

La investigación-acción-formación en la resolución de problemas científicos y tecnológicos en el aula

The research-action training in resolution of scientific and technological problems in the classroom

Hernando Velásquez Montoya*

Resumen

Ciencia, tecnología y sociedad es el marco de referencia del presente artículo. Lo anterior es visto como un campo de investigación de la didáctica de las ciencias, en el que la resolución de problemas en el aula es una de las líneas de trabajo más desarrolladas por distintos autores en esta materia. La resolución de problemas, como instrumento de formación y desarrollo, puede ser incorporada en los diferentes niveles de la educación y es una de las vías más efectivas que posibilitan el enfrentamiento temprano del alumno con "situaciones problema". De otra parte, se encuentra la investigación-acción-formación, entendida como un método investigativo que permite vincular el enfoque ciencia, tecnología y sociedad con programas de acción, donde la educación en la ciencia para la acción y en la acción para la ciencia y la relevancia social, tiene como objetivo ayudar a instruir futuros ciudadanos, capaces de diseñar e implementar acciones transformativas tanto en los ámbitos socioculturales como individuales y colectivos.

Palabras clave: resolución de problemas en didáctica de las ciencias y la tecnología, metodologías de investigación en didáctica de las ciencias y la tecnología, la investigación-acción-formación en la enseñanza de la ciencia y la tecnología, enseñanza de la ciencia y la tecnología, ciencia, tecnología y sociedad.

Abstract

Science, technology and society is the reference to this article, this is seen as a research field of science teaching, in which problem-solving in the classroom is one of the most lines of work developed by various authors in this field. Problem solving as tools for training and development can be incorporated at different levels of education and is one of the most effective ways that allow the student's early confrontation with "problem situations". On the other hand, is the research-action-formation, understood as a research method that allows linking approach Science, Technology and Society program of action, where education in science for action and action for science and social relevance, aims to help educate future citizens, able to design and implement actions to transform the individual and collective socio-cultural areas.

Key words: problem solving in teaching of science and technology, research methodologies in science teaching and technology, action research and training in the teaching of science and technology, teaching of science and technology, science, technology and society.

* Magíster en Docencia Universitaria. Doctorando en Ciencias de la Educación. Pontificia Universidad Católica de Chile. Correos electrónicos: hevelasquez@areandina.edu.co hervemo@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Ciencia, tecnología y sociedad (CTS), en la actualidad, no es sólo un nuevo contrato social que busca adaptar la ciencia y la tecnología a las realidades políticas, sociales y medioambientales del siglo XXI —como se concluyó en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia, La ciencia en el siglo XXI: un nuevo compromiso, realizada en 1999 por la UNESCO en Budapest— sino que también se reconoce como un campo de investigación de la didáctica de las ciencias plenamente consolidado en el ámbito internacional. Lo anterior, por cuanto es objeto de estudio activo por parte de científicos, universidades, centros educativos y administraciones públicas de algunos países, tal y como lo señalan Furió y Vilches (1999), al afirmar que los estudios de las relaciones ciencia, tecnología y sociedad (CTS) tanto desde el campo de la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia como desde la educación científica, han tenido un enorme desarrollo en los últimos años.

Por lo tanto, los trabajos en torno a estos temas constituyen, en la actualidad, una línea de investigación importante en la didáctica de las ciencias, como ponen de manifiesto la gran cantidad de trabajos, artículos y revisiones bibliográficas publicadas (Vilches, 1994; San Valero y Solbes, 1995; López Cerezo, 1998a).

Una de las responsabilidades asignadas a este contrato social es la de la alfabetización científica para todos, de manera que se capacite a todas las personas (*science and technology for all*) para poder tomar decisiones responsables en cuestiones controvertidas, relacionadas con la calidad de las condiciones de vida —entendida ésta en un sentido amplio— en una sociedad cada vez más impregnada de ciencia y tecnología (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Acevedo, 2002). Afirman estos mismos autores (DeBoer, 2000; Hurd, 1998; Oliver *et al.*, 2001 citados por Acevedo, 2001) que la alfabetización científica, como finalidad educativa, tiene una larga historia en la educación científica, pero que desde la década de los noventa se ha fortalecido con el debate internacional, incluyendo la dimensión tecnológica en la noción de alfabetización científica.

Si bien su proceso histórico está marcado por importantes desarrollos que desde diferentes ámbitos se hacen al enfoque CTS, lo que le ha permitido un espacio de reflexión e indagación desde la didáctica de las ciencias, también es cierto que desde esta disciplina aún persisten dudas y falta de claridad entre las relaciones que se dan entre ciencia y tecnología, pues afirman algunos autores que el mayor esfuerzo en torno de esta área se ha hecho alrededor del contexto social que juntas comparten, tanto desde el punto de vista de los antecedentes culturales, políticos y sociales, como desde el punto de vista de sus consecuencias ambientales y sociales. Plantean Acevedo, *et al.* (2005), aludiendo a Martín y Osorio (2003): “[...] por desgracia, esta dimensión CTS suele tener sólo un papel adjetivo y marginal frente a los contenidos sustantivos tradicionales de los currículos de ciencias y tecnologías”. Dotar de rango sustantivo a la dimensión CTS —elevantarla de anécdota a categoría— sería, sin duda, un gran avance, pero todavía habría que dar un paso más, pues la esencia del papel de CTS en la educación científica está, sobre todo, en educar para la participación cívica en las decisiones tecnocientíficas...” (Acevedo, *et al.*, 2005).

