momento de enfrentar nuevos problemas.

De igual forma, el trabajo denominado *La resolución de problemas como estrategia didáctica y el desarrollo de elementos de la competencia investigativa en la formación de ingenieros. Un estudio realizado con estudiantes de Automatización Industrial del programa de Ingeniería Electrónica de la Fundación Universitaria Los Libertadores* (Cuervo, Gómez y Rodríguez, 2008) mostró resultados positivos al aplicar esta estrategia, puesto que se logró que los estudiantes, en su mayoría, alcanzaran un nivel de desempeño aceptable en 26 de los 28 elementos de competencia investigativa que se pretendieron desarrollar.

Los resultados relevantes y positivos de las investigaciones descritas anteriormente son concordantes con los resultados presentados en esta investigación. Sin embargo, una de las dificultades presentes durante el proceso del uso de la estrategia es el cambio en los esquemas de pensamiento que deben realizar

docentes y estudiantes, reflejados en los momentos de reflexión, elaboración conceptual y organización de un discurso. Por tanto, es necesario continuar trabajando con esta estrategia para superar, en cada situación, los problemas que se presentan y verificar su validez en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

## El rol del docente como investigador

### La metáfora del docente como investigador

La metáfora del docente como investigador ha sido acuñada para subrayar la necesidad de aunar, en la práctica, la investigación acerca de la enseñanza y la mejora de la misma. Uno de los problemas con los que se encuentra siempre la investigación educativa formal que se realiza desde la academia sin el concurso de los docentes o, en el mejor de los casos, con su colaboración, es la dificultad de provocar, a mediano plazo, cambios efectivos de la práctica en las escuelas, que mejoren de manera sustantiva el servicio educativo que ofrecen. Por eso, en las últimas décadas y, sobre todo, a partir del auge y la difusión que los estudios sobre currículum han alcanzado con la aportación, entre otros, de Stenhouse (1984), los sistemas educativos se han empeñado en la tarea de convertir la investigación, con carácter genérico, en una competencia profesional docente más. Se espera hoy del docente que sea capaz de analizar de modo reflexivo su práctica, de manera preferente en colaboración con sus

2 colegas, y que experimente posibles alternativas que le lleven a mejorarla.

Si bien se han acuñado diversos modelos para la investigación en la enseñanza, el modelo de investigación-acción (Kemmis, 1983; Elliott, 1990), tanto por la lógica de su fundamentación como por su lógica procedimental, parece el más idóneo para integrar, en un solo proceso, la tarea de investigar para conocer mejor y la de experimentar para provocar sucesivas innovaciones.

Es preciso comprender que la investigación que realiza el docente tiene unas características bien distintas a las que realizan los investigadores universitarios. Cada una tiene sus propias limitaciones: si la limitación de la segunda, como hemos dicho, es la dificultad para cambiar la práctica, la limitación de la primera es clara: la función indagadora del docente está subordinada a su tarea docente.

Por ello Hopkins (1989) ofrece los siguientes criterios para encauzar de manera efectiva la investigación en la escuela:

- El docente no puede ignorar la primacía del proceso de enseñanza sobre la propia tarea investigadora.
- El método de recopilación de datos no debe ocupar al docente un tiempo excesivo.
- La metodología debe ser lo bastante fidedigna para permitir al docente formular hipótesis con seguridad y desarrollar estrategias aplicables a la situación de aula.
- El problema objeto de investigación debe ser atractivo para él y tener una solución posible; de lo contrario, por definición, no es un problema.

- Se debe prestar gran atención a los aspectos éticos que rodean la investigación.

Los modelos de investigación siguen, en general, la siguiente secuencia que sintetizan Sparks y Loucks-Horsley (1990):

- De manera individual o colectiva, los docentes identifican situaciones problemáticas de su enseñanza que suscitan un interés profesional por incrementar el conocimiento que tienen de ello y experimentar posibles soluciones o alternativas.
- Se recoge información sobre la situación problemática: tanto datos de campo, con base en observaciones sistemáticas de situaciones de clase o de otro tipo, como literatura específica sobre el tema.
- Se procede al análisis de toda la información.
- Se deciden los cambios y se introducen en la práctica.
- Se vuelve a recoger nueva información para valorar los efectos de la intervención y decidir sobre la pertinencia del proceso.

Por su parte, la estrategia de diseminación y utilización del conocimiento parte de la necesidad de integrar un difusor (o un sistema de recursos de difusión ubicado en la universidad o en la institución formativa) y un utilizador (o sistema de utilización ubicado entre los docentes de un centro o grupo de centros que constituyen una red de desarrollo profesional) para la transferencia de conocimiento pedagógico (Huberman, 1990).

Un modelo peculiar de investigación es aquel que se produce con el apoyo, y bajo la cobertura teórica y metodológica, de un experto

en investigación educativa. Se trata del modelo D&U (difusión y utilización), para el que toda transferencia de conocimiento tiene lugar entre un utilizador y un difusor de conocimientos. Este difusor puede ser un experto, un colega o un manual. La función del difusor no es otra que la de proporcionar recursos intelectuales y materiales para la transferencia del conocimiento.

### El rol del docente como investigador

El docente forma con su vida, con su biografía, algo como el ser en sociedad, con su origen y sus luchas, sus derrotas y sus conquistas, con las oportunidades —pocas o muchas— que ha tenido y con la manera como las ha aprovechado; educa con su manera de integrarse, de forma plena o de manera precaria, en la modernidad, en los espacios de la sociedad o, dicho de manera más precisa, con las oportunidades reales que la sociedad le ofrece para transformarse en un ser moderno o con las que le niega o aparenta brindarle.

