

Hacia una Revolución en la Educación Científica

José Antonio Chamizo

RESUMEN

En este trabajo se discute la situación actual de la educación científica en México y en el resto del mundo. Como resultado de ello, se reconoce un nuevo paradigma estructurado sobre dos dimensiones: los contenidos temáticos y los aspectos pedagógicos.

Tradicionalmente, cuando ha sido necesario, se han realizado modificaciones sobre una de ellas, la de los contenidos temáticos. Hoy es indispensable abordar también los aspectos pedagógicos, centrados en la actividad cotidiana de los profesores de ciencias naturales.

Recibido el 23 de septiembre de 1993.
Aceptado el 10 de octubre de 1993.

José Antonio Chamizo realizó sus estudios de licenciatura y maestría en la Facultad de Química de la UNAM. Posteriormente se doctoró en organometálica, en la University of Sussex, Inglaterra. Autor de varios libros de texto, es profesor de la Facultad de Química, UNAM, miembro de la Academia de la Investigación Científica y vicepresidente de la Academia Mexicana de Profesores de Ciencias Naturales.

“... la ciencia debe ser como la luz del sol, debe brillar para todos”

Arτίdes Bastidas.

INTRODUCCIÓN

En el título de este trabajo he empleado con toda intención la palabra *revolución*, porque nos encontramos inmersos en una de ellas, participando de la concepción que de la misma tiene Kuhn (1971), a través de su caracterización de los paradigmas:

“Al aprender un paradigma, el científico adquiere al mismo tiempo teoría, métodos y normas, casi siempre en una mezcla inseparable. Por consiguiente, cuando cambian los paradigmas, hay normalmente transformaciones importantes de los criterios que determinan la legitimidad, tanto de los problemas, como de las soluciones propuestas. Los episodios extraordinarios en que tienen lugar esos cambios profesionales son los que se denominan ... revoluciones científicas”.

En efecto, el antiguo paradigma que sobre la enseñanza de las ciencias prevaleció prácticamente en todo el mundo, se está derrumbando. Estamos siendo testigos de lento pero inexorable reemplazo, de una enseñanza de la ciencia para formar científicos, por otra que busca integrar ciudadanos conscientes de su realidad científica-tecnológica. De una enseñanza para unos pocos, por una para todos. La disputa, como muchas en el terreno educativo, está marcada políticamente, por lo que

en esta inevitable transformación es fácil quedarse únicamente con las palabras, y como el famoso gatopardo (Lampedusa, 1985), cambiar para que nada cambie.

Es difícil reconocer cuándo se inicia el cambio, pero sin duda uno de los artículos más difundidos acerca de la transformación del paradigma de la educación científica apareció hace más de diez años (Tomas, 1982):

"Aunque existe una necesidad perenne de enseñar a los jóvenes que posteriormente harán ciencia, éstos siempre serán una minoría. Es más importante enseñar la ciencia a quienes deberán reflexionar sobre ella, y esto incluye a casi todos, especialmente a los poetas, pero también a los músicos, filósofos, historiadores y escritores. Por lo menos algunos de éstos podrán imaginar estratos de significado que se nos escapen al resto".

I. ANTECEDENTES

Los programas de ciencia establecidos en los años 60 en los Estados Unidos, posteriores al lanzamiento del Sputnik, buscaban capturar a los mejores alumnos de estas disciplinas para involucrarlos en proyectos militares (Barnet, 1976):

"El establishment militar de los Estados Unidos ha avanzado un largo trecho desde el día, a fines de los años treinta, en que un químico que deseaba trabajar para la marina fue rechazado porque el Departamento ya contaba con uno. Actualmente, más de la mitad de los científicos e ingenieros del país trabajan directa, o indirectamente, para el Pentágono".

El PSSC (Physical Science Study Course), el BSCS (Biological Science Curriculum Study) y el Chem Study (Chemical Education Material Study), en los Estados Unidos y el Proyecto Nuffield, en el Reino Unido, constituyeron la respuesta educativa para generar mejores científicos dentro de estos países, un vez que la migración intelectual centroeuropea, debida al nazismo, difícilmente se repetiría.

Los programas propuestos se adoptaron prácticamente en todo el orbe, donde han constituido el paradigma sobre la enseñanza de la ciencia, es decir enseñar pensando únicamente en los futuros científicos. Los resultados son prácticamente los mismos en todo el mundo (Dyer, 1989):

"Las ciencias físicas son la materia menos apreciada en los liceos franceses, donde los alumnos reconocen que, tal como son enseñadas, están destinadas sólo a los futuros alumnos de las secciones científicas".

O como lo reconoció, también hace bastantes años, la entonces nueva corriente educativa basada en el constructivismo piagetiano (Halbwachs, 1983).

"Creemos que la opción principal de la pedagogía y de la didáctica modernas, la de partir de la realidad del alumno y de su futuro profesional, debe conducir a la adopción de una perspectiva exactamente opuesta: el profesor de física que se encuentra al frente de una clase tiene el deber de tener en cuenta al conjunto de la clase y evitar centrarse en algunos alumnos que manifiestan unas aptitudes o un interés especial por la física y que se perfilan ya como futuros físicos".

Sin embargo, después de más de veinte años y millones de libros de texto en los principales idiomas, se puede ver que algunos países alcanzaron mucho mejor que otros, los objetivos propuestos en estos programas. Los Estados Unidos, uno de los iniciadores del cambio, no resultaron el ejemplo a seguir, como lo han evidenciado la mediana calidad de sus estudiantes de ciencias cuando se les compara con los niños asiáticos y europeos, así como el descenso en la matrícula de sus carreras científicas (Tiffet, 1989; Shakashiri, 1990).