Como se mencionó anteriormente, existen numerosos proyectos en relación con la formación secundaria, que tratan de adoptar un enfoque social en la enseñanza de las ciencias (Sanmartín, *et al.*, 1992). Por lo que la enseñanza de las ciencias no puede ceñirse al conocimiento científico y tecnológico únicamente, sino que los objetivos y las capacidades a desarrollar deberán ser más holísticos y tener auténtica relevancia social, incluyendo los valores éticos y democráticos que se ponen en juego cuando intervienen la ciencia y la tecnología en la sociedad (Holbrook, 2000). No en vano, algunos países han realizado un esfuerzo al incluir objetivos y contenidos que tratan de contextualizar más socialmente la enseñanza de las ciencias a partir de los currículos de ciencias. Se intenta formar a los estudiantes para que sepan desenvolverse en un mundo impregnado por los desarrollos científicos y tecnológicos, para que sean capaces de adoptar actitudes responsables y tomar decisiones fundamentadas (Aikenhead, 1985) frente a esos desarrollos y sus consecuencias.

Su importancia también se encuentra en documentos realizados por asociaciones de profesores como la National Science Teachers Association (NSTA 1990-1991), que definió al enfoque ciencia-tecnología-sociedad como la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en el contexto de la experiencia humana. Garritz (1994) plantea que la misma asociación identificó once características que deben presentar los programas, a saber:

1. La identificación de problemas sociales relevantes para el estudiantado y de interés e impacto local o mundial.
2. El empleo de recursos locales (humanos y materiales) para localizar la información que se empleará en la resolución del problema.
3. La participación activa de los estudiantes en la búsqueda de información que pueda ser aplicada para resolver problemas de la vida real.
4. La extensión del aprendizaje, más allá del período de la clase, del salón y de la escuela.
5. El enfoque hacia el impacto de la ciencia y la tecnología sobre los estudiantes de forma individual.
6. La visión de que el contenido científico va más allá que un conjunto de conceptos que los estudiantes deben dominar para responder sus exámenes y aprobar.
7. El énfasis en el proceso de adquisición de las habilidades que los estudiantes requieren para resolver sus propios problemas.
8. La intensificación de la orientación vocacional hacia las carreras científicas o técnicas.
9. La oferta de oportunidades a los estudiantes para actuar en sus propias comunidades y colaborar en la solución de los problemas detectados.
10. La identificación de los medios por los cuales la ciencia y la tecnología tendrán impacto sobre la sociedad en el futuro.

11. La cesión de cierta autonomía a los estudiantes durante el proceso de aprendizaje.

Así, la educación científica y tecnológica está intrínsecamente unida a la resolución de problemas, en cuanto permite modelizar desde el aula situaciones similares a las que se dan en el contexto social y profesional que debe enfrentar el estudiante, una vez termina su proceso de formación. De esta manera, la resolución de problemas, además de cumplir los objetivos de aprendizaje que se proyectan cuando se plantean problemas en el aula, busca mejorar el aprendizaje de los conocimientos científicos y promover actitudes científicas, donde el estudiante se forma para enfrentar la resolución de situaciones problema que se presentarán tanto en su vida diaria y educativa como en la vida profesional.

La investigación-acción, como metodología que contribuye al aprendizaje de la didáctica de las ciencias y la tecnología, pretende ligar la práctica educativa con la resolución de problemas e intervenir sobre problemas identificables en las prácticas educativas cotidianas, y que pueden ser solucionados desde la práctica misma; éstos que resultan de la reflexión del docente sobre su propio quehacer, considerado como la principal fuente para la generación de conocimiento. Así mismo, la investigación-acción involucra activamente a los diferentes actores educativos en los distintos momentos del proceso, donde cada instante le ha de conducir a una situación problema que debe resolver.

1. ¿POR QUÉ CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS?

No cabe duda que la didáctica de las ciencias, desde las disciplinas propias de las ciencias naturales, sociales y humanas, se encuentra conceptual y metodológicamente fundamentada (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2002; Gil Pérez, Carrascosa Alís y Martínez Terrades, 2001-1999; Gil Pérez, Dumas-Carré, Furió Más *et al.*, 1999; Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Hodson, 1992). Y que sus niveles de consolidación, inspirados en las concepciones científicas de los didactas, la presentan como

una metaciencia, en cuanto incorpora la epistemología, la historia y sociología de la ciencia, disciplinas que tienen como objeto de estudio la ciencia. Señala Aduriz-Bravo (2005) que “el interés de la didáctica por las metaciencias proviene del reconocimiento de que ellas pueden contribuir de muy diversas maneras a la enseñanza de las ciencias naturales”.

Por ser la didáctica de las ciencias, la ciencia de enseñar ciencias, que tiene que ver con la planificación, la ejecución y la evaluación de la enseñanza con base en un planeamiento teórico (Estany e Izquierdo, 2001), se le ha asignado, desde la década del 80, la responsabilidad de reflexionar sobre los actuales propósitos de la educación científica, es decir, la necesidad de introducir en las clases de ciencias las complejas interacciones de la ciencia y la tecnología, ya que la enseñanza de la ciencia no ha logrado aún dilucidar debidamente las diferencias y relaciones entre ellas, en una época en que la tecnología media casi la totalidad de actividades en las que se haya inmerso el ser humano. Esta responsabilidad ha sido asumida desde el campo de trabajo identificado como CTS. Este campo ha promovido una nueva forma de aproximarse a la ciencia y la tecnología en las últimas décadas del siglo XX, con participaciones derivadas de diferentes campos académicos que han buscado construir una nueva imagen de la ciencia y la tecnología, entendiendo éstas como actividades humanas que se producen en un contexto social.

