

Transformaciones en la educación científica a comienzos del siglo XXI

Pablo Valdés y Rolando Valdés

Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona" (Cuba)

Beatriz Macedo

UNESCO (Oficina Regional de Chile)

Resumen:

El objetivo principal de este trabajo es mostrar la necesidad de realizar transformaciones en la educación científica, a fin de tener en cuenta la creciente influencia de la ciencia y la tecnología en la vida del ciudadano común y la cultura. Se examinan algunas ideas básicas de la didáctica de las ciencias para llevar a cabo dichas transformaciones.

Palabras clave: educación científica, alfabetización científico-tecnológica, orientación CTS, investigación científica, proceso de enseñanza/aprendizaje.

Abstract:

The main purpose of this work is to show the need for the remodelling of science education in order to take into account the growing influence of science and technology in citizens' practical life and culture. Some basic ideas to produce this transformation are introduced.

Key words: scientific education, scientific and technological literacy, STS orientation, scientific inquiry, teaching/learning process.

(Fecha de recepción: marzo, 2001, y de aceptación definitiva: septiembre, 2001).

INTRODUCCIÓN

En todos los sistemas educativos se llevan a cabo modificaciones curriculares de menor o mayor envergadura cada cierto tiempo. Ello está determinado por la obligación de adecuar los resultados de la enseñanza (conocimientos, procedimientos, actitudes...) a las exigencias de la sociedad, y también por el desarrollo alcanzado en las concepciones que se tienen acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje. Pero hoy la necesidad de efectuar profundos cambios en la educación y, especialmente en la educación científica, adquiere singular importancia.

Nos encontramos ante una revolución que, originada por el creciente desarrollo de la ciencia y la tecnología, habría que catalogar más allá de científico-tecnológica, de *cultural*, pues trasciende, y de modo sustancial, a las más diversas esferas de la vida material y espiritual de la sociedad. En evidente contraste con ello, y pese a que en los últimos años se ha llegado a cierto consenso acerca de determinadas direcciones en las que ha de reorientarse la educación científica (véase, por ejemplo, Niedo y Macedo 1997, Valdés y Valdés 1999b, Gil et al 1999), en muchos currículos de ciencia, y sobre todo en la práctica de su enseñanza, continúan prevaleciendo ideas y comportamientos muy similares a los de hace más de tres décadas.

Es preciso señalar, además, la trascendencia que para los países de Amé-

rica Latina, y en general del Sur, tiene tomar conciencia de la situación anterior y actuar en consecuencia. La brecha entre desarrollados y subdesarrollados tiende a ampliarse cada vez más, lo que hace que el desarrollo científico-tecnológico, unido al actual proceso de globalización, plantee retos sin precedentes a nuestros países. En ese contexto, una educación científico-técnológica de calidad, orientada hacia la capacidad para -con relativa autonomía- receptionar, transformar, generar y utilizar los conocimientos en respuesta a las necesidades y demandas de nuestros países, adquiere máxima prioridad (Núñez 1999, UNESCO-Montevideo 1999).

El presente trabajo pretende contribuir a fundamentar y estimular las necesarias transformaciones en la educación científica. Primero examinaremos los factores que obligan a tales transformaciones y luego algunas ideas básicas de la didáctica de las ciencias, sobre las cuales parece haber consenso, para llevarlas a cabo.

1. FACTORES QUE DETERMINAN LA NECESIDAD DE TRANSFORMAR EN PROFUNDIDAD LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA.

Pudiéramos resumir dichos factores en dos: 1) los insuficientes resultados en el aprendizaje de las ciencias obtenidos durante las pasadas décadas y 2) el cambio sociocultural, con base en el

desarrollo de la ciencia y la tecnología, al que asistimos en la actualidad. A continuación comentamos ambos aspectos.

1.1. Insuficientes resultados en el aprendizaje de las ciencias durante las pasadas décadas.

La insatisfacción por la calidad de los aprendizajes en la enseñanza de las ciencias ha sido una constante, a nivel mundial, durante las pasadas cuatro décadas. Así lo reflejan los diversos modelos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias elaborados a partir de los años 60: aprendizaje por descubrimiento, transmisión recepción significativa de conocimientos, cambio conceptual, aprendizaje como investigación dirigida, integración jerárquica de conocimientos (Ausubel, Novak y Hanesian 1983, Gil 1993, Pozo y Gómez 1998). También lo refleja la abundante investigación realizada sobre múltiples aspectos de la enseñanza de las ciencias (Gabel 1994, Fraser y Tobin 1998, Perales y Cañal 2000): tratamiento de conceptos, resolución de problemas, realización de trabajos prácticos, evaluación, etc.

Pero a pesar de los esfuerzos realizados, la educación científica en la escuela primaria, secundaria y la formación de docentes, continúa atravesando por serias dificultades en muchos países. Ello ha sido constatado en diversos estudios, como el “Análisis

Comparado de los currículos de Biología, Física y Química en Iberoamérica” (Cavodeassi y García-Sípido 1992), el “Diagnóstico sobre la Formación inicial y Permanente del Profesorado de Ciencias y Matemática en los Países Iberoamericanos” (García-Sípido et al 1994) y otros. Es considerable el número de estudiantes que luego de la enseñanza recibida no domina los conceptos básicos, no adquiere las habilidades intelectuales que se esperaban o no manifiesta una actitud crítica durante el análisis de las cuestiones examinadas, muchos ni siquiera se sienten motivados por el estudio de las ciencias.

Es preciso reconocer, además, que tanto la enseñanza de las ciencias como las evaluaciones de sus resultados, han estado focalizados en el aprendizaje de determinado sistema de conocimientos y de ciertas habilidades específicas *asumidos como estándares durante décadas*. Es más, lo que fundamentalmente ha impulsado la elaboración de diferentes modelos de enseñanza-aprendizaje ha sido la búsqueda de *métodos y formas de trabajo* para hacer más eficiente el aprendizaje de conocimientos. En cambio, a la reelaboración de los *objetivos* y el *contenido* de la educación científica, de tal modo que correspondan mejor a las exigencias de la sociedad, se le ha prestado menor atención.

