

Aportaciones y opiniones sobre la enseñanza de la química en el nivel medio superior

CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD A diez años de iniciada la corriente

Andoni Garritz*

RESUMEN

Este escrito reúne los objetivos globales de la reforma educacional Ciencia-Tecnología-Sociedad. También describe algunos ejemplos exitosos de la misma. Finalmente, se analiza la conexión de este enfoque de enseñanza de las ciencias con la interpretación constructivista del aprendizaje y se presentan algunas recomendaciones.

ABSTRACT

This paper gathers the general goals for the Science-Technology-Society educational reform. It also describes successful projects' examples within this focus. Finally, it analyzes the connection between the constructivist learning model and this science education approach, and presents some recommendations.

INTRODUCCIÓN

Las siglas STS (del inglés Science-Technology-Society) sirven para reconocer hoy un movimiento de reforma de la educación a nivel mundial, cuyas primeras raíces no son enteramente nuevas,¹ pero que se integró formalmente como una corriente con ese nombre en la década de los años ochenta. En esencia, las experiencias al respecto se han dirigido al nivel de la educación pre-escolar, básica y secundaria, aunque han aparecido ejemplos también en el nivel universitario, la mayor parte dirigidos a carreras profesionales cuya orientación no es estrictamente científica o técnica.²

La National Science Teachers Association (NSTA) de los Estados Unidos³ ha definido al enfoque ciencia-tecnología-sociedad (CTS serán las siglas con las que será referido en adelante) como *la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en el contexto de la experiencia humana*. Adicionalmente, esta misma asociación ha identificado once características o estrategias de los programas CTS, que hacen más explícita la forma como se propone el fin expresado. Éstas son:

1) La identificación de problemas sociales rele-

vantes 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.

Robert E. Yager, de la Universidad de Iowa en los Estados Unidos, es uno de los líderes de esta corriente a nivel internacional. Para Yager,⁴ lo que resulta esencial en el enfoque CTS es el *dedicar esfuerzos para formar ciudadanos informados que sean capaces de tomar decisiones cruciales sobre problemas y asuntos actuales, y de emprender acciones personales derivadas de tales decisiones*.