Sin embargo, al respecto afirma Acevedo (2001) que la gran mayoría de los intentos realizados para introducir algunos conocimientos de tecnología en la enseñanza de la ciencia, desde la perspectiva de ciencia integrada con tecnología (UNESCO, 1990), han contribuido más bien a reforzar una visión deformada de la tecnología jerárquicamente subordinada a la ciencia, o a favorecer su identificación errónea con la ciencia aplicada (Acevedo, 1995-1996). A pesar de que entre sus objetivos se encuentra mejorar la comprensión de la naturaleza de ambas (Acevedo, 2001), situación que ayuda a agudizar el problema.

De todas maneras, las CTS, cada vez con mayor ímpetu, comparten espacios comunes, por

cuanto se hallan intrínsecamente articuladas alrededor de la satisfacción de las necesidades humanas y su incorporación progresiva a la sociedad, convirtiéndose en una de las claves esenciales para entender la cultura contemporánea. Desconocer la importancia del binomio ciencia y tecnología hoy, es prácticamente imposible, por cuanto la sociedad cada día postula mejorar la calidad de vida. Los estudios CTS han promovido, en el ámbito de la política pública, la participación social en la regulación de la ciencia y la tecnología, mediante la creación de mecanismos de participación democrática en la toma de decisiones de política científica. En el ámbito educativo se han hecho propuestas para introducir la nueva imagen de la ciencia y la tecnología en programas educativos a distintos niveles académicos.

Valdés, Valdés, Guisasola y Santos (2002) establecen cinco razones por las que se hace necesaria la incorporación de la dimensión tecnológica en la educación científica, y son éstas:

- La estrecha interrelación de la ciencia y la tecnología.
- La necesidad de formar en los estudiantes una imagen más correcta de la actividad científica y, en particular, una visión de la unidad que constituyen ambas actividades.
- Comprensión y acción, teoría y práctica, que constituyen dos aspectos de la condición humana, diferenciados, desarrollados e institucionalizados por la sociedad, pero que siempre se presuponen uno al otro.
- La necesidad de que la educación científica se esfuerce por impulsar en los estudiantes un estilo de pensamiento que combine la comprensión y profundización teóricas, con la acción y el hacer prácticos.
- El vínculo del conocimiento científico escolar con los conocimientos y experiencias de la vida diaria de los estudiantes, así como con su hacer práctico, lo que contribuye a que dicho conocimiento sea más significativo y más apto para ser utili-

zado en diversas situaciones; y, por otro, a que el aprendizaje de las ciencias adquiera mayor sentido y relevancia para ellos.

1.1 La tecnología como conocimiento

Sería ingenuo desconocer la percepción que desde determinados escenarios educativos se ha tenido alrededor de la tecnología, y el espacio que a ella se le ha dado como campo de conocimiento, lo que ha establecido una separación dogmática entre las dimensiones ciencia-tecnología, por lo que no resulta sorprendente ver cómo esta situación ha llevado a concepciones simplistas, parciales e incorrectas acerca de la tecnología, incluso a la educación científica.

Como lo han señalado diversos autores (Fernández, *et al.*, 2002) las concepciones epistemológicas incorrectas constituyen uno de los principales obstáculos para la renovación de la educación científica y, en general, para considerar aspectos de la vida práctica en la enseñanza de las ciencias (Cajas, 1998 y 1999), por lo que se requiere aclarar y asumir desde las diferentes disciplinas las relaciones ciencia-tecnología, en aras a superar las tensiones creadas alrededor de estas dos dimensiones, a partir de establecer las relaciones entre ellas, pero también de comprender sus diferencias y campos de acción propios.

Quizás la manera más fácil de entender la tecnología es partir de su propia finalidad, la cual consiste en resolver problemas prácticos, y en el proceso de hacerlo transforma el mundo que nos rodea, haciéndolo más previsible, crecientemente artificial, y provocando, al mismo tiempo, consecuencias sociales y ambientales. Esta situación conlleva a plantear el conocimiento tecnológico como objeto de investigación, el cual abarca los contenidos tecnológicos, la educación tecnológica y la enseñanza de esos contenidos, lo que exige una postura epistemológica alrededor de la tecnología y, por ende, una didáctica de la tecnología.

No cabe duda, y tal como lo plantea Acevedo (2005), que la noción de tecnología es poliédrica, y su significado ha ido cambiando a través de los tiem-

pos, y es plural en la vida cotidiana. Del sentido más estricto que tenía en los siglos XVIII y XIX se ha pasado hoy a interpretar la tecnología como un conjunto de herramientas, instrumentos, máquinas, organizaciones, métodos, técnicas, sistemas... Por lo tanto, encontramos que en la actualidad la tecnología hace uso de los mismos métodos de investigación que aplica la ciencia, y del conocimiento que ésta ha producido. No obstante, y como lo asevera el mismo autor, la condición actual de la tecnología “no justifica la creencia de muchos profesores de ciencia que ven la tecnología como una forma de ciencia aplicada que está subordinada en gran medida a la ciencia básica”.

Sumado al escenario antes descrito, encontramos que existe diversidad de concepciones alrededor de la tecnología. Así, desde la perspectiva de Acevedo, J., (2005) “el conocimiento tecnológico es esencialmente interdisciplinar y pragmático, y está orientado hacia una praxis concreta para la resolución de problemas complejos y la toma de decisiones en cuestiones que afectan a la sociedad”. Para Rodríguez G. (2004), “el conocimiento tecnológico tiene atributos reflexivos que fundamentan la actividad, lo cual le proporciona una base argumentativa que permite su explicación. Entonces, el conocimiento tecnológico demanda una relación teoría-práctica indisoluble, es decir, el acopio permanente de información que permite nuevas formas, nuevas técnicas, nuevos resultados.