En la actualidad, sin embargo, la situación se ha modificado, el problema de que los estudiantes no aprenden

determinados conocimientos y habilidades ha pasado a formar parte de otro más general: no adquieren los conocimientos, la experiencia y los modos de pensar y comportarse que resultan imprescindibles en la sociedad contemporánea, inmersa en un profundo cambio sociocultural. Examinaremos, pues, algunos aspectos de dicho cambio.

1.2. Cambio sociocultural, con base en el desarrollo científico-tecnológico, que caracteriza nuestra época.

En el siglo que recién ha concluido, la ciencia y la tecnología han influido más en los seres humanos y en nuestro planeta que en todo su desarrollo anterior, y es de esperar que esta influencia crezca en los próximos años. Ellas han contribuido a eliminar o tratar diversas enfermedades; elevar la esperanza de vida de las personas en algunos países; desarrollar el transporte y los medios de información y comunicación; aprovechar mejor los recursos alimenticios y energéticos; extender la educación a mayor número de personas y, en general, a mejorar la calidad de vida de muchas personas. Por otra parte, es imposible desconocer los riesgos que para la biosfera y la sociedad entrañan determinados resultados del desarrollo científico-tecnológico, y las funciones de opresión y dominación asociadas en ciertos casos a dicho desarrollo, en particular: el crecimiento desmedido del

consumo de energía, con el consiguiente agotamiento de las fuentes convencionales; el deterioro del medio ambiente; el acentuamiento de la desigual distribución de las riquezas en el mundo; la aparición y el empleo de medios de destrucción masiva; la monopolización por los países altamente industrializados de importantes recursos de difusión de la información y la cultura.

Se requiere, por tanto, de un nuevo contrato de la ciencia y la tecnología con la sociedad (UNESCO-Montevideo 1999), que solo será posible si todos los ciudadanos y ciudadanas poseen una cultura científico-tecnológica que les permita comprender y administrar la vida cotidiana con responsabilidad y participar activamente en la búsqueda de soluciones a múltiples problemas del desarrollo social. En este sentido, durante la pasada década han sido numerosos los llamamientos de diversos organismos, conferencias y líderes políticos, para que toda la población del planeta, y en particular los educadores, tomemos conciencia de los grandes problemas y desafíos a los que se enfrenta la humanidad. Estos llamamientos adquirieron singular relevancia en la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Naciones Unidas 1992) y en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI (UNESCO-ISCO 1999). Cabe tener en cuenta, no obstante, que para el acceso de la población mundial a esa cultura científica que se reclama, es indispen-

sable garantizar primero, el derecho de todos los ciudadanos y todas las sociedades a la educación, compromiso asumido en la Conferencia Mundial de Educación para Todos, celebrada en 1990, y ratificado diez años después en el Foro Mundial de Educación (UNESCO et al 2000).

Por su parte, dentro de los propios límites de la ciencia también están teniendo lugar importantes modificaciones: en los objetos que estudia, en sus métodos y formas de trabajo, en la relaciones entre sus diferentes ramas, en su conexión con la tecnología. Hoy es imposible desconocer, por ejemplo, que la mayor parte de la ciencia que se hace responde a prioridades tecnológicas y se apoya en la tecnología (Núñez 1999, Bybee 2000); que el centro de atención de las ciencias de la naturaleza se ha desplazado de la física a las ciencias de la vida (Howes y Hilborn 2000); o que las nuevas tecnologías, y especialmente las computadoras, han introducido importantes modificaciones en los métodos y formas de trabajo de la ciencia (Valdés y Valdés 1994).

A continuación precisamos aquellos aspectos del cambio sociocultural apuntado que, en nuestra opinión, tienen excepcional importancia para la educación científica:

- La colosal influencia de la ciencia y de la tecnología en la situación del mundo y en la vida del ciudadano común (Núñez 1999, UNESCO-ICSU 1999, Brown et. al 2000, Gil et al 2000, Bybee 2000). Ella abarca, desde los denominados problemas globales de la humanidad, hasta los recursos tecnológicos de que hacemos uso cotidianamente, en el trabajo, la casa o durante la recreación.
- La extensión en muchos países de la obligatoriedad de la educación, y de los que estudian ciencia, hasta edades superiores. Y con ello, el cambio que supone pasar de enseñar ciencia a pocos, a enseñarla a una mayoría, caracterizada por una gran diversidad cultural y de motivaciones (Pozo y Gómez 1999).
- El creciente papel desempeñado por los medios de información y comunicación en la divulgación de los adelantos científico-tecnológicos y sus repercusiones sociales (UNESCO-ISCO 1999), lo que, entre otras cosas, posibilita el acceso de grandes mayorías a un conocimiento actualizado y, a la vez, conduce a modificar las funciones de la clase y del maestro (Pozo y Gómez 1999, Del Carmen 20001).
- Los cambios ocurridos en las características de la actividad científico-investigadora y la extensión de los modos de pensar y actuar de la ciencia y la tecnología a las más diversas esferas de la sociedad (Núñez 1999, Valdés y Valdés 1999a).
- El surgimiento de nuevas ramas de la ciencia y la tecnología, el cambio de lugar que dentro de estas ocupan sus ramas tradicionales (Física, Química, Biología...) y el acentua-

miento de la tendencia integradora entre ellas (Hurd 1997, Núñez 1999, González A., 1999).

Ante el panorama anterior, no es de extrañar que la “alfabetización científica” sea considerada una condición esencial para el desarrollo (UNESCO 1994, Niedo y Macedo 1997, Gil 1998, UNESCO-ISCO 1999...), un requisito indispensable para la participación de los ciudadanos en la producción material y espiritual y en la toma fundamentada de decisiones. En la actualidad son diversas las revistas sobre educación científica, varios los monográficos y muy numerosos los artículos, en los que, bajo diversas denominaciones, se debate dicho tema (Lee 1997, Cross 1999, Gil y Vilches 2001...).