Es por ello que, en el proceso de cambio, es neurálgico el rol investigador, innovador y reflexivo del docente. Como afirma Assael (1996, pp. 46-52), “El cambio de la función del profesor y de la organización del trabajo docente exige que el proceso de innovación requiere ser asumido a partir de una reflexión crítica sobre las prácticas pedagógicas institucionalizadas”. Es decir, que los docentes investiguen los problemas pedagógicos que enfrentan en su práctica cotidiana, y con el aporte de teorías pedagógicas, intenten comprenderlos en su complejidad para elaborar nuevos conocimientos que les permitan abordar dichos problemas con estrategias diversas.

Por su parte, Briones (2000) afirma que

El profesor de aula debe comprometerse directamente con la investigación que se refiera a su labor como educador. Al respecto, pienso que ese compromiso y acción debería tomar las siguientes formas: a) el profesor reflexivo, la investigación-acción; b) el profesor como usuario de los resultados de la investigación educativa; c) el profesor como investigador individual, es decir, el docente-investigador, y d) el profesor como participante en equipos de investigación (pp. 144-145).

Mientras que Braslavsky (1999, p. 114) considera que “Reinventar la profesión docente exige tener cierta claridad respecto al destino, y propone cinco competencias, entre las que se encuentra la productiva, que permiten comprender e intervenir como sujetos en el mundo”.

Aquí reconocemos a los docentes que realizan innovación o investigación, pero sin dejar de ejercer su oficio diariamente en las aulas y en las instituciones escolares de educación inicial, básica o media, han asumido un papel reflexivo sobre su propia práctica y sobre la de su institución, y se han comprometido a realizar cambios significativos para ellos y para sus estudiantes, o a adelantar procesos sistemáticos de estudio y análisis de las prácticas o de los mismos cambios, con miras a producir un conocimiento que, rebasando las fronteras de su propio trabajo, sirva para comprender diversos significados de la educación o para alentar cambios en otros contextos. En este sentido, han asumido un liderazgo intelectual que transforma la práctica y sirve para alimentar la teoría de una disciplina que justamente tiene, como criterios de validez del conocimiento, la contrastación con la vida y no solamente la explicación de los fenómenos.

Este reto es el que tiene que afrontar el docente contemporáneo, y con las armas de pedagogo investigador e innovador hacer de la educación una tarea práctica, útil, transformadora y protagónica. Oyague (2002, p. 55), en cuanto al nuevo docente, postula que “la práctica pedagógica del maestro debe relacionar el ser con el conocer”, por cuanto construir ese nuevo docente implica tomar, como punto de partida y de llegada, el desarrollo de actitudes investigadoras en los actuales y en los nuevos docentes.

En tal circunstancia, para redefinir el rol del nuevo docente que el encargo social en este siglo exige, “el maestro moderno debe impregnar las siguientes características: ser abierto a la realidad del presente, a los adelantos mundiales y tener visión de futuro” (Oyague, 2002, p. 69), es decir, ser un profesional con una filosofía que trascienda más allá de lo empírico, de lo cotidiano o del sentido común en las aulas.

Los maestros modernos tienen que constituirse en agentes que logren vincular, a través de experiencia, la ciencia con la vida, la cultura académica con la cultura pública (la escuela con la comunidad), el pasado con el presente, el conocimiento humanístico con el científico, el pensamiento con la razón y la tecnología con el arte. Es más, tienen que adoptar actitudes de reflexión de los diversos paradigmas del conocimiento, buscar mejorar los resultados en el aprendizaje con características claras de autonomía, permanencia y creatividad a través de la investigación y la innovación de la enseñanza; implementar, como instrumento fundamental de la práctica pedagógica, el enfoque interdisciplinar y transdisciplinar, ya que no se puede seguir pensando en que el conocimiento es acabado y único:

por el contrario, tiene que atender la necesidad de desarrollar en el niño su integralidad multidimensional (cognitiva, afectiva, creativa, filosófica, lúdica, social, política, etc.) y así poder comprender la complejidad del universo y la relatividad del conocimiento.

## Ventajas de la enseñanza por resolución de problemas

El National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) propuso, para la década de los ochenta, la resolución de problemas como eslogan educativo de la matemática escolar, con la intención de hacer que, en la enseñanza de las matemáticas escolares, se ponga el enfoque en la resolución de problemas.

La enseñanza por resolución de problemas tenía por objeto el estudio de las reglas y de los métodos de descubrimiento y de la invención. La heurística moderna, inaugurada por Polya (1980) con la publicación de su obra *How to Solve It*, trata de comprender el método que conduce a la solución de problemas, en particular, las operaciones típicamente útiles en este proceso.

De Guzmán (1988), partiendo de las ideas de Polya y de los trabajos de Schoenfeld (1985, 1987), ha elaborado un modelo para la ocupación con problemas, donde se incluyen tanto las decisiones ejecutivas y de control como las heurísticas. La finalidad de tal modelo es que la persona examine y remodele sus propios métodos de pensamiento de forma sistemática a fin de eliminar obstáculos y de llegar a establecer hábitos mentales eficaces, en otras palabras, lo que Polya denominó pensamiento productivo.