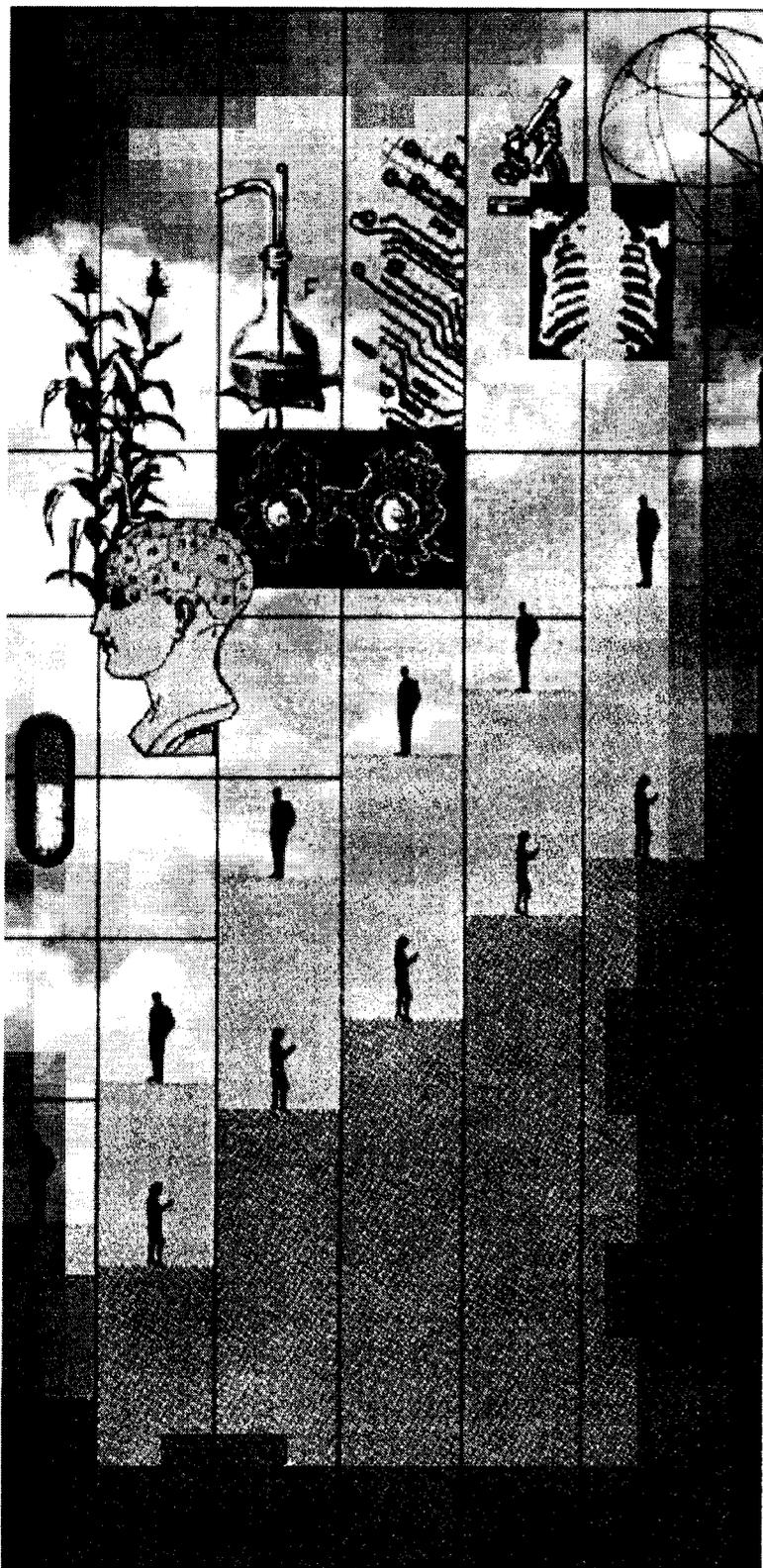
Otras referencias han adoptado variantes diversas para definir los objetivos de esta corriente. Por ejemplo, las siguientes se han expresado en los Estados Unidos:

- *preparar a los estudiantes para usar la ciencia y la tecnología en el entendimiento y mejoramiento de su vida diaria,*⁵
- *aplicar el conocimiento científico en la vida cotidiana; e introducir las implicaciones sociales y ambientales del desarrollo científico y tecnológico*⁶

* Facultad de Química, UNAM, México, D.F., 04510

Recibido: 3 de mayo de 1994;

Aceptado: 12 de agosto de 1994.



- *utilizar los aspectos y problemas sociales para lograr satisfacer las necesidades de nuestra sociedad y nuestros estudiantes*⁷
- *hacer énfasis en todos los niveles sobre la relevancia social y humana de la química*⁸

El enfoque CTS no es una forma especial de educación (como la educación ambiental, la educación para la salud, etcétera), no es tampoco una manera de ordenar contenidos en el currículo o de seleccionarlos, son otras las vías que caracterizan a esta corriente: CTS es una reforma educativa que implica un cambio de gran alcance en el que los contenidos pierden su importancia relativa y el medio de instrucción resulta ser lo más relevante.⁹ Como lo ha expresado Ronald D. Archer,¹⁰ *CTS se basa en el desarrollo de actividades enfocadas a la toma de decisiones, relacionadas con aspectos sociales del mundo-real que tienen un contenido importante de ciencia y de técnica; el contenido científico se construye sobre una base de necesidad-de-conocer, que también provee al alumno de la capacidad de razonamiento crítico para considerar otros aspectos que serán de importancia en el siglo XXI.*

ALGUNOS GRANDES EJEMPLOS

La reforma educativa que el enfoque CTS ha promovido tiene ya un buen número de ejemplos. Debido posiblemente a que las siglas STS son paternidad de la NSTA, se relaciona casi automáticamente a esta asociación con el enfoque, pero el objetivo de este artículo irá más allá. Algunos de ellos se describen con más detalle, pero cabe aclarar que los casos no intentan seguir una guía cronológica o de importancia, en absoluto. Por tratarse de un artículo en *Educación Química* se hace cierto énfasis en proyectos de esta disciplina.