Aunque es en los últimos años que el término “alfabetización científica” ha adquirido categoría de consigna, él ha sido empleado desde finales de los 50s para manifestar la aspiración de familiarizar con la ciencia a parte de la población general (DeBoer 2000). Dicha aspiración, si bien expresada de otro modo, ha sido la de algunos filósofos y científicos incluso desde hace varios siglos (Hurd 1997). La propia introducción de las materias de ciencia en la educación general, y las actualizaciones que desde entonces se han realizado en ellas, han tenido similar pretensión. Sin embargo, es necesario comprender que la intención expresada en el término “alfabetización científica” tiene en la actualidad un contenido diferente, al menos en tres sentidos.

En primer lugar, se trata de una alfabetización científica *de todos* y no exclusivamente de una parte de la población. En segundo lugar, se ve en ella un requisito indispensable, sobre todo, para la participación activa de los ciudadanos y ciudadanas *en la vida pública*, y no meramente para continuar estudios de ciencia. En tercer lugar, ella presupone una “alfabetización” que capacite a las personas no solo para *entender y analizar críticamente* el mundo -natural y creado por el hombre- sino además, que lo prepare para *transformarlo*, para llevar a cabo *innovaciones* que den respuesta a las necesidades y demandas de nuestras sociedades. En particular, este último aspecto es tenido en cuenta en la expresión “alfabetización tecnológica”, hoy también ampliamente utilizada (véase, por ejemplo, Acevedo 1995, Barnett 1995, International Technology Education Association 2000, Bybee 2000). Se trata, en realidad, de una alfabetización *científico-tecnológica de todos*.

Se requiere, de este modo, elaborar una nueva visión de la educación científica, centrando la atención, sobre todo, en la revisión de sus objetivos y contenido, a fin de ponerla en una mejor correspondencia con el actual contexto sociocultural. En el próximo apartado pasaremos revista a algunas ideas básicas con que cuenta la didáctica de las ciencias para enfrentar esta tarea.

2. IDEAS BÁSICAS DE LA DIDÁCTICA PARA LLEVAR A CABO LAS NECESARIAS TRANSFORMACIONES EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA.

La didáctica de las ciencias dispone en nuestros días de un sistema de conocimientos, ideas y experiencias, teóricamente fundamentado. Sintetizaremos en tres las ideas básicas en las que, desde nuestro punto de vista, pueden apoyarse las mencionadas transformaciones (Valdés y Valdés 1999b): 1) *orientación sociocultural* de la educación científica; 2) reflejo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de aspectos esenciales de la *actividad científico-investigadora contemporánea* y 3) atención especial a *características fundamentales de la actividad psíquica humana* durante la organización del proceso de enseñanza-aprendizaje. A continuación, en apretado resumen exponemos cada una de estas ideas. Queremos aclarar, sin embargo, que aunque las consideramos en apartados diferentes, ellas están íntimamente relacionadas entre sí, forman un todo coherente.

2.1. Orientación sociocultural de la educación científica.

Nos parece importante destacar al menos cuatro elementos en dicha orientación:

Atención a la naturaleza social de la ciencia. Hasta ahora en la enseñanza de las ciencias ha predominado un enfoque centrado en determinados conocimientos, como ya hemos señalado, y en la concepción de “el método científico” como una serie de pasos que pueden conducir con seguridad a ese conocimiento. No obstante, esta situación ha comenzado a cambiar. En parte debido al desarrollo de la filosofía y de la didáctica de las ciencias, pero sobre todo, a causa de una circunstancia ya mencionada: la palpable implicación de la ciencia y la tecnología en la situación del mundo y en la vida cotidiana de la sociedad. Entre muchos científicos, educadores y ciudadanos en general, se ha ido formando una nueva visión de lo que es y representa la ciencia, en la que destaca su *naturaleza social*: su condicionamiento económico, político, cultural y, a su vez, la repercusión de ella en estos ámbitos, así como su estrecha relación con la tecnología. Los poderes político y militar, la gestión empresarial, los medios de comunicación masiva, descansan hoy, sin lugar a dudas para muchos, sobre pilares científicos y tecnológicos (Núñez 1999).

Esta nueva visión ha sido considerada en la orientación educativa Ciencia/Tecnología/Sociedad (CTS), la cual, si bien se hizo notar en las publicaciones relativas a la enseñanza de las ciencias desde los años 80s (Membiela 1995), no ha conducido en la práctica a los resultados que se esperaba. Y ello,

entre otras, por las siguientes razones: la persistencia entre los profesores de una imagen deformada de la ciencia (Solbes y Vilches 1995, Fernández 2000); la resistencia al cambio en los libros de texto (Del Carmen 2001); la falta de preparación de los diseñadores de currículos en cuestiones de historia y filosofía (Gardner 1994); el énfasis que hacen las pruebas de ingreso a subsiguientes niveles de educación y las comprobaciones externas, en los conocimientos y habilidades habituales. En relación con esto último digamos, por ejemplo, que en las dos primeras encuestas de matemática y ciencias, llevadas a cabo por la International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) en los años 70s y 80s, estuvieron ausentes las cuestiones CTS. Por su parte, aunque en el tercer estudio de la IEA (TIMSS 95) se incluyó el bloque “razonamiento y utilidad social en ciencia y tecnología”, si se tienen en cuenta el número de ítems y el tiempo dedicado a este bloque, puede concluirse que su mayor parte estuvo dedicado a la comprobación de los contenidos comunes de ciencia (Fensham y Harlen 1999).

Los estudios CTS han conducido a una incuestionable conclusión, la cual queremos resaltar: si la ciencia y la tecnología son actividades sociales, condicionadas por factores económicos, políticos, culturales y, a su vez, con profundas repercusiones en esas esferas, entonces ellas han de ser enseñadas y aprendidas como tales, y no como

ha sido habitual hasta ahora, centrando la atención, casi exclusivamente, en conocimientos y habilidades “académicas”.

b) *Necesidad de considerar en la educación científica todas las dimensiones de la cultura.* Desde hace varias décadas la didáctica ha precisado las dimensiones de la cultura que deben ser objeto de atención en la educación (véase, por ejemplo, Lerner y Skatkin 1978): conocimientos sobre el mundo y los modos de proceder; experiencia en la realización de acciones (plasmada en hábitos y habilidades); experiencia en la actividad investigadora, creadora (expresada en la preparación para enfrentar nuevos problemas); relación emocional-valorativa hacia el mundo (la cual condiciona la actitud de las personas y su sistema de valores). Durante la pasada década, las reformas curriculares de diversos países también han hecho énfasis en la necesidad de tener en cuenta, además de los contenidos conceptuales, los metodológicos y axiológicos (Martín E. 1998, Quiroz R. 1998,...).