Investigaciones recientes en esta dirección han demostrado que el mejor aprovechamiento de los niños asiáticos en los Estados Unidos como, por ejemplo, los emigrantes provenientes de Vietnam del Sur, que después de perder una guerra, llegan sin bienes materiales y viven en los suburbios pobres de las ciudades norteamericanas, se debe básicamente a que estas familias creen en la educación y apoyan decididamente a sus hijos para que aprendan (Caplan, 1992). Así el rendimiento (y aquí habría que pensar con precisión qué quiere decir esto), no es sólo resultado de los planes de estudio, o de la infraestructura material de las escuelas, sino también de la importancia social que en cada cultura (Stevenson, 1992) y en cada familia se le da a la educación.

En México, con el surgimiento del CCH y del colegio de Bachilleres, copiamos estos programas, sin tener, ni aún hoy, la infraestructura humana y material para implementarlos correctamente. Los hicimos alegremente no sólo para el bachillerato, a donde estaban dirigidos, sino que también, en algunos casos, en la secundaria. A más de veinte años de distancia, los resultados son claros: hay un profundo desconocimiento de la ciencia en la secundaria, siendo esta área la de mayor reprobación

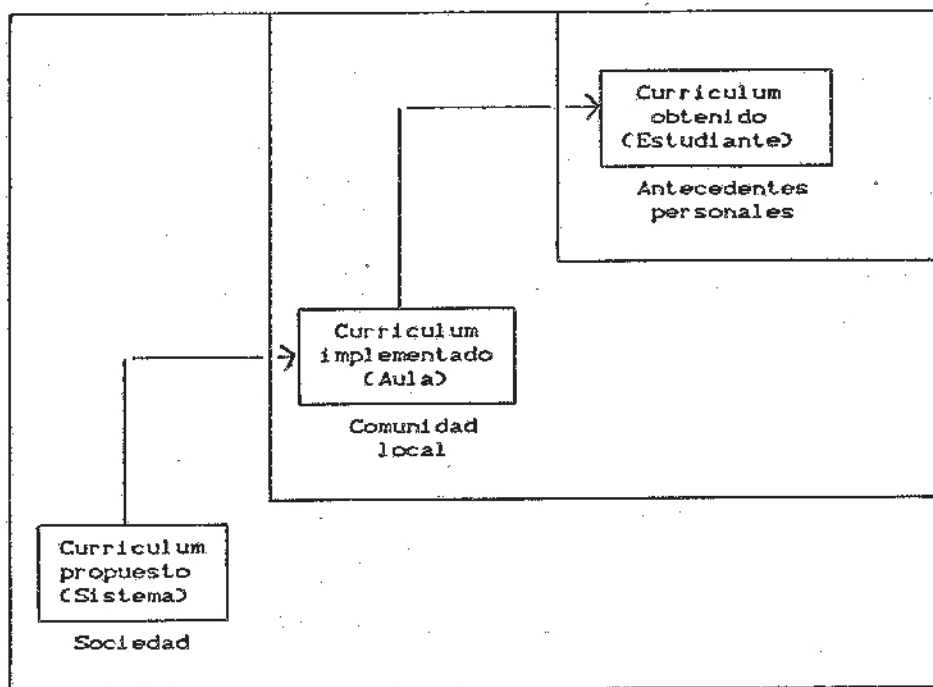


Figura 1. Marco conceptual de TIMSS

En el año 2,000, después de diez años de iniciado, TIMSS nos informará, entre otras cosas, de:

- Las variaciones internacionales en los currículos de ciencias y matemáticas.
- Las oportunidades para aprender que hay en cada país.
- Las opiniones de estudiantes y profesores.
- Los logros de los estudiantes, con énfasis particular en su capacidad para aplicar su conocimiento y habilidades, en situaciones rutinarias.
- La influencia de los libros de texto oficiales en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas.

(3.40 de calificación contra 3.97 de promedio nacional, considerando español, ciencias sociales y matemáticas) (Guevara Niebla, 1991), mientras que en el bachillerato se identifica cada vez menor cantidad de alumnos que se interesen por materias de índole científica para continuar sus estudios, por ejemplo: química. (Garritz y Chamizo, 1990).

Recientemente se ha evaluado la primaria es decir (lo mínimo que se debe saber de este nivel educativo básico, en donde también se considera la ciencia), a través de 394 personas de posgrado, pertenecientes a más de 43 centros de investigación y estudios superiores del país. Los resultados indican que el segmento escolar más exitoso de México, los investigadores y maestros de maestros, acierta únicamente al 60.3% de las preguntas. Algunas de las razones son expuestas categóricamente por el autor (Tirado, 1992):

“La educación básica es y ha sido tradicionalmente una oferta de conocimientos desmedida, no guarda

proporciones, se enseña a niveles de especialidad sin siquiera haber comprendido lo básico; es abrumadora, enciclopédica, no hay estructuras de organización que le den coherencia y congruencia a los contenidos; se presentan datos desarticulados del contexto que cobran significado y significación, y se da información abstracta y distante de la vida del niño que poco o nada le dice y menos le interesa.