En la resolución de problemas hay operaciones mentales típicamente útiles como la heurística, que son similares a reglas o modos de comportamiento que favorecen el éxito en el proceso de resolución, sugerencias generales que ayudan al individuo o al grupo a comprender mejor el problema y a hacer progresos hacia su solución. La enseñanza por resolución de problemas pone el énfasis en los procesos de pensamiento, en los procesos de aprendizaje, y toma los contenidos matemáticos, cuyo valor no se debe en absoluto dejar a un lado, como campo de operaciones privilegiado para la tarea de ser realizados con pensamientos eficaces.

Según García (2001), la enseñanza para resolver problemas tiene al menos tres interpretaciones: proponer a los alumnos más problemas, emplear aplicaciones de los problemas a la vida diaria y a las ciencias, y no proponer solo ejercicios, sino también problemas genuinos que promuevan la búsqueda, la investigación en los alumnos. Lo que se persigue en el fondo con este método es transmitir, en lo posible de una manera sistemática, los procesos de pensamiento eficaces en la resolución de verdaderos problemas.

Ha existido una cierta polémica sobre la diferencia que hay entre un ejercicio y un auténtico problema. Lo que para algunos es un problema, por falta de conocimientos específicos sobre el dominio de métodos o algoritmos de solución, para los que sí los tienen es un ejercicio.

Según el planteamiento de Borasi (1986), en uno de sus primeros intentos para clarificar la noción de problema, originado por su interés en mejorar la enseñanza de la resolución de problemas, utiliza los siguientes elementos estructurales para una tipología:

- El contexto del problema, es decir, la situación en la cual se enmarca el problema mismo.
- La formulación del problema, o sea, la definición explícita de la tarea a realizar.
- El conjunto de soluciones que pueden considerarse como aceptables para el problema.
- El método de aproximación que podría usarse para alcanzar la solución.

### Lo que significa tener un problema

Tener un problema significa buscar, de forma consciente, una acción apropiada para lograr un objetivo claramente concebido pero no alcanzable de forma inmediata (Polya citado en García, 2001); según García (2001), un problema satisface tres requisitos importantes, que son la aceptación, el bloqueo y la exploración.

- En la aceptación, el individuo o grupo acepta el problema y adquiere un compromiso formal, que puede ser debido a motivaciones tanto externas como internas.
- El bloqueo se refiere a que los intentos iniciales no dan fruto, las técnicas habituales de abordar el problema no funcionan.
- La exploración es el compromiso personal o del grupo que obliga la exploración de nuevos métodos para atacar el problema.

Según el Ministerio de Educación Nacional (2009), resolver problemas implica encontrar un camino que no se conoce

de antemano, es decir, una estrategia para encontrar una solución. Para ello se requiere conocimientos previos y capacidades, que muchas veces termina en la construcción de nuevos conocimientos.

A través de la resolución de problemas se crean ambientes de aprendizaje que permiten la formación de sujetos autónomos y críticos, que además adquieren formas de pensar, hábitos de perseverancia, curiosidad y confianza en situaciones no familiares que les sirven fuera de la clase.

### El énfasis que pone la enseñanza por resolución de problemas

La enseñanza por resolución de problemas pone énfasis en considerar, como lo más importante:

- Que el alumno manipule los objetos.
- Que active su propia capacidad mental.
- Que ejercite su creatividad.
- Que reflexione sobre su propio proceso de pensamiento a fin de mejorarlo conscientemente.
- Que, a ser posible, haga transferencias de estas actividades a otros aspectos de su trabajo mental.
- Que adquiera confianza en sí mismo.
- Que se divierta con su propia actividad mental.
- Que se prepare así para otros problemas de la ciencia y, posiblemente, de su vida cotidiana.
- Que se prepare para los nuevos retos de la tecnología y de la ciencia.

### Las ventajas de este tipo de enseñanza

Algunas de las ventajas que ofrece la enseñanza por resolución de problemas se explican así:

- Porque es lo mejor que podemos proporcionar a nuestros jóvenes: capacidad autónoma para resolver sus propios problemas.
- Porque el mundo evoluciona muy rápidamente: los procesos efectivos de adaptación a los cambios de nuestra ciencia y de nuestra cultura no se hacen obsoletos.
- Porque el trabajo se puede hacer atrayente, divertido, satisfactorio, autorealizador y creativo.
- Porque muchos de los hábitos que así se consolidan tienen un valor universal.
- Porque es aplicable a todas las edades.

Su novedad está en la forma de presentación de un tema basado en el espíritu de la resolución de problemas. A continuación se enumeran los pasos del procedimiento que debe seguirse en este método:

- Propuesta de la situación problema de la que surge el tema (basada en la historia, en aplicaciones, en modelos, en juegos, etc.).
- Manipulación autónoma del problema por los estudiantes.
- Familiarización con la situación y sus dificultades.
- Elaboración de estrategias posibles para la resolución del problema.

- Ensayos diversos para la resolución de problemas por parte de los estudiantes.
- Herramientas elaboradas a lo largo de la experiencia.
- Elección de estrategias.
- Ataque y resolución de los problemas.
- Recorrido crítico de lo resuelto del problema (reflexión sobre el proceso).
- Afianzamiento formalizado (si conviene).
- Generalización.
- Nuevos problemas.
- Posibles transferencias de resultados, de métodos, de ideas, etc.