La ciencia, como cualquier otra rama de la cultura, está integrada no solo por conocimientos y habilidades, sino además, por determinada *experiencia en la actividad investigadora, creadora, y por ciertas actitudes y valores*, lo cual es olvidado en la educación científica con mucha frecuencia. A la adquisición por los estudiantes de cierta experiencia en la actividad investigadora dedicaremos un apartado, y por

eso no nos detendremos ahora en ese aspecto. En relación con las actitudes y valores como componentes de la actividad científica, apuntaremos lo siguiente. Considerar durante la educación científica la naturaleza social de la ciencia, los intereses económicos y políticos que la condicionan, así como las implicaciones éticas y para el medio ambiente de sus resultados, conduce a tomar partido acerca de dichas cuestiones y, por consiguiente, a formar importantes actitudes y valores en los estudiantes.

c) *Atención a la unidad de saberes y dimensiones que representa la cultura.* El desarrollo de la ciencia, y de la cultura en general, es una permanente búsqueda de unidad tras la diversidad. En cierto sentido pudiera decirse que cultura es la unidad de la diversidad creada por el hombre (Valdés y Valdés 1999b). Formar esa unidad solo es posible, estructurando la educación alrededor de problemas, conceptos, ideas, métodos, formas de trabajo y actitudes *generales*, que trasciendan a una disciplina dada y propicien la conexión de diversas ramas de la cultura entre sí (Ciencias, Tecnología, Humanidades....). Ejemplos de tales *problemas* son (Brown et al 2000, Gil et al 2000): los relativos al deterioro del medio ambiente; el crecimiento desmedido del consumo de energía; problemas éticos derivados de la utilización de algunos resultados de la ciencia y la tecnología. Ejemplos de *conceptos e ideas generales* (National Research

Council 1996, International Technology Education Association 2000): los conceptos de sistema, cambio (en sus diferentes acepciones de proceso, evolución y transformación), control y diseño; las ideas de unidad de la diversidad, de dependencia entre las propiedades y funciones de los sistemas y la estructura de ellos. Ejemplos de *actitudes distintivas de la actividad científica* (Valdés y Valdés 1999a, Gil y Vilches 2001): el cuestionamiento constante y la profundización más allá de la apariencia de las cosas, la búsqueda de unidad y coherencia en los resultados de los estudios realizados, los esfuerzos por aportar resultados concretos y elaborar productos terminados, útiles a la sociedad.

d) *Reflejo de las relaciones entre las diferentes ramas de la ciencia y de esta con la tecnología.* Para contribuir a formar a través de la educación científica esa unidad que representa la cultura y que hemos subrayado en el punto anterior, resulta fundamental, naturalmente, comenzar por reflejar las relaciones de las diferentes ramas de la ciencia entre sí, y de esta con la tecnología. A la primera cuestión se le ha prestado cierta atención en la enseñanza de las ciencias, en cambio, las interacciones entre la ciencia y la tecnología ha sido una cuestión prácticamente olvidada, o al menos considerada desde una perspectiva ingenua: “la tecnología es ciencia aplicada” (De Vries 1996, Acevedo 1998).

Por su parte, la orientación educativa CTS, en cuya propia denominación se subrayan las relaciones de tres elementos, ciencia, tecnología y sociedad, ha centrado su atención en las repercusiones de la ciencia y la tecnología en la sociedad, y apenas ha tenido en cuenta las relaciones de las primeras entre sí. Muchos currículos de orientación CTS toman los productos “científico-tecnológicos” ya dados y examinan los efectos producidos por ellos en la sociedad, con lo cual dejan de lado las relaciones C-T, los aspectos internos de la investigación e innovación (Gardner 1994). Este proceder refuerza la popular imagen de que la ciencia y la tecnología son indistinguibles entre sí, una misma cosa. No obstante, semejante imagen, global, pero al mismo tiempo superficial, en que ellas se ven como algo indiferenciado, no es a la que aspira la educación científica. La formación de una visión unitaria portadora de elevada cultura, supone diferenciar inicialmente las partes y luego establecer las conexiones entre ellas.

La tecnología, la ciencia y las relaciones entre ellas, han evolucionado a lo largo de la historia. Sus relaciones han dependido de la época histórica y de la situación concreta de que se trata (Gardner 1994). Así, la tecnología (o, para algunos, la técnica) no necesitó durante milenios de la ciencia, se basaba principalmente en la experiencia práctica acumulada, fue fundamentalmente en el siglo XIX que comenzó a apoyarse en ella. A su vez, el enorme

progreso experimentado por la ciencia a partir del siglo XVII se debió, en buena medida, al desarrollo de ciertos instrumentos tecnológicos (telescopios, microscopios, numerosos instrumentos de medición, etc.). En la actualidad, las relaciones entre ciencia y tecnología son muy complejas. En primer lugar, la mayoría de los productos tecnológicos están formados por una combinación de elementos, algunos de los cuales han sido desarrollados basándose en la experiencia, sin apoyo en la ciencia, en tanto que otros lo han sido apoyados en ella (De Vries 1996). Por otra parte, en ciertos campos, como la electrónica, la biotecnología, la ciencia e ingeniería de materiales y otros, se hace difícil distinguir las contribuciones de la ciencia y de la tecnología; además, en estos campos algunos científicos hacen tecnología, mientras que algunos tecnólogos funcionan como científicos. Al propio tiempo, continúa existiendo un numeroso grupo de personas, cuyo propósito es *profundizar en el conocimiento* de los sistemas y procesos del mundo y reflejar dicho conocimiento en publicaciones (“científicos”), y otro grupo, también numeroso, cuya finalidad es *diseñar y construir* sistemas y procesos que funcionen del modo más eficiente posible y plasmar sus resultados en patentes (“tecnólogos”) (Acevedo 1998).

Una auténtica educación científica debe superar las imágenes, por un lado, de tecnología como ciencia aplicada, y por otro, de ciencia y tecnología como actividades indistinguibles entre sí.