La experiencia mexicana no es única. En una época caracterizada por la globalización, los sistemas educativos no son la excepción. Las comparaciones internacionales, surgidas de diversos espacios, como por ejemplo, las olimpiadas internacionales de ciencias, no son suficientes para caracterizar adecuadamente los logros y los defectos. En esta dirección, uno de los más ambiciosos proyectos para evaluar los diversos sistemas educativos del mundo, reconociendo las diferencias regionales, es el TIMSS (Third International Mathematics and Science Study), proyecto que, coordinado desde Canadá, se está llevando a cabo en más de cuarenta

Tabla I. Proyecto 2000+ (Holbrook, 1993)

El Proyecto 2000+ ha sido iniciado por UNESCO e ICASE (International Council of Associations of Science Education) para promover la implementación de educación científica-tecnológica en el contexto de educación para todos.

El proyecto consta de seis áreas de trabajo:

- 1 La naturaleza y la necesidad de una alfabetización científica
- 2 Alfabetización científica y tecnológica para el desarrollo,
- 3 Las circunstancias requeridas para el aprendizaje de la ciencia y la tecnología.
- 4 Formación y actualización de profesores.
- 5 Evaluación
- 6 Instancias informales y no formales para la alfabetización científica y tecnológica

Los objetivos del proyecto, cuya segunda fase acaba de concluir en las oficinas de UNESCO en París, buscan incrementar sustancialmente el conocimiento mínimo en ciencia y tecnología en todas las sociedades del planeta para el próximo siglo.

países cuyo marco conceptual apunta a identificar lo que realmente saben los estudiantes al finalizar su aprendizaje formal, Figura 1. El cual, junto con diversas investigaciones promovidas por la UNESCO, particularmente el proyecto 2000+ Tabla I, busca saber qué es lo realmente importante y significativo en el aprendizaje de las ciencias. En varios países ya hay algunas respuestas... necesitamos la nuestra.

II. EL NUEVO PARADIGMA

El cambio curricular se encuentra estructurado sobre dos dimensiones (Tabla II): contenidos temáticos y aspectos pedagógicos.

Con respecto a los contenidos temáticos, las recientes innovaciones en la educación científica adoptan al niño y al joven como centros de interés (Driver y col, 1989; Gómez, 1989), desarrollando los conceptos, no por su importancia científica, sino más bien por la relevancia y el significado que tendrán para él como futuros miembros de la sociedad.

Este enfoque alternativo, ¿implica olvidar los fenómenos químicos, biológicos o físicos desde el punto de vista científico? La respuesta es NO.

El contexto científico prevaleciente en los programas y libros de texto actuales es bastante estrecho y, lo que es más importante, los estudiantes no

se sienten involucrados con el mismo. Durante el curso son informados acerca de sustancias y reacciones, de leyes y taxonomías que fueron descubiertos hace mucho tiempo; premisas que han sido aceptadas, y que ellos tienen que creer. Es demasiado tarde, inclusive para ser espectadores de este proceso y consecuentemente, en el mejor de los casos, aprenden ciencia como una lenta reconstrucción de hazañas históricas y a veces, ni siquiera éste. Como además hay una enorme cantidad de material para ser aprendido, no hay tiempo para revisar correctamente este proceso; con los errores, la pasión, las luchas y la desesperación que conlleva el descubrimiento científico. Este proceso reconstructivo tampoco deja espacio para que los alumnos participen en actividades científicas. Paradójicamente, el énfasis en la ciencia como una empresa exitosa, evita la posibilidad de que los alumnos participen en la investigación científica. Aparentemente todo está resuelto (Tomas, 1982):

“Durante los últimos cincuenta años hemos estado enseñando las ciencias como si fueran la misma colección de materias académicas de siempre, y -aún peor- como si nunca fueran a cambiar...”

Se enseña entonces la ciencia como un asunto cerrado, memorizándola, como dogma... como lo que no es.

Ejemplificaré algunos de los cambios a través de los cuales se buscan alternativas a lo anterior, es decir se construye el nuevo paradigma.

En Rusia (Dushenkov, 1992), las modificaciones curriculares realizadas recientemente en la secundaria, indican un gran cambio. El curso general de ciencia tiene una duración de tres años donde se abordan intensamente, además de los aspectos tradicionales de química, física y biología, aspectos de ecología. Integrado por diversas unidades, considera en todas ellas, además de lo estrictamente científico, el arte y folklor. Se encuentran presentes poemas, proverbios y pinturas

Tabla II. Amplitud del cambio curricular en la enseñanza de las ciencias

	CONTENIDOS TEMÁTICOS	
	VIEJOS	NUEVOS
VIEJOS	Sin cambio	Cambio ligero
ASPECTOS PEDAGÓGICOS	NUEVOS	Cambio ligero
		Cambio radical

de grandes artistas (por ejemplo, en la discusión sobre la luz se plantea el impresionismo). La presentación sobre el origen de la vida en la Tierra se hace desde la ciencia, pero sin olvidar los mitos y leyendas que se conocen sobre este tema.

La Association for Science Education en Inglaterra diseñó el proyecto Science and Technology in Society (SATIS) y publica desde 1988, materiales complementarios a los de un curso tradicional de bajo costo para ser utilizados por estudiantes de bachillerato. Paralela a otras muchas experiencias (Tabla III), sus objetivos están orientados a fomentar actitudes de pensamiento crítico, relacionados con la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad. Intenta además, promover en los estudiantes la búsqueda de información, así como la capacidad de comunicarse efectivamente. El proyecto está construido alrededor de diferentes unidades autocontenidas, las cuales requieren de 75 a 90 minutos para su estudio en el salón de clase. Todas necesitan que los alumnos realicen alguna actividad y que respondan diferentes preguntas. Algunas de las 175 unidades desarrolladas hasta el momento son: Microbios que producen insulina humana, fibras ópticas y telecomunicaciones, SIDA, pañales desechables, el terremoto de la Ciudad de México, investigando accidentes de coches, el precio de la comida, el DDT y la malaria, etc.