“Lo anterior es, sobre todo, interdisciplinar, lo cual le permite redefinir sus dominios e, incluso, crear otros. Es propio del conocimiento tecnológico transformarse constantemente”.

Según Quintanilla M. (2001) las grandes orientaciones o enfoques en las teorías sobre la técnica y la tecnología pueden ser agrupadas en tres apartados: la orientación instrumental, la cognitiva y la sistémica. Visión que comprende las diferentes formas de manifestación de la tecnología como conocimiento, como actividad y como volición. Para Quintanilla M. (2001), “la concepción instrumentista de la tecnología es el resultado del conocimiento técnico, bien sea que se trate de técnicas empíricas, en el caso de los artefactos artesanales, como de

tecnologías que usan la ciencia, en el caso de los artefactos industriales.

Desde el enfoque cognitivo, la ciencia ha contribuido a fomentar una distinción radical entre técnica y tecnología: al ser la tecnología producto de la aplicación de la ciencia, la técnica sólo comprendería experticias que se logran por la actividad empírica, sin ayuda del conocimiento científico". El factor fundamental del desarrollo tecnológico sería la invención y la investigación y desarrollo. Mientras que la noción de sistema ha servido para definir a la tecnología como sistemas de acciones intencionalmente orientados a la transformación de objetos concretos, para conseguir de forma eficiente un resultado valioso (Quintanilla M., 1988).

Acorde con la dinámica que ha mostrado la tecnología en las últimas décadas, resulta fundamental no desconocer el aspecto histórico de las relaciones ciencia y tecnología, así como las necesidades humanas que originan los desarrollos tecnológicos; además, la influencia de éstos en los modos de vida de las personas, de la sociedad y, en general, de la cultura; tampoco se pueden desconocer las diversas y complejas vías que han seguido los productos tecnológicos en su creación y desarrollo; y más, si se tiene en cuenta que la mayoría de los productos tecnológicos constituyen sistemas "complejos" formados por gran diversidad de elementos, algunos de los cuales han sido creados por una vía, en tanto que otros lo han sido por otra (Gardner, 1997). Para Valdés, Valdés, Guisasola y Santos (2002) es preciso tener en cuenta que en el diseño y construcción de los productos tecnológicos intervienen, además de conceptos y principios científicos, otros factores no científicos, como materiales disponibles, costos, estética y efectos sobre el ambiente y la sociedad.

De todas formas, la creciente importancia de la tecnología está dando lugar a que se considere elemento indispensable en la educación de todas las personas, y a que, incluso, se reclame para ella un área independiente dentro de los currículos escolares (Gilbert, 1995, de Vries y Tamir, 1997, citados *Ibid.*).

1.2 El aprendizaje de la ciencia y la tecnología en su significado actual

Se ha insistido que en la actualidad el conocimiento científico y tecnológico está presente en la cotidianidad de la vida, por lo que se han convertido en elementos integrantes de la cultura de las personas y de las sociedades, y como tales reclaman su atención. No es gratuito que desde diferentes escenarios, en especial los educativos y científicos, ciencia y tecnología se conviertan en los protagonistas que despiertan un enorme interés, debido a que sus avances, desarrollos, consecuencias, riesgos y beneficios asociados son temas sobre los que la sociedad demanda estar mejor informada y poder participar.

El anterior panorama ha hecho que la educación científica no sólo asuma los problemas relacionados con la ciencia, sino también los que tienen que ver con la tecnología. Esto indica que la dimensión tecnológica, aparece hoy en día, en la educación científica como requerimiento indispensable para formar en los estudiantes una imagen correcta de la actividad científica, y, en particular, una visión de la unidad que constituyen ambas actividades.

Lo anterior, por cuanto se afirma que las concepciones que se tengan de la ciencia y la tecnología, así como de sus relaciones y diferencias, condicionan en buena medida las finalidades y los objetivos de la educación científica y tecnológica, lo que, a su vez, conduce a dotar de distintos significados a las expresiones de alfabetización científica y alfabetización tecnológica, presentes ambas durante los últimos años en numerosos informes de política educativa de diversos países y en las posiciones de influyentes asociaciones profesionales de profesorado, sobre todo del ámbito cultural anglosajón (Acevedo, 1997 citado por Acevedo, 2001).

Deslindar las contribuciones que hacen la ciencia y la tecnología separadamente a ciertos campos en la actualidad resulta difícil, dadas las estrechas interrelaciones existentes en algunos momentos entre estas dos dimensiones. Esta condición exige a la educación científica prestar una mayor atención a esta dimensión. En palabras de Valdés P., y otros, *ob.cit.* (2002), al citar a

Núñez (1999), arguyen que los cambios en la actividad científica y tecnológica, a los que asistimos en los últimos tiempos, y su influencia en la sociedad y en la cultura, están sacando a la luz aspectos hasta ahora relegados —e incluso desconocidos— y, en consecuencia, generando nuevas visiones, en particular acerca de la tecnología y sus relaciones con la ciencia.