Ha de considerarse, por el contrario, la diversidad y riqueza de las relaciones que han existido y existen entre ellas.

Concluimos el análisis de esta primera idea, remarcando que la orientación sociocultural de la educación científica no está determinada sólo por la aspiración de preparar a toda la ciudadanía para participar en la vida pública. Su origen hay que verlo, más allá de ello, en una comprensión más profunda de la ciencia y la tecnología. Dicha orientación es necesaria para la formación de los niños y jóvenes en la educación general, pero también para la preparación de los futuros científicos en las universidades. Se trata, ante todo, de proporcionar una educación científica de mayor calidad.

2.2. Reflejo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de aspectos esenciales de la actividad científico-investigadora contemporánea.

Hemos señalado ya la estrecha relación que tienen las tres ideas de la didáctica que estamos analizando. En este sentido nos parece conveniente volver a insistir en que la *experiencia en la actividad investigadora, creadora*, es uno de los componentes fundamentales de la cultura, cualquiera que sea la esfera de que se trate, desde la ciencia y la tecnología hasta el arte. Por otra parte, la difusión de los modos de pensar y actuar de la ciencia y la

tecnología hacia otros ámbitos de la actividad humana es, reiteramos, uno de los aspectos más relevantes del cambio cultural que se está operando en nuestros días. Desde esta perspectiva, ciertos elementos esenciales de la actividad científico-investigadora contemporánea deben pasar a ser considerados objeto directo de aprendizaje, convertirse en uno de los componentes fundamentales *del contenido* de la educación científica en la actualidad.

Al propio tiempo, la orientación del aprendizaje como una actividad científico-investigadora aparece hoy como una de las tendencias innovadoras más prometedoras para encarar muchas de las dificultades que confronta la enseñanza de las ciencias. Nos detendremos brevemente en el análisis de esta cuestión.

Es bien conocido que luego de haber estudiado determinado tema durante varios cursos y en diferentes niveles de enseñanza, con frecuencia los estudiantes dan respuestas incorrectas a preguntas relativamente simples. Esta situación dio lugar a una de las líneas de investigación en la didáctica de las ciencias en las que más se ha trabajado en las dos últimas décadas: la del estudio de las *concepciones alternativas* (Wandersee, Mintzes y Novak 1994, Pfundt y Duit 1998). Tales estudios han constituido un fuerte impulso para las propuestas constructivistas en la enseñanza de las ciencias y, en particular, para el desarrollo de la

orientación del aprendizaje como una actividad investigadora.

Enfrentar el problema de cómo modificar las concepciones alternativas de los estudiantes requiere explicar el origen de ellas. A este respecto es esencial advertir que, independientemente de su procedencia -experiencias sensoriales, lenguaje utilizado por los medios de comunicación, el propio proceso de enseñanza-aprendizaje, etc., todas tienen un denominador común: representan un conocimiento superficial, de la apariencia de las cosas. Las concepciones científicas constituyen, por el contrario, un conocimiento en profundidad, más amplio e integral de dichas cosas. Por otra parte, tanto la experiencia cotidiana como el desarrollo de la ciencia muestran, que existe una regularidad en el proceso del conocimiento: primeramente se capta lo inmediato, la apariencia, y solo después resulta posible ahondar en lo que está oculto. De este modo, no hay que alarmarse porque los alumnos manejen concepciones alternativas a las científicas. Precisamente uno de los objetivos más importantes de la educación consiste en contribuir a reestructurar y desarrollar las concepciones que ellos poseen.

Lo dicho anteriormente acerca de la naturaleza de las concepciones alternativas, apoya la idea de que la organización del aprendizaje como una actividad investigadora puede contribuir a modificar dichas concepciones. En efecto, quizás el rasgo más general

que caracteriza el concepto de investigación es, justamente, el de ser una actividad intencionalmente orientada a la *búsqueda del conocimiento que no resulta obvio*, que está más allá de la apariencia de las cosas.

Señalemos dos razones más que apoyan la idea de organizar el aprendizaje de los alumnos como una actividad investigadora. La primera está relacionada con la esfera de las actitudes. La práctica de la investigación educa una actitud de cuestionamiento y crítica de lo que parece evidente y, a la vez, la disposición para enfrentar las dificultades y resolver los problemas surgidos; por otra parte, promueve la iniciativa, la disciplina y otras valiosas cualidades de la personalidad. Debemos tener en cuenta, por último, el papel motivador que desempeña. Es conocido que entre los principales factores que impulsan el aprendizaje se encuentran (Leontiev 1981, Ausubel Novak y Hanesian 1983, Hodson 1994): la posibilidad de plantearse interrogantes, el desafío que supone enfrentar situaciones problemáticas, los avances que se realizan en la solución de los problemas abordados, etc.

De este modo, existen razones, tanto socioculturales como epistemológicas y psicológicas, para que la orientación del aprendizaje como actividad investigadora se convierta en uno de los elementos claves de la nueva visión de la educación científica que reclama nuestra época.

La idea de aproximar el proceso de aprendizaje a la actividad investigadora no es nueva, constituye una tendencia en la enseñanza de las ciencias desde hace ya varias décadas. Pero en la práctica escolar el término “investigación” se ha utilizado con muy diversos significados, que van desde la búsqueda de determinada información, hasta la realización de trabajos prácticos. Por otra parte, algunas de las propuestas didácticas con “orientación investigadora” reflejan un enfoque inductivista o excesivas simplificaciones, ignorando el papel esencial de cuestiones como: el análisis cualitativo de la situación considerada, el planteamiento de hipótesis, el diseño de actividades para contrastar dichas hipótesis, el carácter marcadamente social que tiene la investigación científica. Por eso cabe preguntarse, *¿de qué actividad investigadora estamos hablando?*

A modo de respuesta a la pregunta anterior, resumimos algunos aspectos de la actividad investigadora (Wenham 1993; Marton, Fensham y Chaiklin 1994; Gil et al 1999), acerca de los cuales parece existir determinado consenso en nuestros días en la didáctica de las ciencias:

- Análisis cualitativo, global y desde múltiples perspectivas, de la cuestión considerada: conexión de ella con otras cuestiones, búsqueda de información, valoración del interés de la cuestión y de sus posibles repercusiones sociales, etc.