1) *Science and Technology in Society (SATIS) del Reino Unido*¹¹

Promovido por la Asociación de Educación de la Ciencia (ASE), el proyecto SATIS inició en 1984. Sus primeras publicaciones aparecieron en 1986, dirigidas a las edades de 14 a 16 años. En septiembre de 1987 inicia el proyecto SATIS 16-19, que publicó 100 unidades hasta 1991, que luego se ha extendido hasta 120 cuadernillos. Cada uno contiene unas notas iniciales, una guía de estudio, las páginas de información y comentarios finales. La cronología del proyecto apareció hace un par de años en un artículo de Philips y Hunt.¹²

SATIS intentó desarrollar una estrategia de apoyo para que los docentes contaran con recursos adecuados para desarrollar el enfoque CTS en el aula. En muchos

casos el resultado surgió de la colaboración de los profesores con organizaciones locales (universidades, industria, servicios médicos), en la que los primeros aprovecharon finalmente su experiencia para desarrollar el tema de tal manera que pudiera adoptarse en las escuelas y fuera de interés para los estudiantes. Frecuentemente el tema, en sus aspectos de contenido, no se desarrolla por completo, con la idea de que grupos estudiantiles localicen información pertinente y preparen una descripción coherente del tópico en forma ya sea de un cartel para compañeros menores, un panfleto para el gran público, una carta a un miembro del parlamento, un informe a los directivos de una empresa, etcétera. Las habilidades especiales que se busca formar en los estudiantes se refieren, en general, a:

- 1) Capacidades personales, *e.g.*, la capacidad de autocalificar el desempeño.
- 2) Habilidad numérica, *e.g.*, la capacidad de entender e interpretar datos numéricos
- 3) Resolución de problemas, *e.g.*, la capacidad de reconocer y definir la naturaleza de un problema dado
- 4) Comunicación, *e.g.*, la capacidad de presentar información
- 5) Tecnología informática, *e.g.*, la capacidad de manejar computadoras.

Respecto a estrategias, se utiliza un número amplio. La Tabla 1 muestra algunas, con ejemplos de los temas que las emplean:

2) *Chemistry and the Community (ChemCom), de la American Chemical Society*¹³

Proyecto desarrollado por la División de Educación Química de la ACS y apoyado financieramente por la National Science Foundation en 1987. Está dirigido a estudiantes de la preparatoria (grados 10 a 12). Su líder intelectual fue M. Thomas Lippincott, cuyas ideas¹⁴ y el empuje de Sylvia Ware sirvieron para organizar un amplio grupo en los Estados Unidos.

Aunque es infrecuente que se mencionen las siglas CTS en relación con este proyecto, comparte propósitos con esta línea (véanse, entre otros, los objetivos 6, 7, 8 y 11 de la Tabla 2). Adicionalmente, *ChemCom* maneja algunos fines de la enseñanza tradicional (véase, por ejemplo, el primero de la Tabla 2).

Resulta interesante que la mayor crítica sobre *ChemCom* haya venido en la dirección de los propios profesores, quienes calificaron a la primera edición de 1988 de ser un proyecto más bien de divulgación, que reduce al mínimo la información química que todo

Tabla 1. Estrategias de SATIS y algunos títulos de los cuadernillos que las utilizan.