En diciembre de 1989 en la Universidad de California, (Berkeley), bajo los auspicios de la UNESCO y la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), se reunieron 55 profesores e investigadores de más de treinta países para generar una unidad piloto dirigida a alumnos de bachillerato sobre un tema relacionado con la energía y el medio ambiente, en lo que sería el inicio el proyecto IUPAC-UNESCO para el desarrollo de currículum internacional, (Heikkinen y Summerlin, 1990). Los criterios para el desarrollo de la unidad fueron:

- Que fuera de alcance internacional, con consecuencias locales o regionales.
- Razonable y apropiada para alumnos del bachillerato de diferentes culturas y condiciones económicas.
- Con la posibilidad de incorporar diversas estrategias de enseñanza, especialmente aquellas desarrolladas por los alumnos.
- Contemporánea.

Tabla III. El paquete de la bicicleta (Sigeo y Rigeo, 1991)

Este "paquete" está concebido para estimular el interés de los niños en eventos científicos y se presenta como una ayuda para la enseñanza experimental de la ciencia en la escuela primaria. Es el resultado de la colaboración, a partir de 1986, de un grupo de profesores del poblado de Trafford en Inglaterra con científicos de Ciba-Geigy residentes de la misma localidad.

En el "paquete", integrado por varios libros donde se describen desde diversos experimentos hasta programas sencillos de computadora, se incorporan 44 diferentes actividades para niños de 5 a 11 años de edad, todas ellas centradas en una bicicleta, algunas de las cuales son:

- Propiedades de las formas
- Ruedas y frenos
- El color de las bicicletas
- Inflando las llantas
- ¿Por qué la bicicleta se oxida?
- El timbre de las bicicletas ¿qué tan bien lo escuchas?
- Una bicicleta en la Luna.

El paquete está diseñado por profesores para profesores, particularmente aquellos que no tienen una adecuada preparación en ciencia.

Al realizar las actividades, los niños desarrollan una cantidad importante de habilidades manuales, planean y llevan a cabo investigaciones, observan y obtienen conclusiones.

Cada actividad está relacionada con alguno de los objetivos establecidos por el Currículum Nacional de Ciencia inglés, pero más que nada, y así está expresado por sus diseñadores, pretende ayudar a los niños a descubrir por ellos mismos que aprender ciencia es interesante y sobretodo, divertido.

Ciba Geigy regaló el paquete a 23 000 escuelas primarias en Inglaterra y Gales, y este año donará a cada escuela una caja con la mayoría del material necesario para realizar los experimentos.

- Con la posibilidad de extenderse y tratarse a diferentes niveles.
- Con requerimientos de materiales y equipo baratos, seguros y fácilmente accesibles.
- Que se pueda desarrollar entre 10 y 12 horas de clase.
- Que dejara en los estudiantes una sensación de optimismo, esperanza y control.

El material producido, bajo el título de "Quemando combustibles. Cómo puede la química ayudarnos a reducir el desperdicio de materiales y energía" a la fecha, ha sido probado en más de quince países, incluyendo México (Chamizo, 1990). Los resultados, prácticamente en todas partes, indican que, a pesar de la excelente acogida por parte de alumnos y profesores del material

Tabla IV. Aspectos importantes del currículo basado en STS

— El estudiante identifica el problema dentro de su localidad
— Se emplean recursos locales para localizar la información pertinente para resolver el problema, involucrando particularmente a los estudiantes.
— El proceso de aprendizaje sobrepasa al aula y a la escuela.
— Énfasis en las habilidades que deben poseer los estudiantes para resolver sus propios problemas.
— Se reconoce la influencia a través de la cual la ciencia y la tecnología impactarán el futuro.

producido, surgieron dos problemas importantes en su implementación (Gardner, 1990): lo inflexible de los programas tradicionales de ciencia, incapaces de incorporar nuevos conocimientos y estrategias de aprendizaje y los sistemas tradicionales de evaluación.

La experiencia en el desarrollo de un currículum internacional en ciencia sin embargo, ha sido exitosa y en agosto de 1991, en York, Inglaterra, se generó la segunda unidad, que con el nombre de "El efecto de las actividades humanas sobre la calidad del agua. La química puede encontrar soluciones", está siendo probada en veinte países (Pestana y Heikkinen, 1991).

En los Estados Unidos, la NSTA (National Science Teachers Association) ha caracterizado una nueva manera de abordar el estudio de la ciencia en la escuela, denominada ciencia-tecnología-sociedad (STS: Science Technology Society) (Yager, 1992b) cuyas características más significativas se muestran en la Tabla IV.

De alguna manera estas ideas que conforman el nuevo paradigma surgen desde 1985, cuando el cometa Halley se encontró en la vecindad de la Tierra. En ese momento la Asociación Americana para el avance de la Ciencia lanzó el proyecto 2061, fecha en que el Halley volverá a pasar cerca de la Tierra y cuando aún vivirán algunos de los niños que lo vieron en esta ocasión. El objetivo de éste, el más ambicioso proyecto curricular que se haya concebido en los últimos años, es llevar la ciencia a todos los ciudadanos de los Estados Unidos, Tabla V (Rutherford, 1989).