- Acotamiento de la situación examinada y formulación de preguntas o problemas.
- Planteamiento y argumentación de hipótesis acerca de la posible solución de los problemas.
- Planeamiento de estrategias de solución, incluyendo, en caso necesario, el diseño de experimentos.
- Evaluación de los resultados obtenidos: análisis de la coherencia con el resto del sistema de conocimientos, consideración de posibles aplicaciones, repercusiones sociales, planteamiento de nuevas interrogantes y problemas.
- Síntesis del estudio realizado: elaboración de resúmenes, esquemas e informes, comunicación de resultados.

Sin embargo, la interpretación de estos aspectos en la educación científica no es única, depende del nivel de enseñanza que se considere, de la materia de que se trate, e incluso de los autores. Ello se hace muy evidente en el caso de conceptos centrales como problema, hipótesis o diseño (véase, por ejemplo, Wenham 1993, Norman 1998, Waks 20001). En particular, en lo que respecta a la formulación de hipótesis en la ciencia, se ha señalado que representa una extensión y un desarrollo -en el contexto de investigaciones sistemáticas y utilizando conceptos y reglas de la ciencia- de una tendencia general de los seres humanos a especular y formular conjeturas, y se ha sugerido que en el campo de la

educación, el concepto de hipótesis científica debe centrarse en su rasgo más general: soluciones tentativas a los problemas planteados (Wenham 1993). Semejante interpretación a los efectos de la docencia, general y flexible, de este y otros conceptos y acciones característicos de la actividad científico-investigadora, permite conectar la experiencia que poseen los alumnos de la vida cotidiana con la que aspira a transmitir la educación científica.

Para terminar el análisis de esta segunda idea de la didáctica, señalemos una última cuestión. Los aspectos anteriormente mencionados caracterizan, de forma general, a la actividad científico-investigadora llevada a cabo desde hace ya más de tres siglos, desde la época de Galileo y Newton. Sin embargo, durante el pasado siglo, y sobre todo en las últimas décadas, se han puesto de manifiesto con mayor claridad que antes, o incluso han surgido, determinadas características de la actividad científica, que es indispensable tener en cuenta si queremos construir una visión de la educación científica que responda a nuestra época. Aunque algunas de esas características las hemos mencionado ya, nos parece conveniente insistir ahora sobre las siguientes: la acentuada orientación práctica de las investigaciones científicas, su carácter de empresa colectiva, la creciente utilización de las computadoras, la integración de diferentes ramas de la ciencia y de la tecnología entre sí. La incorpora-

ción de tales elementos al proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias constituye uno de los mayores retos que ha de enfrentar la didáctica de las ciencias.

2.3. Atención especial a características fundamentales de la actividad psíquica humana durante la organización del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Hoy prácticamente nadie duda sobre la necesidad de que la enseñanza sea participativa, de que el aprendizaje sea activo. Esta intuición, basada en la experiencia secular de la educación, fue argumentada y expresada hace décadas en la didáctica general en forma del principio del “Carácter consciente y activo de los alumnos bajo la guía del maestro” (Danilov 1978). En el campo específico de la enseñanza de las ciencias, semejantes ideas han sido desarrolladas y concretadas por la *orientación constructivista del aprendizaje*.

Puesto que con frecuencia se habla de *constructivismo* de un modo general y a dicho término se le atribuyen muy diversos significados (Mathews 1994 y 2000), de inmediato aclaramos que no nos estamos refiriendo a determinadas tesis filosóficas, como por ejemplo las de Ernst von Glasersfeld (Gil et al 1999). Se trata de una orientación en la enseñanza de las ciencias para la cual es

esencial la *participación activa de los estudiantes en la formación de conocimientos, modos de pensar y actitudes*. Más aún, una orientación que, como hemos mencionado en el apartado anterior, intenta aproximar, bajo la dirección del profesor, la actividad de aprendizaje de los estudiantes a la actividad científico-investigadora contemporánea.

Las ideas anteriores concuerdan con la conclusión de algunos psicólogos (Vigotsky 1966, Leontiev 1981...) acerca de que *es en la actividad que tiene lugar el verdadero aprendizaje*, que se producen cambios en los conocimientos, experiencias y actitudes de las personas.

Dicho de otro modo, es en la actividad científico-investigadora que se produce el auténtico aprendizaje de la ciencia (conocimientos, procedimientos, actitudes...). Como ha señalado Hodson (1992): “Los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más sobre la naturaleza de la ciencia, cuando participan en investigaciones científicas, con tal de que haya suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión”.

Pero para dirigir eficazmente la *actividad de aprendizaje en las condiciones docentes*, se requiere ir más allá y precisar ciertas características esenciales de dicha actividad. Esas características han sido estudiadas por la psicología (véase, por ejemplo, Vygotsky 1966, Leontiev 1981...). Nos limitaremos a señalar aquí (en Valdés y Valdés 1999b

hacemos un análisis más amplio) algunas conclusiones de la psicología que apoyan planteamientos realizados en el campo de la didáctica de las ciencias en los últimos años, y que tienen particular interés para organizar el aprendizaje de los estudiantes, a saber:

- El origen de la actividad cognoscitiva es el planteamiento de *preguntas, problemas*.
- Para que una pregunta o problema adquiriera verdadero sentido ante determinado sujeto, y lo motive a buscar la solución, es imprescindible que esté acorde a sus posibilidades cognoscitivas y refleje *tanto necesidades sociales como individuales*.
- El proceso de solución de las preguntas o problemas se compone de un *entramado de acciones, subordinadas a objetivos* que el individuo se va planteando (un entramado de tareas o actividades).
- Durante la actividad, el sujeto no concientiza todo lo que entra en su campo de atención, sino sólo aquella parte que es *objeto de sus acciones intelectuales*.
- El grado de dominio de determinado material está asociado a la utilización de dos tipos fundamentales de lenguaje, *en la etapa de familiarización inicial predomina la forma externa, desplegada* (escuchar, dialogar con otros, leer), mientras que *en la de dominio profundo prevalece la interna, abreviada* (una peculiar

combinación de frases incompletas, imágenes, símbolos, etc.).