ESTRATEGIA	TEMAS
Tormenta de ideas y especulación	El aire que respiramos Protegiendo la capa de ozono
Estudios de caso	Problemas petroquímicos Acero Ayudando a los asmáticos
Análisis de datos	Convertidores catalíticos Aluminio en el agua de la llave Ganado y productos químicos
Preparación de informes o conferencias	Energía solar: combustible del futuro La ciencia como una empresa humana ¿Accidente o incendio premeditado?
Planeación y puesta en operación de una investigación práctica	Blanqueado con cloro Química de las albercas Circuitos impresos
Exploraciones y entrevistas	La industria de los perfumes Medicinas sobre el mostrador
Escritos para una audiencia no especializada	Poliuretanos Neutralizando la lluvia ácida Metales babilicos

bachiller de ciencias debe conocer. En la segunda edición se incluyó una matriz que relaciona los conceptos químicos que se van aprendiendo con la estructura de ocho unidades del libro, con tal de demostrar que el texto implica algo más que divulgación de la química. Cada unidad aborda un problema social de importancia en relación con dicha ciencia (véase la Tabla 3).

Algo central en *ChemCom* es la inducción a que los estudiantes reúnan información para la toma de decisiones. Cuatro diferentes secciones del libro tienen esta orientación:

TU TURNO: Permite que los estudiantes practiquen y refuercen los conceptos químicos básicos y los cálculos, en el contexto de problemas aplicados al "mundo real".

QUIMINCERTIDUMBRE: (ChemQuandary): Busca motivar y retar al estudiante a pensar acerca de las aplicaciones de la química y los asuntos de interés social. En general son preguntas de fin-abierto y generan preguntas más allá de la trillada "respuesta correcta".

TU DECIDES: Una actividad de indagación en la que se presenta a los estudiantes un problema social-tecnológico, se les pide reunir y/o analizar datos para buscar patrones y se les impulsa a desarrollar y basar hipótesis

Tabla 2. Objetivos de *ChemCom* (tomados de la evaluación realizada en 1992)¹⁵

1. Dar oportunidad a los estudiantes de aprender los conocimientos y hechos básicos de química.
2. Ofrecer a los estudiantes la oportunidad de entender cómo abordar con el conocimiento químico las necesidades de la sociedad.
3. Dar a los estudiantes la oportunidad de interpretar información científica.
4. Dar oportunidad a los estudiantes de ver cómo ciertos problemas personales pueden resolverse mediante el conocimiento químico.
5. Incluir materiales que sean comprensibles para los estudiantes (por su nivel de lectura, presentación de gráficas, diagramas y terminología científica).
6. Ayudar a los estudiantes a entender mejor la importancia de adquirir información científica antes de tomar una decisión con implicaciones sociales.
7. Ayudar a los estudiantes a reconocer que cada solución a un problema social complejo puede producir nuevos problemas.
8. Ayudar a los estudiantes a identificar vías alternativas de acción en relación con los problemas sociales.
9. Dar a los estudiantes la oportunidad de aprender cómo interpretar información científica.
10. Ayudar a los estudiantes a apreciar mejor el alcance y limitaciones de la tecnología.
11. Familiarizar a los estudiantes con aspectos importantes relativos a la interacción de la ciencia, la tecnología y la sociedad.

o soluciones basadas en evidencia científica y opiniones contundentes.

PONIENDO TODO JUNTO: Busca dar a los estudiantes la oportunidad de recapitular, revisar y aplicar lo que han aprendido en el contexto de algún aspecto real o hipotético de la comunidad relacionado con la química, de carácter social y/o tecnológico. Se espera que los estudiantes desarrollen y defiendan sus posiciones con base en un análisis científico, pero que incluyan valores y términos económicos, políticos, personales o sociales.

Otro gran énfasis de *ChemCom* está relacionado con las habilidades de resolución de problemas, a través de actividades de laboratorio y de preguntas de revisión global o para ampliar el conocimiento. Heikkinen¹⁶ presenta la Tabla 4, que compara el enfoque tradicional de resolución de problemas de un curso tradicional contra el de *ChemCom*.

ChemCom gana adeptos de manera creciente entre los profesores de la preparatoria en los Estados Unidos

Tabla 3. Títulos de las unidades de *ChemCom*.