La segunda dimensión considera los aspectos pedagógicos y, de manera específica, al profesor. Empezamos por la concepción de ciencia que los mismos tienen, (Storey y Carter, 1992):

"Los profesores son prácticamente los únicos miembros de la comunidad científica que insisten en enseñar el método científico, paso a paso, con la idea de que se memorice para aprobar los exámenes, tal vez porque ellos son los únicos que no están involucrados realmente en programas de investigación. Los estudiantes aprenden ciencia haciendo las preguntas adecuadas, realizando experimentos válidos, no memorizando dogmas. Deben aprender que hay preguntas que no tienen respuesta".

La experiencia mexicana no es diferente, basta recordar que los maestros de secundaria y bachillerato prácticamente no han realizado ninguna actividad de índole científica.

En una encuesta realizada en 1988 por el autor entre cerca de 1000 profesores que impartían la asignatura de química en el bachillerato del sistema tecnológico de todo el país, únicamente 5% del total eran químicos. Abundaban, por otro lado, ingenieros, veterinarios y dentistas, profesionistas todos ellos que merecen el mayor respeto, pero que ni son científicos, ni han reflexionado sistemáticamente sobre el quehacer científico, ni están actualizados en los avances de la ciencia. Conocen, a lo más, la ciencia por lo que han leído y esto, sin duda importante, no es suficiente (Velázquez, 1990):

"El trabajo colectivo y el "aprender haciendo" constituyen las concepciones metodológicas fundamentales del CCH. A la distancia se reconoce la dificultad por parte de los profesores para llevar a la práctica dichas concepciones, particularmente en

Tabla V. Proyecto 2061. Áreas que integran el nuevo currículum

1. Preparación de los maestros.	
2. Materiales y tecnología	
3. Evaluación	
4. Investigación	Particularmente en aprender cómo se aprende
5. Conexiones curriculares.	El proyecto involucra muchas disciplinas, que requieren integrarse
6. Organización escolar	
7. Familiares y comunidad	
8. Equidad.	El proyecto considera necesariamente todas las minorías: mujeres, negros, latinos, etc.
9. Educación superior.	Se intenta articular lo aquí diseñado con los requerimientos fundamentales establecidos por las universidades.

lo concerniente al área científica, ya que "en su carrera profesional tuvieron pocas posibilidades, tanto de realizar investigaciones como de asumir una actitud científica, a partir de los ejemplos de sus propios maestros".

Reducir la cultura y tradición científica a un receta, es uno de los frecuentes errores de quienes no han reflexionado sobre el quehacer científico. Los maestros, en términos generales, no lo han hecho y ellos son los principales comunicadores de la ciencia en nuestro país (directamente a 17 millones de niños y jóvenes).

Sólo por tener un marco de referencia, lejano pero referencia al fin, los profesores del bachillerato en Alemania tienen una maestría en su disciplina y una especialidad en educación que requiere dos años de estudio, en los cuales se considera la estancia en alguna escuela. Se preparan para ser profesionales de la educación. A pesar de los rigurosos requerimientos para ser profesor, hay más oferta que demanda, resultado de la alta estima que en ese país tiene el ser profesor. Como ya se dijo anteriormente, la cultura hacia todo lo relacionado con educación es muy importante y esa, la construimos todos.

Reconociendo lo anterior, hay al menos tres espacios en los cuales crecer: la modificación de las estrategias de aprendizaje, la incorporación de nuevos y diversos métodos de evaluación y la formación científico-profesional de los profesores. Aunado a lo expresado y muy cercana a la primera dimensión antes discutida, una de las importantes modificaciones consiste en quitar la presión que se tiene por terminar los programas (lo que se que eso signifique, ya que hemos visto sus desastrosos resultados en México), con lo que se tendrá lugar para generar un "espacio científico" donde el énfasis no sea en los resultados, o en las recetas del llamado "método científico", sino en otros aspectos como el hacer preguntas (Blosser, 1991); estar intrigado por una observación inesperada, escuchar a los compañeros estudiantes, buscar palabras para formular nuevas ideas, pelear con argumentos y contra-argumentos; disfrutar un experimento elegante; estudiar la información propuesta por un experto y ... dudar de ella.

En esta propuesta está considerado de manera evidente el constructivismo, corriente pedagógica desarrollada por Piaget en los años 70. La riqueza y fecundidad de sus ideas, poco a poco, han permeado no sólo entre los maestros, sino también entre todos aquellos preocupados por la educación.

Para Piaget el aprendizaje es tanto un factor, como un producto del desarrollo. Es un proceso de adquisición en el intercambio con el medio, mediatizado en principio, por estructuras reguladoras, originalmente genéticas y posteriormente construidas con la intervención de pasadas adquisiciones. Insiste en que los niños y los jóvenes no piensan menos que los adultos, simplemente que lo hacen de manera diferente (Piaget, 1974). Heredero de esta tradición en España, Marimon (1986) precisa el reto que significa la enseñanza de las ciencias:

"Hay dos formas-cuando menos-de enfocar el aprendizaje de las ciencias que se proponen dos objetivos diferentes. El primero consiste en pretender que el alumno llegue a los conocimientos por transmisión directa. El segundo aspira a ayudarlo a desarrollar los sistemas de pensamiento mediante un ejercicio intelectual que le permita plantearse preguntas, discutir sus ideas, elaborar hipótesis, cometer errores y encontrar soluciones propias a problemas propios. El primero es ingenuo e imposible. El segundo implica dar un nuevo enfoque a la enseñanza".