Pese a la poca atención prestada a la tecnología desde la educación científica, al poco interés que muestran los profesores y diseñadores de currículos de ciencia y hasta los propios investigadores en didáctica de las ciencias, y a pesar de la multiplicidad de causas que se puedan argüir, como lo hacen ver los párrafos anteriores, existen razones de diversa índole: sociales, epistemológicas, psicológicas, axiológicas y hasta ontológicas, para considerar la dimensión tecnológica como un aspecto esencial de la educación científica.

Esta actividad es casi usual de la educación científica, además que es una línea de investigación de la didáctica de las ciencias, bien sean naturales, sociales o humanas, lo cual es y ha sido la resolución de problemas. Estudios muestran que, en su mayoría, los profesores de ciencias consideran que la resolución de problemas es algo que debe incorporarse a la actividad de aprendizaje de sus estudiantes (Garret, 1988). Esta línea de trabajo es una opción que se puede contemplar posiblemente en la incorporación de los conocimientos tecnológicos al aula de clase de ciencias y en los currículos científicos, por cuanto permite enfrentar al estudiante con situaciones problema relacionados con la naturaleza de la actividad humana, alrededor de la cual ya empiezan a realizarse algunos acercamientos.

2. LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS

Se insiste en que la resolución de problemas es y ha sido una de las líneas de trabajo más abordada y desarrollada desde diferentes ámbitos de la educación por distintos autores, por cuanto esta estrategia permite analizar y construir, desde distintas perspectivas, formas de orientar al individuo en di-

versos aspectos o modificar actitudes que faciliten relacionarse mejor consigo mismo y con su entorno. Por lo tanto, la resolución de problemas también constituye una de las acciones más frecuentes en los contextos educativos científicos.

Una cantidad de trabajos alrededor de la enseñanza de las ciencias permiten evidenciar el proceso de desarrollo y cambio en el que están empeñados los diferentes niveles educativos, en aras a superar los problemas que han mostrado las investigaciones alrededor del fracaso del estudiantado en el aprendizaje de las ciencias y, en los últimos años, en la demanda que a ésta se le ha hecho acerca de la educación tecnológica, donde los educandos necesitan aprender cómo pensar, razonar y comunicarse, y cómo solucionar problemas complejos, donde la comprensión del contenido conceptual de las distintas áreas de conocimiento es fundamental, al igual que el desarrollo de complejas habilidades, las cuales se constituyen en la realidad, en la capacidad que tiene el sujeto de resolver problemas comprensivamente.

Pero, ¿qué se entiende por un problema de conocimiento científico y ahora de conocimiento tecnológico? En esta perspectiva encontramos diferentes conceptos según el modelo de aprendizaje de las ciencias que se pretenda incorporar y según los propósitos para los que fueron diseñados. Así, de acuerdo con (Hayes 1981, Bodner y M. Millan, 1986) los problemas son situaciones que plantean interrogantes y dificultades para las cuales no hay una solución única y preestablecida. Cabral da Costa, Moreira (1995) los definen como un desafío, una situación no resuelta, cuya respuesta no es inmediata, que resulta en reflexión y uso de estrategias conceptuales y procedimentales. Perales Palacios (1993) entiende por problema 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 la solución”.

Para Acevedo J. (2001) los problemas deben ser situaciones nuevas que requieren ser respondidas mediante comportamientos nuevos y su proceso de resolución no se limita a una simple respuesta correcta: consiste en comprender el problema, fa-

miliarizándose con él lo mejor posible; supone, entonces, la identificación, análisis e interpretación de los datos disponibles inicialmente; requiere de suficiente atención para activar y estimular la memoria, a la vez de prepararla para recoger los puntos importantes en pos de una idea útil. Mientras que Garret (1987) define el problema como aquella situación que no es ni solucionable ni resoluble, sino sólo comprensible.

Las miradas anteriores plantean los problemas como complejos procesos de razonamiento y no simplemente una actividad asociativa y rutinaria, que permiten desarrollar capacidades y aptitudes en los estudiantes para que puedan resolver con éxito situaciones problemáticas.

Un amplio número de autores establecen que si para la solución de una determinada situación se requiere sólo la aplicación de un algoritmo, ésta no puede ser considerada como un problema. Pero que si, por el contrario, para su solución se hace indispensable seleccionar o integrar dos o más algoritmos, mediando procesos de análisis y razonamiento, ésta podría ser considerada un problema, independientemente de si tiene una o más soluciones. Lo expuesto lleva a pensar que en múltiples ocasiones aquello que es considerado por los docentes de ciencias como problema, no pasa de ser un simple ejercicio y que, en consecuencia, lo que determina si la situación planteada por el profesor constituye o no un problema, son las etapas que implica su resolución (Jessup, 1999). De otra parte, Roth y Roychoudhury (1993) establecen que el aprendizaje es más efectivo y el estudiantado desarrolla destrezas de nivel más alto, cuando llevan a cabo experiencias en contextos denominados auténticos, es decir, próximos al mundo real.

En relación con el análisis epistemológico de la resolución de problemas, García (2003) asevera que para Kart Popper la resolución de problemas es crucial en la demarcación entre ciencia y no ciencia, y es un proceso fundamental en el desarrollo de las teorías científicas, por lo que afirma lo siguiente: “La ciencia nunca persigue la ilusoria meta de que sus respuestas sean definitivas, ni siquiera probables, antes bien, su avance está encaminado hacia un propósito infinito y, sin embargo, alcanzable. Ha

de descubrir incesantemente problemas nuevos, más profundos y más generales, y de sujetar nuestras respuestas (siempre provisionales) a constrastaciones frecuentemente renovadas, y cada vez más rigurosas (...) por esto (...) existe un método único de toda discusión racional y, por ello, tanto de las ciencias de la naturaleza como de la filosofía. Me refiero a enunciar claramente los propios problemas y de examinar críticamente las diversas soluciones propuestas (...) crítica que será fecunda únicamente si enunciamos nuestro problema lo más claramente que podamos, y presentamos nuestra solución en una forma lo suficientemente definida; es decir, que pueda discutirse críticamente”.