En todo el proceso el eje principal ha de ser la propia actividad dirigida por el docente, colocando al alumno en situación de participar, sin aniquilar el placer de ir descubriendo por sí mismo lo que los grandes han logrado con tanto esfuerzo. Se trata de armonizar adecuadamente los dos componentes que lo integran: el componente heurístico, es decir, la atención a los procesos de pensamiento, y los contenidos específicos del pensamiento de cada ciencia.

De Guzmán (1988) enuncia algunas líneas de trabajo sobre la preparación necesaria para la enseñanza a través de la resolución de problemas:

- Primero, requiere una inmersión personal, seria y profunda para adquirir unas nuevas actitudes que calen y se vivan profundamente.

- El método de enseñanza por resolución de problemas se realiza más efectivamente mediante la formación de pequeños grupos de trabajo.

El trabajo en grupo, en el método de enseñanza por resolución de problemas, tiene una serie de ventajas importantes:

- Proporciona la posibilidad de un gran enriquecimiento al permitirnos percibir las distintas formas de afrontar una misma situación-problema.
- Se puede aplicar el método desde diferentes perspectivas: unas veces, en el papel de moderador del grupo, y otras, en el de observador de su dinámica.
- El grupo proporciona apoyo y estímulo en una labor que, de otra manera, puede resultar dura por su complejidad y por la constancia que requiere.
- El trabajo con otros nos da la posibilidad de contrastar los progresos que el método es capaz de producir en uno mismo y en otros.
- El trabajo en grupo proporciona la posibilidad de prepararse mejor para ayudar a nuestros estudiantes en una labor semejante, con mayor conocimiento de los resortes que funcionan en diferentes circunstancias y personas.

Algunos de los aspectos que es preciso atender en la práctica inicial adecuada de este método son los siguientes:

- Exploración de los diferentes bloqueos que actúan en cada uno de nosotros, los docentes, a fin de conseguir una

actitud sana y agradable frente a la tarea de la resolución de problemas.

- Práctica de los diferentes métodos y técnicas concretas de desbloqueo.
- Explorar las aptitudes y los defectos propios más característicos con la elaboración de una especie de autoretrato heurístico.
- Ejercicios de diferentes métodos y alternativas.
- Práctica sometida de resolución de problemas, con la elaboración de sus protocolos y su análisis en profundidad.

## Referencias

- Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (1994). *Los estilos de aprendizaje: procedimientos de diagnóstico y mejora*. Bilbao: Mensajero.
- Álvarez Méndez, J. M. (2003). *La evaluación a examen: ensayos críticos*. Madrid: Miño y Dávila.
- Álvarez Méndez, J. M. (2005). La evaluación en la encrucijada: dilemas prácticos. *Revista Internacional Magisterio*, 14, 16-18.
- Alves de Mattos, L. (1956). A aprendizagem como objeto do ensino. *Revista de Pedagogia*, 2(2), 79-87.
- Anderson, J. (1990). *Cognitive Psychology and Its Implications*. Nueva York: W. H. Freeman and Co.
- Ashmore, A. D., Frazer, M. J. y Casey, R. J. (1979). Problem solving and problem solving networks in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 56, 377-379.
- Assael, J. (1996). Innovación, investigación y perfeccionamiento docente. En *Encuentro entre innovadores e investigadores en educación* (pp. 44-57). Bogotá: Convenio Andrés Bello.
- Ávila, R. (2006) *La investigación-acción pedagógica, experiencias y lecciones*. Bogotá: Anthropos.

- Ballenilla, F. (1995). *Enseñar investigando: ¿cómo formar docentes desde la práctica?* Sevilla: Díada.
- Barnett, R. (2001). *Los límites de la competencia: el conocimiento, la educación superior y la sociedad*. Barcelona: Gedisa.
- Barrantes, E. (2002). La evaluación por competencias: ¿un asunto educativo? *Revista Educación y Cultura. Fecode*, 56.
- Bartolomé, M. (1994). *Investigación-acción. Experiencias*. XIX Jornadas de Pedagogía de la Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, España.
- Bonal, X. (1994). *¿Qué clase de investigación-acción para el cambio educativo?* Barcelona: Estudis de Formació continuada, Universitat de Barcelona, Fundació Bosch i Gimpera.
- Braslavsky, C. (1999). *Re-haciendo escuelas: hacia un nuevo paradigma en la educación latinoamericana*. Buenos Aires: Santillana.
- Briones, G. (2000). Tendencias recientes de la investigación en pedagogía: áreas, problemas y formas de relación. En *Memo-ria del Simposio Internacional de Investigadores en Educación. La investigación como práctica pedagógica* (pp. 127-148). Santa Marta, Colombia, 8-10 de noviembre de 1999. Bogotá: Convenio Andrés Bello.
- Briones, G. (2000). *Evaluación educacional*. Bogotá: Convenio Andrés Bello.
- Brown, S. y Glasner, A. (2003). *Evaluar en la universidad: problemas y nuevos enfoques*. Madrid: Narcea.
- Borasi, R. (1986). On the nature of problems. *Educational Studies of Mathematics*, 17, 125-141.
- Boyer, R. y Tiberghien, A. (1989). Las finalidades de la enseñanza de la física y la química vistas por profesores y alumnos franceses. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 213-222.
- Bustamante, G. (2000). *Evaluación escolar y educativa en Colombia*. Bogotá: Sociedad Colombiana de Pedagogía, Alejandría Libros.
- Caballer, M. J. y Oñorbe, A. (1997). Resolución de problemas y actividades de laboratorio. En Luis del Carmen (Coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: ICE Universidad de Barcelona - Horsori.
- Calderón, H. y Rodríguez, R. (2008). *La resolución de problemas como estrategia didáctica en el aprendizaje de las matemáticas básicas en ingeniería de la Institución Universitaria Los Libertadores* (tesis de Maestría en Educación). Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
- Callejas, M. M. (Comp.) (2005). *Desarrollo de competencias en ciencias e ingenierías: hacia una enseñanza problematizada*. Bogotá: Magisterio.
- Callejas, M. M. y Corredor, M. V. (2002). La renovación de los estilos pedagógicos: colectivos para la investigación y la acción en la universidad. *Revista Docencia Universitaria*, 3(1).
- Camilloni, A., Celman, S., Litwin, E. y Palou de Maté, M. (2000). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. México: Paidós.
- Cañón, J. C. (2001). La ingeniería y el compromiso permanente con el desarrollo. *Criterios y procedimientos para la verificación de estándares de calidad de programas académicos de pregrado en ingeniería*. Consejo Nacional de Acreditación, Serie Estándares Básicos de Calidad N.º 2. Bogotá: Corcas.