Existe una distancia considerable entre las ideas que actualmente se tienen en la didáctica acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias -en particular las tres ideas que hemos examinado- y el reflejo de ellas en la práctica escolar. Por eso, en un esfuerzo por contribuir a acortar esa distancia nos referiremos a continuación a determinados aspectos que, pensamos, son esenciales para organizar dicho proceso con mayor eficiencia. Ellos derivan de conclusiones obtenidas por la didáctica y la psicología, a las cuales ya hemos hecho referencia:

- Diseñar cada unidad didáctica alrededor de una *problemática global*, que dé sentido al estudio que se va a realizar, y a partir de la cual se derive el resto de los problemas y tareas que se considerarán.
- Planificar el estudio de cada una de las unidades en forma de *sistemas de tareas o actividades* cuidadosamente pensados, a fin de dirigir eficientemente la actividad de los alumnos. Las tareas pueden ser de muy diversos tipos: de reflexión acerca del interés del tema considerado, de planteamiento de preguntas o problemas, de búsqueda de información, de cálculo, de mediciones, experimentales, de elaboración de sumarios, de confección de informes, de comunicación de resultados, etc.

- Comenzar cada unidad con tareas *que revelen la experiencia que ya tienen los alumnos* sobre el tema en cuestión (lo que contribuye a articular dicha experiencia con el nuevo contenido) y a hacerlos *reflexionar sobre el interés social y personal* de dicho tema (lo cual ayuda a que el estudio que van a realizar adquiera sentido para ellos). Continuar con tareas en que se proponga *plantear posibles cuestiones de interés*, a responder a lo largo del estudio de la unidad (esas interrogantes definen la problemática general a investigar). Todo esto contribuye a formar en los alumnos una idea global inicial, aunque aún superficial, del tema en estudio, y desarrolla su motivación.
- Las siguientes tareas deben servir para *dar respuesta a las preguntas formuladas al inicio*, para ahondar en la imagen global inicial que se ha formado. Se trata de que *cada nueva tarea que se lleve a cabo constituya una profundización y ampliación* del estudio que se está realizando. Por otra parte, como en cualquier estudio, en este proceso surgirán nuevas preguntas o problemas, que también habrá que considerar.
- *Combinar diversas formas de trabajo*: diálogo entre el profesor y los alumnos; trabajo individual; trabajo en equipos e intercambio entre ellos; discusión y puesta en común en todo el grupo de los resultados obtenidos.

- Culminar cada unidad con tareas de *sistematización y consolidación*. Entre ellas, tareas en que se proponga a los alumnos, relacionar los conceptos e ideas esenciales considerados en la unidad, elaborar cuadros sinópticos y resúmenes, responder otra vez las preguntas formuladas al inicio, plantear nuevas cuestiones que pudieran ser de interés y que han quedado sin resolver, etc. Esto contribuye a formar una nueva imagen global, ahora más profunda y coherente, del tema estudiado.
- *Evaluar no solo determinados conocimientos y habilidades*, como ha sido habitual hasta ahora, sino además: las ideas que tienen los alumnos acerca de la rama de la ciencia en cuestión, acerca de la importancia de los diferentes temas estudiados, de su relación con los problemas de la humanidad, del país y la comunidad; *la experiencia* adquirida por ellos para plantear y resolver preguntas o problemas, formular hipótesis, diseñar actividades prácticas; *la actitud* que manifiestan y *las valoraciones* que hacen al analizar diversas situaciones. Se comprende que semejante evaluación no puede realizarse solo mediante los tradicionales trabajos de control y exámenes finales; *deben ser utilizadas también las cotidianas actividades de aprendizaje*: la participación en las discusiones de clase, la búsqueda de información, la elaboración de

informes, la comunicación de resultados, la realización de actividades de laboratorio.

A modo de conclusión diremos que, la profundización en las características del actual contexto en que tiene lugar la educación científica, uno de cuyos elementos principales es el cambio sociocultural que con base en el desarrollo de la ciencia y la tecnología está teniendo lugar, y el desarrollo de las tres ideas de la didáctica de las ciencias que hemos resaltado, pueden contribuir a conformar y poner en práctica una visión de la educación científica - de sus objetivos, contenidos, métodos y formas de trabajo- más acorde con nuestros tiempos.

Referencias bibliográficas

- ACEVEDO J., 1995. Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. *Alambique*, 3, 75-84.
- ACEVEDO J., 1998. Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 409-420.
- AUSUBEL D., NOVAK J. y HANESIAN H., 1983. *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. (Trillas: México).
- BARNETT M., 1995. Literacy, Technology and 'Technological Literacy'. *International Journal of Technology and Design Education*, 5 (2), 119-137.

- BROWN L.R., FLAVIN H., FRENCH, H., y otros, 2000. State of the World 2000. *A World Watch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society*. (W.W. Norton: New York).
- BYBEE R. (2000). Achieving Technological Literacy: A National Imperative. *The Technology Teacher*. Sept., 2000, 23-28.
- CAVODEASSI J. y GARCÍA-SÍPIDO M. (Coordinadores), 1992. *Análisis Comparado de los currículos de Biología, Física y Química en Iberoamérica* (Mare Nostrum: Madrid).
- CROSS R., 1999. (Editorial) The public understanding of science: implications for education. *International Journal of Science Education*, 21 (7), 699-702.
- DANILOV M., 1978. Principios de la enseñanza. En: Danilov M. y Skatkin M. (Edit.). *Didáctica de la Escuela Media* (Libros para la Educación: La Habana).
- DEL CARMEN L., 2001. Los materiales de desarrollo curricular: un cambio imprescindible. *Investigación en la Escuela*, 40, 51-56.
- DeBOER G., 2000. Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6) 582-601.
- De VRIES M., 1996. Technology Education: Beyond the "Technology is Applied Science" Paradigm (Guest Article). *Journal of Technology Education*, 8 (1), 7-15.
- FENSHAM P. y HARLEN, W., 1999. School science and public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 21, 755-763.
- FERNÁNDEZ I., 2000. *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia.
- FRASER B. y TOBIN K.G. (Editores), 1998, *International Handbook of Science Education* (Kluwer Academic Publishers: London).
- GABEL D. L. (Editor) 1994. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (Macmillan Pub. Co.: New York).
- GARCÍA-SÍPIDO M. (Coordinadora), 1992. *Diagnóstico sobre la Formación inicial y Permanente del Profesorado de Ciencias y Matemática en los Países Iberoamericanos* (OEI/ MEC: Madrid).
- GARDNER P., 1994. Representations of the Relationship between Science and Technology in the Curriculum, *Studies in Science Education*, 24, 1-28.
- GIL D., 1993. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.