El nuevo paradigma, retomando las experiencias derivadas de la etnografía, reconociendo cómo es la escuela por dentro (Woods, 1989) y con una carga fuertemente constructivista (Tabla VI), implica modificar el papel que el maestro tradicionalmente ha jugado como proveedor de conocimiento, cambiando el énfasis de lo que él enseña por lo que el alumno aprende (Candela, 1990):

Tabla VI. Estrategias constructivistas (Yager, 1992b)

1. Invitación	Hacerse preguntas. Identificar fenómenos inesperados. Identificar situaciones donde los alumnos tienen percepciones diferentes.
2. Exploración	Tormenta de ideas. Búsqueda de información. Realización de experimentos. Análisis de datos. Identificación de riesgos.
3. Propuesta de explicación o solución	Comunicar las ideas. Construir una explicación. Revisar y criticar soluciones.
4. Tomar acciones	Decidir Compartir la información e ideas. Hacer nuevas preguntas.

“El maestro no necesita conocer la respuesta a todas las preguntas de los niños. Su papel consiste principalmente en hacerlos reflexionar y enseñarlos a buscar información cuando la necesiten. Por eso a veces puede devolver la pregunta de un niño al grupo para que entre todos encuentren sus propias respuestas. También puede investigar en los libros junto con los niños o consultar a otras personas para resolver sus inquietudes.

Para que esto ocurra es importante que el maestro trate de entender el razonamiento que siguen los niños, que retome las preguntas que se hacen y las respuestas que dan, y que apoye las discusiones entre ellos para que lleguen a sus propias conclusiones. *Los alumnos aprenden cuando siguen su razonamiento; porque sólo pueden incorporar la información que está dentro de su lógica”.*

Otro de los aspectos pedagógicos a considerar, identificado con toda precisión en la primera parte del proyecto IUPAC-UNESCO de curriculum internacional, es la evaluación, ya que la misma concreta cualquier proyecto educativo, (Uba Adamu, 1991):

“Por ejemplo se ha observado en Nigeria que los exámenes finales ejercen una gran presión sobre la interpretación del curriculum por parte del profesor. No importa que tan innovador éste sea, la evaluación define la modalidad del curso (en este caso tres cuartas partes del total del tiempo es empleado por el profesor para exponer él los temas)”.

Y para no ir tan lejos, en Argentina se insiste en lo parcial de las evaluaciones (Giordano, y col 1991):

“En primer lugar se determina que la comprobación del rendimiento escolar consiste (en la mayoría de los casos) en pruebas que exigen “poner a prueba” la memoria, y pocas veces en el eficaz empleo del discernimiento, el razonamiento y el juicio crítico. Gran parte de los profesores de los distintos cursos y materias se limitan a la comprobación del grado en que el alumno erpite la información que se le ha dado...”

Contra lo anterior, en el nuevo paradigma, los mapas conceptuales desarrollados por Novak (1988) Figura 2, los registros de aprendizaje, los portafolios y los exámenes en los que las preguntas son abiertas, ejemplifican algunas de las nuevas estrategias para evaluar (Chamizo y col., 1993). Aquí es importante recordar que la evaluación es un medio para aprender, no un fin en sí mismo.

En Israel, Zoller (1990), se ha dedicado al diseño de estrategias de evaluación consistentes con este nuevo paradigma. Su Examen Ecléctico Individualizado (IEE por sus siglas en inglés) como

su nombre lo indica, está diseñado para cada estudiante. Basado parcialmente en el contenido del curso, considera de manera fundamental los resultados de proyectos de investigación realizados por los estudiantes durante el mismo. Todos los exámenes consideran diferentes aspectos (Tabla VII), de manera que son contruidos “a la medida” de cada estudiante. Lo que se busca no es asignar un 7.3 o un 9.6 en conocimiento científico (absurdo matemático al que nos obliga aquí la Secretaría de Educación Pública y la UNAM, asumiendo que el alumno que tiene 6.6 es mejor que el de 6.5), sino ayudar al estudiante a convertirse en un ciudadano responsable, que sea capaz de entender y de tomar decisiones en una sociedad científico-tecnológica. Propugna por el estudiante-ciudadano con capacidad para resolver problemas- en lugar del técnico capaz de resolver ejercicios. Zoller reconoce que los beneficios de esta forma de evaluar sobrepasan con mucho, la mayor cantidad de tiempo que los profesores tienen que dedicar para realizarlo (problema agudo éste, cuando en México se tienen grupos del doble de alumnos que los que hay en Israel) y de manera entusiasta escribe que en la educación científica, los profesores no tienen tiempo ni para el almuerzo, hay mucho que hacer, rápido y bien.

Finalmente, y no por ello menos importante, es necesario que la formación científica de los profesores sea más sólida. Experiencias como los “Veranos de la Ciencia” y otras que habría que inventar, debieran formar parte de un programa permanente de actualización del magisterio. Para que la educación tenga un papel protagónico en nuestro país es necesario revalorar la función del maestro. Hay que recordar que los profesores,

Tabla VII. Aspectos del Examen Ecléctico Individualizado (Zoller, 1990)

-
-
- Un conjunto de preguntas que deben ser contestadas.
 - Una serie de problemas que deben ser resueltos
 - Sugerencias que deben ser formuladas
 - Ideas que deben ser desarrolladas y racionalizadas.
 - Opiniones que deben ser defendidas o rechazadas.
 - Simulaciones que deben ser generadas.
 - Experimentos que deben ser diseñadas.
 - Alternativas que deben ser escogidas y defendidas
 - Decisiones que deben ser tomadas.
-
-