- I. Logrando nuestras necesidades de agua
- II. Conservando los recursos químicos
- III. Petróleo ¿para construir? ¿para quemar?
- IV. Entendiendo la alimentación
- V. Química nuclear en nuestro mundo
- VI. Química, aire y clima
- VII. Salud: sus riesgos y oportunidades
- VIII. La industria química: promesa y reto

y sus efectos se empiezan a sentir en Hispanoamérica, en donde pronto se contará con una traducción-adaptación.¹⁷ Por lo pronto, cerca del 20% de los estudiantes de *High School* en los Estados Unidos toman este curso, cuya evaluación ha arrojado resultados sorprendentes,¹⁵ incluso cuando se le compara con los cursos tradicionales de química del bachillerato.¹⁸

3) "Scope, Sequence and Coordination" (SS&C), de la NSTA, y el Proyecto 2061 de la AAAS

En 1983 apareció un informe en los Estados Unidos: *A nation at Risk*, elaborado por la National Commission on Excellence in Education, que produjo un parteaguas en la orientación de la educación científica norteamericana. La encuesta de 1990-1991 de la International Assessment of Educational Progress, que colocó a los Estados Unidos en décimo tercer lugar entre quince países confirmó la debacle.¹⁹

La National Science Teachers Association reunió en su proyecto "Scope, Sequence and Coordination" un conjunto básico curricular para la enseñanza integrada de las ciencias (biología, química, ciencias de la Tierra y del espacio, y Física para los seis años del bachillerato) y ha elaborado un conjunto de textos y materiales para llevarlo a cabo. La prueba recorrió cientos de escuelas secundarias desde Alaska hasta Puerto Rico.

Por su parte, la American Association for the Advancement of Science, con base en el libro *Science for all Americans*, ha establecido el proyecto 2061, que lleva ese nombre por el año en que el cometa Haley retornará al Sistema Solar Interior, año para el cual la filosofía del proyecto se habrá supuestamente permeado en toda la educación científica americana. Este grupo no lleva prisa, y está construyendo una estructura educativa total-

mente novedosa que pretende reformar toda la vida escolar, basada en una visión integral del conocimiento (la conexión de humanidades, artes y ciencia) y el uso de medios informáticos para la enseñanza.

El National Research Council de los Estados Unidos insistió en la bondad de integrar un conjunto de estándares nacionales para la educación científica y matemática, (éstos últimos fueron elaborados hace tres años por el National Council of Teachers of Mathematics). La tarea de desarrollar los estándares para la enseñanza de la ciencia ha reunido a la AAAS y a la NSTA, así como a la National Academy of Science. Actualmente se tiene aprobado dicho conjunto de estándares y están por concluirse los correspondientes al profesorado y la evaluación de la docencia.

4) *Química del Consumidor, de Carl Snyder*

Éste es un esfuerzo interesante que nació hace 20 años en la Universidad de Miami. El curso fue dirigido inicialmente a alumnos de ciencias sociales, humanidades y artes, e intentó mostrar la química y sus principios a través de sus aplicaciones en los productos para el consumidor. Este proyecto evolucionó en un texto reciente²⁰ que muestra la química de las sustancias de nuestro mundo cotidiano, de lo trivial a lo polémico, de la sal de mesa a las drogas de abuso y sus efectos, del agua potable a la energía nuclear. Se abordan asuntos sobre seguridad, el significado y medición de la contaminación, y particularmente sobre la ambigüedad de los términos "bueno y malo" aplicados a productos y procesos químicos. El objetivo es llevar a los estudiantes hacia el dominio de la química, no sólo por la conciencia de que como seres humanos somos una fábrica de productos químicos, sino además para mostrar que podemos y debemos tener la posibilidad de elegir cómo usamos los productos químicos de nuestro universo.

5) *CEPUP: Chemical Education for Public Understanding Program, Lawrence Hall of Science (Berkeley)*

Programa desarrollado en la Universidad de California, cuyo enfoque es eminentemente experimental y relacionado estrechamente con problemas sociales contemporáneos, dedicado a la enseñanza de la química en el nivel elemental.

6) *Science for Children, del Instituto Smithsonian y la National Academy of Science*

Bajo la Dirección de Douglas A. Lapp, el Instituto Smithsonian se generaron, entre 1991 y 1994, 24 uni-

Tabla 4. Características de la resolución de problemas.