- Carr, W. y Kemmis, S. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza: la investigación-acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Martínez Roca.
- Carrascosa, J., Fernández, I., Gil, D. y Orozco, A. (1993). Análisis de algunas visiones deformadas sobre la naturaleza de las ciencias y las características del trabajo científico. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, 43-44.
- Cayetano, S. (1996). *Evaluación integral por procesos: una experiencia construida desde el aula*. Bogotá: Magisterio.
- Cerda, H. (2001). *La evaluación como experiencia total: logros-objetivos-procesos, competencias y desempeño*. Bogotá: Magisterio.
- Claxton, G. (1990). *Teaching to learn: A direction for education*. Londres: Hardcover.
- Cohen, L. y Manion, L. (1985). *Research methods in education*. Londres: Croom Helm.
- Corey, S. (1953). *Action Research to Improve School Practices*. Nueva York: Columbia University, Teachers College Press.
- Cuervo, C. F., Gómez, A. N. y Rodríguez, O. J. (2008). *La resolución de problemas como estrategia didáctica y el desarrollo de elementos de la competencia investigativa en la formación de ingenieros. Un estudio realizado con estudiantes de Automatización Industrial del programa de Ingeniería Electrónica de la Fundación Universitaria Los Libertadores* (tesis de Maestría en Docencia). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- De Guzmán, M. (1998). *Enseñanza de las ciencias y la matemática*. Recuperado de <http://www.oei.org.co/oeivirt/ciencias.htm>.
- Delors, J., Al Mufri, I. y otros (1996). *La educación encierra un tesoro: informe a la Unesco de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI, presidida por Jacques Delors*. Madrid: Santillana, Unesco.
- Dewey, J. (1989). *Cómo pensamos: nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*. Barcelona: Paidós.
- Dewey, J. (1995). *Democracia y educación*. Madrid: Morata.
- Díaz, M. (2001). *Estándares mínimos de calidad para la creación y funcionamiento de programas universitarios de pregrado. Referentes básicos para su formulación*. Serie Calidad de la Educación Superior N.º 1. Bogotá: ICFES.
- Dickinson, J. P. (1986). *La ciencia y los investigadores científicos en la sociedad moderna*. Buenos Aires: Unesco, Fundación Miguel Lillo.
- Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *International Journal of Science Education*, 84(9), 287-312.
- Dunker, K. (1945). On problem-solving. *Psychological Monographs*, 58(5).
- Elliott, J. (1990). *La investigación-acción en educación*. Madrid: Morata.
- Elliott, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Madrid: Morata.
- Escudero, J. M. (1987). La investigación-acción en el panorama actual de la investigación educativa: algunas tendencias. *Revista de Innovación e Investigación Educativa*, 3, 5-39.
- Felder, R. (1982). *Does Engineering Education Have Anything to Do with Either One? Toward a Systems Approach to Training Engineers*. Paper presented at the R. J. Reynolds Industries, Inc. Award Distinguished Lecture Series. Truitt