Desde los planteamientos anteriores podemos entender la resolución de problemas como un proyecto de acción, en un programa de investigación en donde la educación en la ciencia para la acción, y para la relevancia social, tiene como objetivo ayudar a formar futuros ciudadanos para la acción, y considera a los estudiantes como ciudadanos que pronto tendrán su lugar en la sociedad. De otra parte, la relevancia personal se completa atendiendo a las necesidades actuales y no sólo futuras de los estudiantes, además de propender por una educación que se convierte en agente transformador de la sociedad.

En ese marco, un problema es entendido como una situación o una necesidad sentida por un grupo, donde profesores y estudiantes solidarizan y perciben el problema como una limitación que es necesario superar. De esta manera, la resolución de problemas y el proceso de investigación se convierten en la mediación propia del proceso de aprendizaje, en la medida que los diferentes actores educativos involucrados adquieren capacidades para el análisis, la reflexión, la negociación y la toma de decisiones concertadas en el contexto de la práctica, a la vez que se hacen más conscientes de su realidad, sus posibilidades y sus perspectivas de cambio.

3. LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN

Es un término acuñado y desarrollado por Kurt Lewin en varias de sus investigaciones, que utilizó

más para la transformación de prácticas sociales, que para la generación de nuevo conocimiento. Actualmente, es utilizado con diversos enfoques y perspectivas, dependiendo de la problemática a abordar, por lo que son diversos los criterios y principios ideológicos que soportan las distintas modalidades de la investigación-acción y éstos, a su vez, se basan (Carr y Kemmis, 1988) en diversos objetos científicos y niveles de participación.

Gruñid (1991, citado por Bausela, 1995) ha señalado tres modelos básicos de investigación-acción: el técnico, el práctico y el crítico o emancipador:

El primero, el técnico, tendrá que ver con aquellos procesos guiados por expertos en los que los prácticos ejecutan la investigación diseñada por aquellos, y dirigida a la obtención de resultados ya prefijados, con una clara preocupación productivista o eficientista. El segundo, el práctico, son procesos de investigación-acción dirigidos a la realización de aquellos valores intrínsecos a la práctica educativa, por lo que suponen un proceso de indagación y reflexión de la práctica a la luz de sus fines y, viceversa, de los fines o valores, a la luz de los acontecimientos prácticos. Esta perspectiva representa el trabajo de Elliott y Stenhouse. El tercer modelo, el crítico, parte de la idea de que no siempre es posible la realización de lo que supone el modelo práctico, debido a las restricciones institucionales e ideológicas. Por esta razón, no es suficiente con plantearse la práctica particular, sino que es necesario plantearse, además, la transformación de estas estructuras restrictivas, para lo cual es necesario acudir a fuentes teóricas críticas que sirvan de soporte a esta toma de conciencia de las limitaciones de la práctica.

La investigación-acción educativa, conocida como crítica, rechaza la creencia positivista del rol instrumental del conocimiento en la resolución de problemas, afirmando que la investigación crítica permite a los profesionales, no sólo descubrir los significados interpretativos que tie-

nen para ellos las acciones educativas, sino organizar la acción para superar las limitaciones. Es una teoría crítica vinculada a la acción reconstructiva, y es crítica de las teorías tanto positivistas como crítico-interpretativas, en la medida en que son pasivas: tratan de explicar y no están vinculadas a la acción humana (Elliott, J. 1993).

Los aportes de la investigación-acción al campo educativo son fundamentales, a partir de los estudios desarrollados por Stenhouse y Elliott, alrededor de los problemas prácticos que vive la educación, e inspirados en las ideas y prácticas de Paulo Freire. Los alcances logrados, el sustento epistemológico que la soporta y los resultados de sus aplicaciones en la realidad, son, entre otras, algunas de las razones que conducen a plantear la investigación-acción como estrategia fundamental para el proceso de aprendizaje.

La investigación-acción se presenta como una metodología de investigación orientada hacia el cambio educativo, y se caracteriza por lo siguiente:

- Se construye desde y para la práctica.
- Pretende mejorar la práctica a través de su transformación, al mismo tiempo que procura comprenderla.
- Demanda la participación de los sujetos en la mejora de sus propias prácticas.
- Exige una actuación grupal por la que los sujetos implicados colaboran coordinadamente en todas las fases del proceso de investigación.
- Implica la realización de análisis crítico de las situaciones.
- Se configura como una espiral de ciclos de planificación, acción, observación y reflexión.

Pareciera ser que, desde el ámbito educativo, la mayor parte de experiencias alrededor de la investigación-acción se han realizado alrededor de la formación de profesores, debido al interés que en ella se ha puesto para encontrar solucio-

nes a los problemas prácticos que encuentran los profesores en las aulas, lo que ha implicado el desarrollo profesional de los profesores, y la idea de los profesores como investigadores. Investigaciones realizadas en este ámbito, han demostrado que se producen diversos beneficios para los profesores cuando trabajan juntos haciendo investigación en sus escuelas: a) Porque la investigación añade la teoría y el conocimiento base que los profesores necesitan para mejorar su práctica de enseñanza; b) Hace a los profesores interesados y conscientes de los hallazgos de la investigación, porque se desarrolla en la escuela un clima de indagación y mejora sistemática; c) Se crea un clima de colaboración entre todos los participantes para la mejora educativa; d) Ayuda a identificar problemas y buscar soluciones de manera sistemática; y, por último, e) Puede ser la base de los programas de formación permanente en las escuelas, que promueven mejoras prácticas y el posterior desarrollo de los profesores (Elliot, 1990; Keeves, 1998).