- GIL D., 1998. El papel de la Educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, N° 18, 69-90.
- GIL D., CARRASCOSA J., DUMAS-CARRÉ A., FURIÓ C., GALLEGOR., GENÉ A., GONZÁLEZ E., GUI-SASOLA J., MARTINEZ J., PES-SOA DE CARVALHO A., SALINAS J., TRICÁRICO H., VALDÉS P., 1999. ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 503-512.
- GIL D. Y VILCHES A., 2001. Una alfabetización científica para el siglo XXI: Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- GIL D., VILCHES A., ASTABURUAGA R. y EDWARDS M., 2000. La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. *Investigación en la Escuela*, N° 40, 39-56.
- GONZÁLEZ A., 1999. El tránsito desde la Ciencia básica a la Tecnología: la Biología como modelo. *Revista Iberoamericana de Educación*, N° 18, 91-106.
- HODSON D., 1992. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14 (5), 541-566.
- HODSON D., 1994. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.
- HOWES R y HILBORN, R., 2000. (Guest Comment) Winds of Change. *American Journal of Physics*, 68 (5), 401-402.
- HURD P., 1997. Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. *Science Education*, 82, 407-416.
- INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION, 2000. *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology* (Reston, VA: ITEA).
- LEE O., 1997. (Guest Editorial) Scientific Literacy for All: What Is It, and How Can We Achieve It? *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (3) 219-222.
- LEONTIEV A., 1981. *Actividad, Conciencia, Personalidad* (Pueblo y Educación: La Habana).
- LERNER I. y SKATKIN M. 1978. Tareas y contenido de la enseñanza general y politécnica. En: Danilov M. y Skatkin M. (Editores). *Didáctica de la Escuela Media* (Libros para la Educación: La Habana).
- MARTÍN E. 1998. El papel del currículo en la reforma educativa española. *Investigación en la Escuela*, 36, 31-47.
- MARTON F., FENSHAM M. y CHAIKLIN S., 1994. A Nobel's eye view of scientific intuition: discussions with the Nobel prize-winners in physics, chemistry and medicine (1979-1986). *International Journal of Science Education*, 16 (4), 457-473.

- MATTHEWS M., 1994. Vino viejo en botellas nuevas. Un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), 79-88.
- MATTHEWS M., 2000. Editorial del número monográfico sobre constructivismo. Epistemology and the Learning of Science, *Science & Education*, 9, 491-505.
- MEMBIELA, P., 1995. Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Experimentales. *Alambique*, 3, 7-11.
- NACIONES UNIDAS, 1992, *UN Conference on Environmental and Development, Agenda 21 Rio Declaration, Forest Principles* (Unesco: París).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996. *National Science Education Standards* (National Academy Press: Washington, DC).
- NIEDA J. y MACEDO B., 1997. *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años* (OEI-UNESCO: Madrid).
- NORMAN E., 1998. The Nature of Technology for Design. *International Journal of Technology and Design Education* 8, 67-87.
- NÚÑEZ J., 1999. *La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar*. (Edit. Félix Varela: La Habana).
- PERALES F.J. y CAÑAL, P., 2000. *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. (Marfil: Alcoy).
- PFUNDT, H. y DUIT, R., 1998. *Bibliography: Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Institute for Science Education, Kiel.
- POZO J. y GÓMEZ M., 1998. *Aprender y enseñar ciencia* (Morata, S. L.: Madrid).
- QUIROZ R., 1998. La Reforma de 1993 de la Educación Secundaria en México: nuevo currículum y prácticas de enseñanza. *Investigación en la Escuela*, 36, 75-90.
- SOLBES J. y VILCHES A., 1995. El profesorado y las actividades CTS. *Alambique*, 3, 30-38.
- UNESCO, 1994. Proyecto 2000+. *La declaración. Propuestas de actividades*. (UNESCO: París).
- UNESCO et al., 2000. Educación para Todos: Cumplimiento de nuestros Compromisos Colectivos. Marco de Acción de Dakar. *Foro Mundial de Educación*. (Dakar). <http://www.unesco.cl/10.htm>.
- UNESCO-ISCU, 1999. Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico. *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso*. (Budapest). <http://www.oei.org.co/cts/budapest.de.htm>.
- UNESCO-MONTEVIDEO, 1999. La ciencia para el siglo XXI: una nueva visión y un marco de acción. *Declaración de Santo Domingo*. (Santo Domingo).
- VALDÉS R. y VALDÉS P., 1994. Utilización de los ordenadores en la ense-

- ñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 412-415.
- VALDÉS P. y VALDÉS R. 1999a. Características del proceso de enseñanza-aprendizaje de la física en las condiciones contemporáneas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 521-531.
- VALDÉS R. y VALDÉS P. 1999b. Tres ideas básicas de la didáctica de las ciencias. En: Valdés P., Sifredo C., Núñez J. y Valdés R., *Enseñanza-aprendizaje de la Física en las condiciones contemporáneas* (Edit. Academia: La Habana).
- VYGOTSKY L., 1966. *Pensamiento y lenguaje*. (Edit. Revolucionaria: La Habana).
- WAKS L., 2001. Philosophy of Design, Design Education, and Educational Design. Introduction to the Special Issue. *International Journal of Technology and Design Education*, 11, 1-4.
- WANDERSEE J., MINTZES J. y NOVAK J., 1994. Research on alternative conceptions in science. En Gabel, D.L. (editor). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (Macmillan Pub. Co.: New York).
- WENHAM M., 1993. The nature and role of hypotheses in school science investigations. *International Journal of Science Education*, 15 (3), 231-240.