- Auditorium School of Engineering, North Carolina State University at Raleigh.
- Felder, R. y Silverman, L. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engineering Education*, 78(7), 674-681.
- Fernández, J. y Elortegui, N. (1996). ¿Qué piensan los docentes acerca de cómo se debe enseñar? *Enseñanza de las Ciencias*, 14(9), 331-342.
- Ferrés, J. (1992). *Vídeo y educación*. Barcelona: Paidós.
- Frazer, R. M. (1982). Solving Chemical Problems. *Chemical Society Reviews*, 11(2), 171-190.
- Forero, M. F., Pardo, A., Oviedo, P. E., Salcedo, L. E. y Callejas, M. (2006). Los estilos pedagógicos y la investigación: implicaciones en el desarrollo profesional docente de los profesores de la Universidad Pedagógica Nacional. *Pedagogía y Saberes*, 23, 39-44.
- Fundación Universitaria del Área Andina. (2005). *Reglamento de prácticas de la Fundación Universitaria del Área Andina*. Expedido por el acuerdo N.º 032 del 28 de octubre. Recuperado de [http://www.areandina.edu.co/contenidos/medios\\_portal/n\\_documentos/Reglamentos/Reglamento-de-Practicas-de-la-Salud.pdf](http://www.areandina.edu.co/contenidos/medios_portal/n_documentos/Reglamentos/Reglamento-de-Practicas-de-la-Salud.pdf)
- Furió, C., Iturbe, J. y Reyes, J. V. (1994). Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 24, 89-99.
- Gagné, R. M. (1971). *Las condiciones del aprendizaje*. Madrid: Aguilar.
- Gallego, M. J. (1991). Investigación sobre pensamientos del profesor: aproximaciones al estudio de las teorías y creencias de los docentes. *Revista Española de Pedagogía*, 189, 287-325.
- Gallego, R. y Pérez, R. (1994). *Representaciones y conceptos científicos: un programa de investigación*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- García, J. A. (2001). *Didáctica de las matemáticas: una visión general*. Recuperado de <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/rtee/didmat.htm>
- García, J. J. (2009). *Didáctica de las ciencias: resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Bogotá: Magisterio.
- García, J. E. y García, F. F. (1999). *Aprender investigando: una propuesta metodológica basada en la investigación*. Sevilla: Díada.
- Garrett, R. M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 224-230.
- Gil, D. (1991). ¿Qué han de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- Gil, D., Carrascosa, J., Dumas-Carré, A., Furió, C., Gallego, R., Gené, A., González, E., Guisasaola, J., Martínez-Torregrosa, J., Pessoa, A. M., Salinas, J., Tricárico, H. y Valdés, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 509-512.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Gil, D., Dumas, A., Caillot, M., Martínez-Torregrosa, J. y Ramírez, L. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel

- como actividad de investigación. *Investigación en la Escuela*, 6, 3-19.
- Gil, D. y Martínez-Torregrosa, J. (1989). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.
- Glazman, R. (2001). *Evaluación y exclusión en la enseñanza universitaria*. México: Paidós.
- González, D. (1952). *Didáctica o dirección del aprendizaje*. La Habana: Cultural.
- Goyette, G. y Lessard-Hébert, M. (1988). *La investigación-acción: funciones, fundamentos e instrumentación*. Barcelona: Laertes.
- Hayes, J. R. (1990). The Complete Problem Solver. Philadelphia, The Franklin Institute Press. 1981. Citado en Ramírez Castro, J. L., *La resolución de problemas de física y química como investigación en la enseñanza media: un instrumento de cambio metodológico* (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Ciencias Químicas, España.
- Henao, M., Hernández, C., Hoyos, G., Pabón, N. y Velázquez, M. (2002). *Educación Superior: Sociedad de Investigación*. Bogotá: Colciencias, Ascun.
- Hernández, C. A. y Carrascal, J. (2002). *Disciplinas*. Serie Calidad de la Educación Superior N.º 4. Bogotá: ICFES, Procesos Editoriales.
- Hopkins, D. (1989). *Investigación en el aula: guía del profesor*. Barcelona: PPU.
- Huberman, M. (1990). Las fases de la profesión docente: ensayo de descripción y previsión. *Currículum*, 2, 139-159.
- Hubert, R. (1992). *Tratado de pedagogía general*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Hudgins, B. (1996). *Cómo enseñar a resolver problemas en el aula*. Buenos Aires: Paidós.
- Jessup, M. (1997). Resolución de problemas y enseñanza de las ciencias naturales. *Tecné, Episteme y Didaxis: Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, 3, 41-52.
- Jessup, M., Oviedo, P. E. y De Castellanos, R. (2000). La resolución de problemas y la educación en ciencias naturales. *Pedagogía y Saberes*, 15, 43-50.
- Jessup, M., Oviedo, P. E. y Pulido de Castellanos, R. (2000). *La resolución de problemas y la educación en ciencias naturales*. Ponencia presentada en el Primer Encuentro de Facultades de Educación, Bogotá.
- Kemmis, S. (1989). Action research. En Husen, T. y Postlethwaite, T. (Eds.), *International Encyclopedia of Education: Research and Studies*. Oxford: Pergamon.
- Kemmis, S. y McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Barcelona: Laertes.
- Kempa, R. F. (1986). Resolución de problemas de química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 99-110.
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Latorre, A., Rincón, D. y Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: GR92.
- Lederman, N. G. (1992). Students and teachers conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.