En general, estas experiencias se han situado en la denominada investigación-acción colaboradora, que en el ámbito educativo suele agrupar personas vinculadas al mundo de las escuelas y de la universidad. Esto coincide con casos en que un grupo de profesores, conociendo bien a los estudiantes, la localidad y el ambiente de centro, han trabajado juntos en cuestiones teóricas y prácticas relacionadas con el diseño y la implementación de un nuevo currículo científico en un ambiente crítico y de apoyo y con la guía de facilitadores. Al unir los procesos de indagación, mejora de la práctica y desarrollo profesional, la investigación-acción ha servido para integrar enseñanza y desarrollo del profesorado, desarrollo del currículo y evaluación, investigación y reflexión, en una concepción unificada de la práctica reflexiva educativa.

CONCLUSIONES

La educación científica y tecnológica debe ser abordada mediante una enseñanza integrada, que permita que los estudiantes lleguen a comprender las diferencias que se dan entre la ciencia y la tec-

nología, para que también puedan entender sus relaciones en el pasado, en el presente y las que se vislumbran para el futuro próximo.

Frecuentemente, en la literatura se encuentra una marcada división alrededor del concepto resolución de problemas de aprendizaje, por cuanto hay quienes entienden por ellos desde los trabajos prácticos y los denominados problemas de lápiz y papel, hasta los que los conceptualizan, desde perspectivas epistemológicas y psicológicas.

La resolución de problemas constituye una importante línea de trabajo de la didáctica de las ciencias, en especial de las ciencias naturales; sus desarrollos y avances permiten y contribuyen a realizar una transposición de estas experiencias a otras disciplinas y, en especial, a la tecnología.

La resolución de problemas puede ser incorporada en la enseñanza desde los primeros niveles de la educación, y complejizada a medida que se avanza hacia niveles superiores que son parte del sistema educativo.

Este enfoque concibe a los procesos de investigación como procesos de aprendizaje, en la medida que los docentes y otros actores educativos involucrados adquieren capacidades para el análisis, la reflexión, la negociación y la toma de decisiones concertadas en el contexto de la práctica, a la vez que se hacen más conscientes de su realidad, sus posibilidades y sus perspectivas de cambio.

Es factible diseñar estrategias que permitan integrar la resolución de problemas con la investigación-acción en el contexto del aula de ciencias, donde se comparte y aprende con el otro y del otro como un ser pensante, sensible y significativo, y donde el diálogo educativo es válido y permite reflexionar sobre la acción y para la acción, como un proceso de formación.

En el proceso de la investigación-acción, la reflexión y la acción se mantienen en una tensión dialéctica, ya que la una informa a la otra mediante un proceso de cambio, observación, reflexión y modificación.

El modelo investigación-acción en la educación genera nuevas formas de producción, recepción y consumo del conocimiento científico y tecnológico. Aunque los trabajos alrededor de él no sean pocos, identificar su ámbito de trabajo es ya un logro que permitirá fortalecer esta línea de investigación.

REFERENCIAS

- Acevedo, J. A. (1997). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. En *Enseñanza de las ciencias*. 16 (3), Págs. 409-420.
- Acevedo J. A. (2001). *Tres criterios para diferenciar entre Ciencia y Tecnología*. Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/acevedo12.htm>. Recuperado el 5 de agosto de 2009.
- Acevedo, J. A. (2002), Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. En: *Revista de Educación de la Universidad de Granada. España*. Disponible en <http://www.oei.es/salactsi/acevedo2.htm>. Recuperado el 5 de agosto de 2009.
- Acevedo J. A. y otros (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la Participación Ciudadana: Una Revisión Crítica. En: *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Vol. 2, Nº 2.
- Acevedo J. A., (2006). *Modelos de Relaciones entre Ciencia y Tecnología: Un Análisis Social e Histórico*. Delegación Provincial de Huelva. España.
- Acevedo, J. A., Vázquez A. y Manassero M. A. (2002). *El Movimiento ciencia- tecnología-sociedad y la enseñanza de las ciencias*. Disponible en: <http://www.campusoei.org/revistactsi/numero2/varios1.htm>.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma, Universidad Autónoma de Barcelona: En: *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. Vol. 1, No. 3.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2002). *Directrices para la formación epistemológica del futuro profesorado de ciencias naturales, en Pensamiento y conocimiento de los profesores. Debate y perspectivas internacionales*. Bogotá: Ediciones Colciencias.
- Andrade, M., Miranda, C. y Freixas I. (2000). *Rendimiento Académico y Variables modificables en alumnos de 2do Medio de Liceos Municipales de la Comuna de Santiago*. Disponible en: http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/eaprendizajes_rendimiento_academico_2_medio_santiago.pdf?menu=/esp/atematica/evalcontextinterc/docdig/.
- Arango J. A., (2004). *Las Tecnologías de información y comunicación (TIC) como apoyo en el proceso de enseñanza aprendizaje de las instituciones de educación superior*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Ávila, P. y Bosco, M. D. (2001). *Ambientes virtuales de aprendizaje*. Disponible en: <http://investigación.ilce.edu.mx/dice/articulos/articulo11.htm>.
- Bausela, E. (1995). *La docencia a través de la investigación-acción*. Disponible en: <http://www.rioei.org/deloslectores/682Bausela.PDF>. Recuperado el 5 de agosto de 2009.
- Bell B. F Y Pearson J. (1992). *Better Learning, International Journal of Science Education*.
- Bodner G. M., Mc Millen T. L. B. (1986). *Cognitive restructuring as an early stage in solv. prob. Jom of Res in Science Teach.*
- Brunner, J. J. (2000). *Educación y escenarios del futuro: nuevas tecnologías y sociedad de la información*. Santiago de Chile: Serie Documentos de PREAL 16.
- Cabral Da Costa S., Moreira M. A. (1995). *Resolución de problemas y diferencias entre novatos y especialistas*. Memorias de REF IX. Salta Argentina.
- Campanario, J., Cuerva, J., Moya, A. y Otero, J. (1997). *La metacognición y el aprendizaje de las ciencias, en Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*.
- Carr, W. Kemmis (1988). *Teoría crítica de la enseñanza. La investigación acción en la formación*