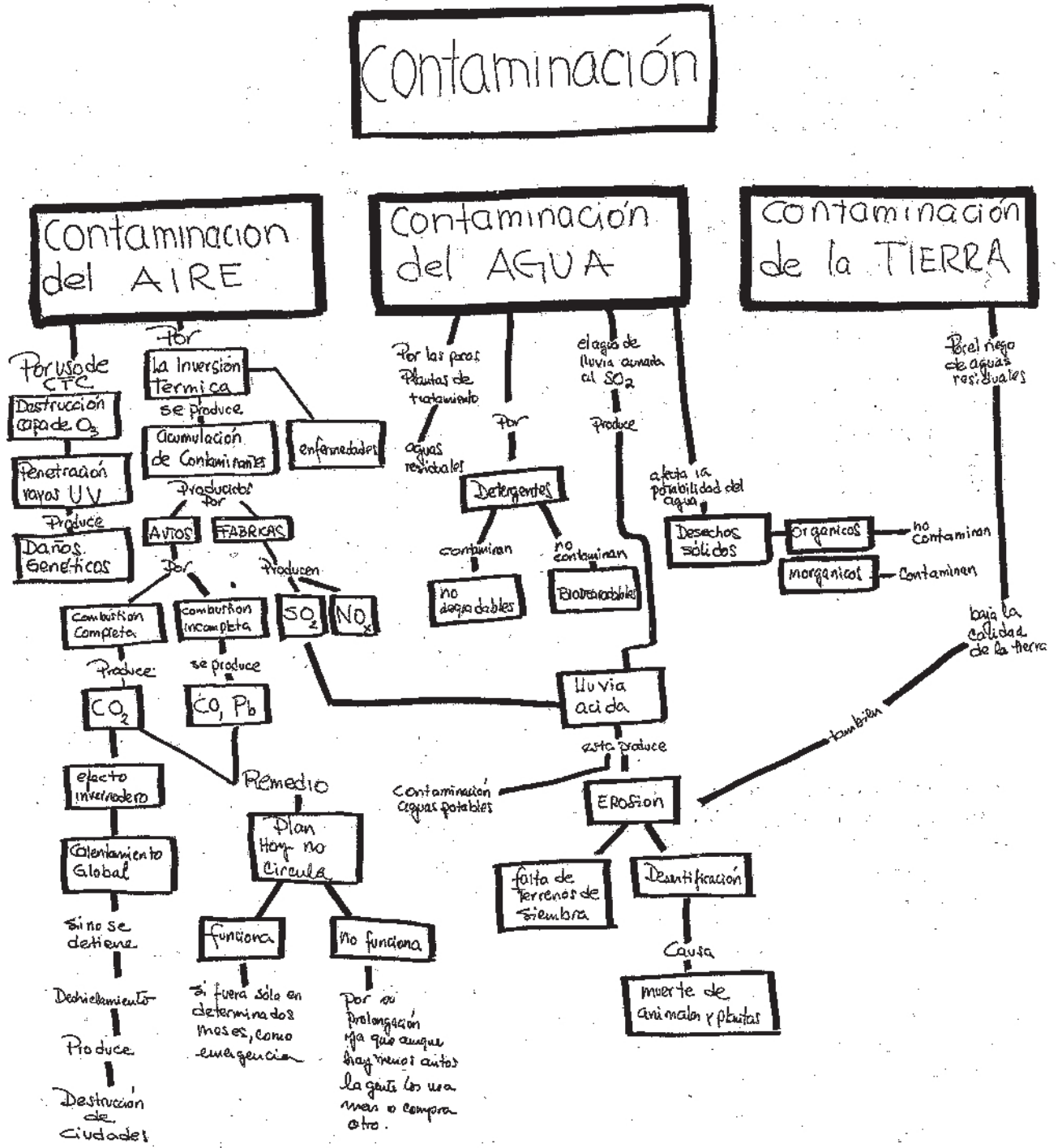


Figura 2. Mapa conceptual realizado por alumnos de tercero de secundaria sobre el tema de contaminación

particularmente los de los niveles básicos (primaria y secundaria) establecen vocaciones, son ellos los principales divulgadores de la ciencia.

III. CONCLUSIONES

Hace más de diez años que se sabe en México que nos encontramos frente a una revolución en la enseñanza de las ciencias (Gutiérrez-Vázquez, 1982):

“La realidad nos está pidiendo a gritos que modifiquemos no sólo la metodología de la enseñanza de la ciencia sino su contenido. Con personas dispuestas a considerar tal modificación desearía yo compartir las ideas que siguen...”

Pocos las compartieron, poco ha pasado desde entonces, por lo que cuando en el siglo XXI se discuta, entre otros, el reporte final de TIMSS, de no cambiar realmente nuestro paradigma acerca de la enseñanza de la ciencia (Tabla VIII), les dirá a todos los que en ella se interesen, que en este país, la modernización, si esta implica un verdadero cambio... no fue educativa.

Tabla VIII. Comparación de los objetivos de los programas de ciencias (Chamizo 1992)

1960-80	1990
— Preparación	— Popularización
— Generación de conocimiento	— Aplicación de conocimiento
— Énfasis disciplinario	— Énfasis en la sociedad
— Dominio del contenido	— Apropiación del contenido
— Correcto/Equívoco	— Beneficio/riesgo
— La clase como una unidad	— Pequeños grupos de trabajo
— Problemas resueltos individualmente	— Problemas resueltos cooperativamente
— Construcción de modelos	— Toma de decisiones