- Lewin, K. (1947). Group decision and social change. En T. Newcomb y E. Hartley (Eds.), *Readings in Social Psychology* (pp. 330-344). Nueva York: Henry Holt.
- Lippitt, R. y Radke, M. (1946). New trends in the investigation of prejudice. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 244, 167-176.
- Luzuriaga, L. (1991). *Historia de la educación y la pedagogía*. Buenos Aires: Losada.
- Maldonado, M. Á. (2006a). *Competencias, método y genealogía*. Bogotá: Ecoe.
- Maldonado, M. Á. (2006b). *Las competencias, una opción de vida: metodología para el diseño curricular*. Bogotá: Ecoe.
- Marín, N. (1996). *Condiciones fundamentadas de enseñanza-aprendizaje para la resolución de problemas en ciencias* (conferencia mimeografiada). Programa Interinstitucional de Doctorado en Educación de la Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Martínez, P. (2000). Un problema planteado como actividad de investigación: estudio de las posibles trayectorias para el lanzamiento efectivo de un tiro libre de baloncesto. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), 131-140.
- Martínez-Torregrosa, J. (1987). *La resolución de problemas de física como investigación: un instrumento de cambio metodológico* (tesis doctoral). Universidad de Valencia, España.
- Martínez-Torregrosa, J., Doménech, J. L. y Verdú, R. (1993). Del derribo de ideas al levantamiento de puentes: la epistemología de la ciencia como criterio organizador de la enseñanza en las ciencias: física y química. *Curriculum*, 6 y 7 (extra sobre enseñanza de las ciencias), 67-89.
- Martínez-Torregrosa, J., Verdú, R., Gil, D., Callejas, M., André, C., García, G., Moreno, D., Alfonso, R. y Quiroga, J. (2005). *Desarrollo de competencias en ciencias e ingenierías: hacia una enseñanza problematizada*. Bogotá: Magisterio.
- Mayer, R. E. (1986). *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Barcelona: Paidós.
- Mellado, J. V. (1996). Concepciones y prácticas del aula de docentes de ciencia, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289-302.
- Mckernan, J. (2001). *Investigación-acción y currículo: métodos y recursos para profesionales reflexivos*. Madrid: Morata.
- Mettes, C. T. C. W., Pilot, A., Roosink, J. H. y Kramers-Pals, H. (1980). Teaching and learning problem solving in science. Part I: A general strategy. *Journal of Chemical Education*, 57(12), 882-885.
- Millar, R. y Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Ministerio de Educación Nacional. (2009). *Documento 10: desarrollo infantil y competencias en la primera infancia*. Bogotá: Taller Creativo de Aleida Sánchez B.
- Montenegro, I. (2009). *Cómo evaluar el aprendizaje escolar: orientaciones para la aplicación del Decreto 1290 de 2009*. Bogotá: Magisterio.
- Murphy, P. y Gott, R. (1990). The Assessment Framework at 13715. (Science Report for Teacher, DES: Londres). Citado en Sigüenza, A. F. y Sáez, M. J., Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 223-230.

- Newell, A. y Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Niño, L. S. (2006). El sujeto en la evaluación educativa en la sociedad globalizada. *Revista Opciones Pedagógicas*, 32, 39-53.
- Novak, J. y Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- Otero, J. (1985). Assimilation problems in traditional representation of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, 7(4), 361-369.
- Ormrod, J. (2004). *Aprendizaje humano* (4ª ed.). Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Oviedo, P. E. (2003). La resolución de problemas como actividad de investigación: una perspectiva de desarrollo pedagógico. *Itinerario Educativo*, 42, 39-63.
- Oviedo, P. E. (2006). La resolución de problemas y el cambio de las concepciones y prácticas sobre enseñanza y el aprendizaje de los ingenieros como docentes universitarios. *Revista de Investigación. Universidad de La Salle*, 6(2), 233-244.
- Oviedo, P. E. (2006). *La resolución de problemas como estrategia metodológica en el cambio de las concepciones y prácticas de enseñanza y de aprendizaje. Un estudio realizado con un grupo de ingenieros docentes universitarios, estudiantes de la maestría en docencia de la Universidad de La Salle*. Bogotá: Universidad de La Salle.
- Oviedo, P. E. (2007). La resolución de problemas: una estrategia para aprender a aprender. *Pedagogía y Saberes*, 26, 57-66.
- Oviedo, P. E. (2010). El papel de la resolución de problemas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En *Periscopio universitario: reflexiones sobre educación, investigación y docencia*. Bogotá: Ediciones Unisalle.
- Oviedo, P. E., Fuentes, J. C., Malangón, M. L., Mazuera, L. F., Ríos, G. y Gómez, F. (2008). La resolución de problemas como estrategia para el desarrollo de las competencias investigativas en estudiantes de ingeniería. *Revista de Investigación. Universidad de La Salle*, 8(1), 61-70.
- Oviedo, P. E., Gómez, R., Zapata, C., Ramírez, C., Suárez, E., Hernández, M., Montenegro, I., Escobar, C. y Benítez, J. (2007). *La resolución de problemas y el cambio de las concepciones y prácticas de enseñanza y aprendizaje de los ingenieros como docentes universitarios*. Ponencia presentada en el V Simposio de Investigaciones de la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
- Oviedo, P. E., Prada, R., Aguilar, P. y Herrera, H. (2004, diciembre). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza en clínica optometría funcional y patología ocular de la Universidad de La Salle. *Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 3. Recuperado de <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/sv/article/view/1920>
- Oyague, M. (2002). *La investigación-acción como metodología en los cursos de investigación educativa en la Facultad de Ciencias Histórico-Sociales y Educación* (tesis para optar el grado de doctor en Educación). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG), Lambayeque, Perú.
- Pacheco, T. y Díaz, Á. (Coords.) (2000). *Evaluación académica*. México: Centro de Estudios Superiores Universitarios (CESU), Fondo de Cultura Económica.
- Perales, J. (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 170-178.
- Perales, J. (2000). *Resolución de problemas*. Madrid: Síntesis.