"Mundo académico tradicional"	"Mundo real"
Se espera un solo resultado	Alternativas múltiples
Problema completamente definido	Definido imperfectamente
Enfoque disciplinario	Multidisciplinario
Cierto/falso	Riesgos/beneficios
Inmediatamente juzgable	Juzgado <i>a posteriori</i>
Algorítmico	Heurístico
Guiado por el conocimiento	Restringido por conocimiento faltante
Orientado objetivamente	Orientado por valores
No resolver es una no-solución	No decidir es también una decisión

dades (cuatro para cada grado de la educación primaria) con las que se pretende ofrecer un enfoque de ciencia integrada experimental para niños. Las pruebas recorrieron una enorme muestra de planteles en la Unión Americana y se encuentran ya a la disposición de las escuelas.

7) *Esfuerzos a nivel internacional*

Rodger W. Bybee realizó durante 1984 una investigación acerca de la frecuencia con la que 262 educadores de 41 países empleaban ejemplos de problemas globales relacionados con la ciencia y la tecnología, así como alrededor de su opinión respecto a su inserción en el proceso enseñanza-aprendizaje. Sólo se refieren casos encuestados de Brasil, Costa Rica, España, Panamá y Venezuela en Hispanoamérica. De su encuesta es claro que estos temas adquirirán progresivamente mayor importancia, sobre todo conforme crece la edad del educando y de que en ese momento la mayor parte de los países se encontraban en una etapa preliminar del desarrollo de este tipo de enfoque educativo. Los problemas globales que recibieron mayor número de respuestas, ordenados de mayor a menor importancia relativa, se presentan en la Tabla 5.²¹

Asimismo, y más recientemente, el libro del año 1992 del International Council of Associations for Science Education está dedicado a recolectar algunos ejemplos de reforma de la educación con el enfoque CTS alrededor del mundo.²² La diferencia con respecto al estado del asunto seis años antes es que varios países tienen ya un avance importante al respecto. Se presentan

Tabla 5. Problemas globales relacionados con la ciencia y la tecnología más utilizados, a nivel mundial, en la enseñanza (1986).

Problema global	Ejemplos específicos
1. Hambre mundial y recursos alimentarios	Producción de alimentos, agricultura, conservación de granos
2. Crecimiento de la población	Población mundial, inmigración, capacidad de sustentación y prospectiva general
3. Calidad del aire y atmósfera	Lluvia ácida, calentamiento global, adelgazamiento de la capa de ozono
4. Recursos acuíferos	Estuarios, abastecimiento, distribución, tratamiento, contaminación de aguas subterráneas y por fertilizantes
5. Tecnología para la guerra	Gases que afectan el sistema nervioso, desarrollos nucleares, tratados sobre armamento
6. Salud y enfermedad	Enfermedades infecciosas y no infecciosas, dietas y nutrición, ruido, ejercicio, salud mental
7. Déficit energético	Combustibles fósiles y sintéticos, energía solar, ahorro de energía
8. Uso de la tierra	Erosión, desarrollo urbano, deforestación, desertificación, salinización, pérdida del hábitat de especies
9. Sustancias peligrosas	Residuos sólidos, productos químicos tóxicos, plaguicidas, plomo en el ambiente
10. Reactores nucleares	Manejo de residuos nucleares, reactores de cría, seguridad, terrorismo
11. Extinción de plantas y animales	Reducción de la diversidad genética, protección animal
12. Recursos minerales	Minerales metálicos y no metálicos, minería, depósitos de baja ley, reciclado y reuso

casos de Australia, Botswana, Canadá, Corea, Holanda, Hong Kong, India, Indonesia, Inglaterra, Israel, Nigeria y Taiwán. Es notable que América Latina no aparezca, en absoluto. Se refiere al lector a esos trabajos para aquilatar los avances internacionales que allí se expresan, en especial los de dos provincias canadienses, Saskatchewan y Alberta, que han adoptado a nivel de ministerio el enfoque CTS para la enseñanza en el bachillerato.²³

EL CONSTRUCTIVISMO, BASE DE LA CORRIENTE CTS

Para muchos expertos en educación, la fortaleza del enfoque CTS se encuentra en la filosofía del aprendizaje

que defiende el constructivismo, modelo que tiende a convertirse en un tema unificador en la educación científica.