- del profesorado. Martínez Roca: Barcelona, 1988.
- Ciencia-Tecnología-Sociedad: A diez años de iniciada la corriente. Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/quimica.htm>. Recuperado el 5 de agosto de 2009.
- Davini, M. C. (1996). *Conflictos en la evolución de la didáctica. La demarcación de la didáctica general y las didácticas especiales. Corrientes Didácticas Contemporáneas*. Buenos Aires: Editorial Paidós.
- Díaz M., (2002). *Flexibilidad de la educación superior en Colombia*. ICFES, Secretaría General, Procesos Editoriales. Colombia. Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/acevedo12.htm>. Recuperado el 5 de agosto de 2009.
- Elliot J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Ediciones Morata: Madrid.
- Elliot, J. (1997). “¿En qué consiste la investigación acción en la escuela?”, en *La Investigación acción*. Madrid: Morata.
- García, J. (2003). *Didáctica de las Ciencias, Resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Bogotá: Delfín Ltda.
- Garret, R., (1988). *Resolución de problemas y creatividad: Implicaciones para el currículum de ciencia*, en *Enseñanza de las Ciencias*, pp. 224-230.
- Garriz, A. (1994). *Aportaciones y opiniones sobre la enseñanza de la química en el nivel medio superior*. *Ciencia-Tecnología-Sociedad: A diez años de iniciada la corriente*. Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/quimica.htm>. Recuperado el 5 de agosto de 2009.
- Gil Pérez, D., Vilches, A. (1999). “Problemas de la educación científica en la enseñanza secundaria y la universidad: contra las evidencias”. *Revista Española de Física*, pp. 10-15.
- Gimeno, S., y Pérez, A. I. (2000). *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata.
- Hayes, J. R. (1981). “The complet problem solver” *The Franklin Inst. Prevs. Philadelphia*.
- Jessup, M., (1999). *Resolución de problemas y enseñanza de las ciencias naturales*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Labarrere A. y Quintanilla M. (2002). La solución de problemas científicos en el aula. Reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo. En: *Revista Pensamiento Educativo*, Vol. 30, pp. 121-137, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Latorre A., Del Rincón, D., y Arnaal, J. (2005). “Investigación acción”, en *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Experiencia, pp. 273-291.
- Perales Palacios, F. J. (1993). *La resolución de problemas: una revisión estructurada*, en *Enseñanza de las Ciencias*.
- Pérez, R. (1998). “Nuevas Tecnologías y nuevos modelos de enseñanza”, en Sevillano: *Nuevas tecnologías, Medios de Comunicación y Educación. Formación Inicial Permanente del profesorado*. Madrid: CCS, pp. 101-146.
- Pizarro, R. (1985). *Rasgos y actitudes del profesor efectivo*. Tesis para optar al Grado de Magister en Ciencias de la Educación. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Pizarro, R. y Crespo, N. (1997). *Inteligencias múltiples y aprendizajes escolares*. Investigación en Proceso. Universidad Católica de Valparaíso (Programa de doctorado en Lingüística).
- Quintanilla M. (2004). “Algunas reflexiones que justifican la necesidad de comprender y direccionar la didáctica de las ciencias experimentales en la formación profesional del científico”: En: *Revista Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, pp. 9-30.
- Roth, W.M. y Roychoudhury, A. (1993). “The development of science process skills in authentic contexts”. En: *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 30(2), pp. 127-152.
- Sanmartí, N. (2002). “Necesidades de formación del profesorado en función de las finalidades de la enseñanza de las ciencias”. En: *Revista Pensamiento Educativo*, Vol. 30, pp. 35-60. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

- Tamir, P., García Rovira, M. Del Pilar (1992). "Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña". En: *Enseñanza de las Ciencias* 10(1) pp. 3-12.
- Thompson, H. (2002). *Cyberspace and learning, Electronic Journal of Sociology*. Disponible en: www.icaap.org/iuicode1.6.1.3
- UNESCO-CIUC.(1 999). *Declaración de Budapest. Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso*. Hungría, Junio 1999.
- Valdés, P., Valdés, R., Guisasola J. y Santos, T. (2002). "Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica". En: *Revista Iberoamericana*. No. 28, enero- abril de 2002. Disponible en: <http://www.rieoei.org/rie28a04.htm>. Recuperado el 5 de julio de 2009.
- Vilches, A., Furió, C. (1999). *Ciencia, Tecnología, Sociedad: Implicaciones en la educación científica para el siglo XXI*. Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/ctseducacion.htm>