- Pérez, A. I. (1987). El pensamiento del docente, vínculo entre la teoría y la práctica. *Revista de Educación*, 284, 199-221.
- Pérez Serrano, G. (1994). Técnicas y análisis de datos. En *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes* (vol. 2). Madrid: La Muralla.
- Pérez Serrano, G. (1990). *Investigación-acción: aplicaciones al campo social y educativo*. Madrid: Dykinson.
- Polya, G. (1980). On solving mathematical problems in high school. En S. Krulik y R. E. Reys (Eds.), *Problem Solving in School Mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Pomes, J. (1991). La metodología de resolución de problemas y el desarrollo cognitivo: un punto de vista postpiagetiano. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 78-82.
- Popper, K. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Popper, K. (1991). *La sociedad abierta y sus enemigos*. Barcelona: Paidós.
- Porlán, R. (1993). *Constructivismo y escuela*. Sevilla: Díada.
- Porlán, R., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los docentes I: teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-171.
- Pozo, J. I. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Pozo, J. I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*, 7, 18-28.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. y Monereo, C. (Eds.) (1999). *El aprendizaje estratégico: enseñar a aprender desde el currículo*. Madrid: Santillana.
- Pozo, J. I., Pérez, M., Gómez, M. A. y Postigo, Y. (1999). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Prada, R., Aguilar, P. y Herrera, H. (2004). *La resolución de problemas como estrategia de enseñanza en clínica optométrica funcional y patología ocular de la Universidad de La Salle* (tesis de la Especialización en Docencia Universitaria). Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
- Riche, N. (1990). Trame pour rédiger un exercice de physique. *Revue Française de Pédagogie*, 45, 183-199. 1978. Citado en Ramírez Castro, J. L., *La resolución de problemas de física y química como investigación en la enseñanza media: un instrumento de cambio metodológico* (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Ciencias Químicas, España.
- Rojas Soriano, R. (1999). *Investigación-acción en el aula: enseñanza-aprendizaje de la metodología*. México: Plaza y Valdés.
- Rueda, M. y Díaz, F. (2000). *Evaluación de la docencia: perspectivas actuales*. México: Paidós.
- Sandín, M. P. (2003). *Investigación cualitativa en educación: fundamentos y tradiciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Santos, M. A. (1996). *Evaluación educativa: un enfoque práctico de la evaluación de alumnos, docentes, centros educativos y materiales didácticos* (t. 2). Buenos Aires: Editorial Magisterio del Río de La Plata.
- Selvaratnam, M. (1990). Problem Solving - A Model Approach. *Education in Chemistry*, 27, 163-165.
- Séneca, L. (1996). *Diálogos*. Traducción y notas de J. Mariné Isidro. Madrid: Gredos.

- Sepúlveda, G. (1989). La educación. *Revista Interamericana de Desarrollo Educativo*, 104, 57-59.
- Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Nueva York: Academic Press.
- Schoenfeld, A. (1987). *Cognitive Science and Mathematics Education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Shaw, I. F. (2009). *La evaluación cualitativa: introducción a los métodos cualitativos*. México: Paidós.
- Sigüenza, A. F. y Sáez, M. J. (1990). Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 223-230.
- Sparks, D. y Loucks-Horsley, S. (1990). Models of Staff Development. En W. R. Houston (Ed.), *Handbook of Research on Teacher Education*. Nueva York: Macmillan.
- Stenhouse, L. (1984). *Investigación y desarrollo del currículum*. Madrid: Morata.
- Stenhouse, L. (1987). *La investigación como base de la enseñanza*. Madrid: Morata.
- Suárez, P. y Latorre, H. (2000). *La evaluación escolar como mediación: enfoque sociocrítico*. Bogotá: Fundación Francisca Radke.
- Taba, H. y Noel, E. (1957). *Action Research: A Case Study*. Washington: Association for Supervision and Curriculum Development (NEA).
- Tavera, I. S. y Oviedo, P. E. (2008). El estilo pedagógico y la resolución de problemas: una contribución al proceso de enseñanza-aprendizaje en la práctica clínica de optometría pediátrica. *Ciencia & Tecnología Para la Salud Visual y Ocular. Universidad de La Salle*, 11, 67-75.
- Tavera, P. e Ingrid, S. (2008). *El estilo pedagógico del docente y la implementación de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza en la práctica clínica de Optometría Pediátrica de la Fundación Universitaria del Área Andina* (tesis de Maestría en Educación). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Tobón, S. (2006a). *Formación basada en competencias: pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Bogotá: Ecoe.
- Tobón, S. (2006b). *Competencias en educación superior. Políticas hacia la calidad*. Bogotá: Ecoe.
- Torrado, M. C. (1999). *El desarrollo de las competencias: una propuesta para la educación colombiana*. Bogotá: Mimeo.
- Torres, E., Marín, L., Bustamante, G., Gómez, J. y Barrantes, E. (2002). *El concepto de competencia: una mirada interdisciplinar* (t. 1). Bogotá: Alejandría.
- Toulmin, S. (1977). El uso colectivo y la evolución de los conceptos. En *La comprensión humana* (vol. 1). Madrid: Alianza.
- Vásquez, F. (2006). *Vitalidad de la didáctica* (conferencia). Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
- Vásquez, F. (2007). *Destilar la información: un ejemplo seguido paso a paso*. Universidad de La Salle. Trabajo presentado en la Maestría en Docencia, Universidad de La Salle, convenio I. U. Cesmág (manuscrito no publicado). Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
- Watts, M. (1991). *The science of problem-solving: A practical guide for science teachers*. Londres: Cassell.
- Woods, D. R., Crowe, C. M., Hoffman, T. W. y Wright, J. D. (1985, enero). Challenges to Teaching Problem-Solving Skills. *Chem19 News. Waterloo University*, 155, 1-12.