El constructivismo parte de que el aprendizaje nunca puede ser independiente de quien aprende, no puede simplemente transferirse de una persona a otra como el símil de un vaso que llena al otro: la "transmisión" de conocimientos es un concepto sin sentido.²⁴

El modelo constructivista indica que cada ser humano debe concatenar ideas y estructuras que tengan un significado personal, si es que ha de aprender. De esta manera, cada alumno construye sus conocimientos científicos mediante su propia y muy personal actividad intelectual, basada en la activación de sus conocimientos o ideas previas sobre el tema. Es evidente que una estrategia educativa que conecta los aspectos científicos y tecnológicos con las necesidades y problemas sociales (como la del enfoque CTS) implica un enlace inmediato con aspectos que deben tener relevancia y significado personal para los alumnos. Por ello, la reforma STS en el salón de clase tiene por fuerza que basarse en el modelo constructivista del aprendizaje.

Si bien el aprendizaje ocurre cuando la persona involucrada puede enlazar ideas que impliquen una construcción de significados personales, el proceso no ocurre siempre en forma aislada. Así, el salón de clase puede ser un lugar donde los estudiantes compartan sus propias construcciones personales y donde los profesores motiven el aprendizaje retando a las concepciones de los aprendices.

COROLARIO

Así, el desenlace de este artículo son algunas consideraciones, derivadas de los argumentos presentados, que puedan garantizar el éxito de una reforma CTS:

1) Se requiere de investigaciones acerca de la percepción e ideas previas de los alumnos sobre aspectos socio-científicos de orden global o local, para que la acción en el salón se inicie a partir de los antecedentes del propio grupo. Así, el listado de temas a abordar podría quedar definido de manera única en cada país, provincia, localidad, plantel o incluso en cada aula.

2) Un siguiente paso consistirá en la definición de contenidos de carácter puramente científico, así como en su distribución posible y plausible entre las diferentes unidades (matriz unidades/contenidos). La aparición secuencial de los contenidos durante el curso deberá basarse en un árbol coherente de aprendizaje que considere aspectos de orden psicológico y de orden lógico, pero sobre todo los primeros.

3) En la acción, conviene enfocar la atención en las prácticas del constructivismo en el aula o laboratorio. Lo anterior implica un esquema de capacitación de profesores absolutamente diferente del tradicional, que contemple actividades de planeación del trabajo, estrategias metodológicas, actividades estudiantiles y técnicas de enseñanza innovadoras, tales como:

- la búsqueda y utilización de las preguntas de los propios alumnos para guiar las lecciones, para lo que resulta esencial aceptar e inducir la aparición de iniciativas estudiantiles. Ello implica olvidar en ocasiones de los propios planes del docente y el empleo inicial del libro de texto.
- la promoción del intercambio, sobreposición y debate de las ideas alternativas generadas en el aula o el laboratorio, con el debido respeto que todas merecen por parte del profesor.
- el aprovechamiento de la energía y el liderazgo de los aprendices para encaminar las acciones y obtener su colaboración en la búsqueda de información, sea en materiales escritos, con entrevistas a expertos o mediante la realización de experimentos.
- la organización de grupos de trabajo que fomenten estrategias colectivas de aprendizaje, fundadas en la cooperación, el respeto y la distribución de las tareas en el equipo.
- el empleo de preguntas de fin abierto, cuya respuesta no sea única, que simulen o se refieran a problemas de interés, y supervisar que las respuestas que se den incluyan el análisis de consecuencias de las decisiones propuestas, con base en balances riesgo/beneficio y costo/impacto. En las discusiones finales, será imprescindible motivar la autoevaluación y la reformulación de las ideas a la luz de nuevas evidencias y experiencias. ▣