REFERENCIAS

- Barnet R. J. "La economía de la muerte", Siglo XXI, México 1976.
- Blosser P. "How to Ask the Right Questions" *NSTA*, Washington 1991.
- Caplan N., Choy M.H., y Whitmore J.K., "Indochinese Refugee Families and Academic Achievement", *Scientific American*, February 1992.
- Candela M.A. "Cómo se aprende y se puede enseñar ciencias naturales", *cero en conducta*, 1990, 20, 13.
- Chamizo J.A. "The Environment inside the chemistry curriculum. The Mexican High School situation", en *Proceedings UNESCO International Symposium on Energy and the Environment* as related to chemistry teaching. University of California, Berkeley, 1990. pp 122.
- Chamizo, J.A. "¿Cómo puede ayudarnos la química a reducir el desperdicio en materiales y energía?", *XIX Congreso Latinoamericano de Química*, Buenos Aires, 1990.
- Chamizo J.A. "Hacia una pedagogía de la naturaleza" *Educación Química*, 1992, 3, 150.
- Chamizo J.A., Petrich P., Vilar R. "Química Libro del profesor" *SEP*, México 1993.
- Driver R., Guesne E. y Tiberghien A. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, Ediciones Morata-Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid 1989.
- Dushenkov, V., "A New Approach to Teaching Science In Russian Secondary Schools", *Science Education International*, 1992, 3, 14.
- Dyer R. y Tiberghien A. "Las finalidades de la enseñanza de la física y la química vistas por los profesores y alumnos franceses", *Enseñanza de las ciencias*, 1989, 7, 213.
- Gardner M. "An experiment in international curriculum development report" *Chemistry Education* 1990, 7, 54.
- Garritz A, Chamizo J.A. "Una panorámica de la educación química en el bachillerato" *Perfiles Educativos*, enero 1990.
- Giordano M., Cometta A.L., Guyot V., Cerizola N. y Bentolila S. "Enseñar y aprender ciencias naturales" Reflexión y práctica en la escuela media. *Troquel Educación*, Buenos Aires 1991.
- Gómez I., Izquierdo M., Mauri T. y Sanmartí N. "La selección de contenidos en las ciencias" *Cuadernos de Pedagogía*, 1989, 168, 38.
- Guevara Niebla G. "México: ¿Un país de reprobados? *NE-XOS*, junio 1991.
- Gutiérrez-Vázquez J.M. "Cuatro ideas sobre la enseñanza de la ciencia en la educación básica" *Biología*, 1982, 12, 37.
- Halbwachs,, en Coll C. "Psicología y curriculum", *Cuadernos de Pedagogía*, Editorial Laia, Barcelona, 1987
- Heikkinen H. y Summerlin, L., "An experiment in international curriculum development report", *Chemistry Education*, 1990, 7, 36.
- Holbrook J.B. "Basic and applied science education in developing countries: trends and needs of the 21st century" *Science Education International*, 1993, 4, 3.
- Kuhn T.S. *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica, México, 1971.
- Lampedua G.T. *El gatopardo*, Seix Barral, México 1985.
- Marimon M. *Enseñanza de las ciencias*, 1986, 4, 57.
- Novak J.D. "Constructivismo humano: consenso emergente" *Enseñanza de las ciencias*, 1988, 6, 213.

- Pestana M.E.M. y Heikkinen, H., 11th *International Conference on Chemical Education*, York, 1991.
- Rutherford F.J. Project 2061. Science for All Americans, *American Association for the Advancement of Science*, Washington, 1989.
- Shakhashiri B.Z. "Educating Americans for a Science-Oriented Future", *ASM News*, 1990, vol 56, no 1, pag 17.
- Sigge R. y Rigge S. "Birth of the Bicycle Pack" *Questions*, January 1991.
- Stevenson H.W. "Learning from Asian Schools" *Scientific American*, December 1992.
- Storey R.D. y Carter J. "Why The Scientific Method?" en *The Science Teacher*, December 1992.
- Tiffet S. "Crisis in the Science Classroom" *TIME*, september 18, 1989.
- Tirado F., "Evaluación de la educación básica con posgraduados", en *Ciencia y Desarrollo*, México, Conacyt, número 104, vol. XVII, mayo-junio, 1992.
- Tomas L. "El arte de enseñar la ciencia" *ICYT*, 1982, vol 4, num 72, pag 4.
- Uba Adamu, A., "Curricular rhetoric: class teaching and examinations-a study of the new Nigerian science curriculum", *Science Education International*, 1991, 2, 6.
- Velázquez R. "Aportaciones metodológicas" en *Nacimiento y Desarrollo del Colegio de Ciencias y Humanidades*, CCH-UNAM, 1990.
- Woods P. "La ctnografía y el maestro" Paidós, Barcelona 1989
- Yager R.E. "The STS Approach Parallels Constructivist Practices" *Science Education International*, 1992a, 3, 18.
- Yager R.E. "The constructivist Learning Model: A Must for STS Classrooms" en R.E. Yager ed. *The Status of Science-Technology-Society reform Efforts around the World ICASE Yearbook* 1992b.
- Zoller, U. "The Individualized eclectic examination (IEE)-An STS approach" en *Journal of College Science Teaching*, 1990, 19, 289.
- Zoeller, U. "Teaching/Learning Styles, Performance, and Students' Teaching Evaluation in S/T/E/S-Focused Science Teacher Education: A Quasiquantitative Probe of a Case Study" *Journal of Research in Science Teaching*, 1991, 28, 593.

ABSTRACT

The situation of science education in Mexico and in some countries of the rest of the world is analyzed in this paper. As a result, a new paradigm is recognized, structured on two dimensions: curriculum and pedagogical aspects.

Traditionally only the curriculum has been changed. Today is compulsory to consider the pedagogical position of the teachers. They are the most important participant of the change.