REFERENCIAS

1. Hay una multitud de esfuerzos anteriores en que se introducen diversos aspectos de interés social en la enseñanza de la ciencia. Algunos han sido citadas en las siguientes referencias:
Lewis, B.B., "Science Teaching and Society", *J. Chem. Educ.*, **58**, 704 (1981).
Lewis, J., *Science in Society*, Heinemann Educational Books, Londres, 1981.
Herron, J.D., "Science, Society and the Reformation", *J. Chem. Educ.*, **59**, 560 (1982).
Solomon, J., *Science in a Social Context*, Association for Science Education y Basil Blackwell, Londres, 1983.
2. Schwartz, A.T., Bunce, D.M., Silberman, R.G., Stanitski, C.L., Stratton, W.J. y Zipp, A.P., *Chemistry in Context. Applying Chemistry to Society*, A Project of the American Chemical Society, Wm. C. Brown Pub., Dubuque, IA, 1994.
3. National Science Teachers Association, "Science-technology-society: A New Effort for Providing Appropriate Science for all (Position Statement)", en *NSTA Handbook*, Washington, (1990-1991), pp.47-48.
4. Yager, R.E., "Science-Technology-Society as Reform" en *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*, International Council of Associations for Science Education, ICASE Yearbook, Petersfield, UK, 1992.
5. NSTA, *Science and Technology Education for Tomorrow's World*, Washington, D.C., 1985.
6. American Chemical Society, *Tomorrow: The Report of the Task Force for the Study of Chemistry Education in the United States*, Washington, D.C., 1984.
7. Koballa, T.R., *Research within Reach: Science Education*, NSTA, Washington, D.C., 1986.
8. National Science Foundation, *Educating Americans for the 21st Century*, Washington, D.C., sin fecha.
9. Un ejemplo interesante que permite apreciar la metodología característica del enfoque CTS para la enseñanza de la química ha sido informado en:
Streitberger, H.E., "A Method for Teaching Science, Technology and Society Issues in Introductory High School and College Chemistry Classes", *J. Chem. Educ.*, **65**, 60-61 (1988).
10. Prólogo de la referencia 1.
11. The Association for Science Education, *SATIS 16-19*, archivos 1 a 4, College Lane, Hatfield, Herts AL10 9AA, Reino Unido, 1990.
12. Philips, P.S. and Hunt, A., "The SATIS Project: A Significant New Development in Post-16 Science Education in the United Kingdom", *J. Chem. Educ.*, **69**, 404-407 (1992).
13. American Chemical Society, *Chemistry in the Community*, Kendall-Hunt, Dubuque, IA, 1988. Segunda edición en 1993.
14. Ver, por ejemplo,
Lippincott, W.T., "Retrospects and prospects in Chemical Education: A personal view", *J. Chem. Educ.*, **57**, 4 (1980).
Lippincott, W.T., "In appreciation", *J. Chem. Educ.*, **57**, 325 (1980).
Lippincott, W.T. and Bodner, G.M., "Chemical Education: Where we've been; where we are; where we are going", *J. Chem. Educ.*, **61**, 843 (1984).
15. Sutman, F.X. and Bruce, M.H., "Chemistry in the Community-ChemCom: A five-year evaluation", *J. Chem. Educ.*, **69**, 564-567 (1992).
16. Heikkinen, H., "Decision Making and ChemCom", *ChemUnity*, **8**, 7 (1987).
17. American Chemical Society, *Química en la Comunidad*, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware, 1995.
18. Beardsley, T., "Trends in Science Education: Teaching Real Science", *Sci. Am.*, **267**[10], 78-86, (1992).
19. Yager, R.E., editor, *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*, International Council of Associations for Science Education, ICASE Yearbook, Petersfield, UK, 1992.
20. Snyder, C.H., *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*, John Wiley, Nueva York, 1992.
21. Yager, R.E., "The Constructivist Learning Model: A Must for STS Classrooms" en *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*, International Council of Associations for Science Education, ICASE Yearbook, Petersfield, UK, 1992. pp. 14-17.