

03100



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**"SECUENCIAS DIDÁCTICAS EN LA DIMENSIÓN  
CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD PARA LA  
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR DE LA QUÍMICA"**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN: DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN  
MEDIA SUPERIOR**

**P R E S E N T A :**

**BLANCA ESTELA ZENTENO MENDOZA**

**TUTOR:  
DR. ANDONI GARRITZ RUIZ**



2006

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

M. 100883



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## *Jurado asignado*

Presidente: M. En C. Marco Martínez Negrete  
Vocal: I.Q. María Cristina Rueda Alvarado  
Secretario: Dr. José Luis Córdova Frunz  
Suplente: Dra. Ana María Martínez Vázquez  
Suplente : M. En C. Eréndira Álvarez Pérez

---

Dr. Andoni Garritz Ruiz  
Asesor del tema

---

Blanca Estela Zenteno Mendoza  
Sustentante del tema

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la  
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Blanca Estela Zenteno  
Mendoza

FECHA: 24/NOV/06

FIRMA: [Firma]

*Cuidate de no olvidarte de Jehová tu Dios, para cumplir sus mandamientos, sus decretos y sus estatutos que yo te ordeno hoy. No suceda que comas y te saques, y edifiques buenas casas en que habites, y tus vacas y tus corderos se aumenten, y la plata y el oro se te multipliquen, y todo lo que tuvieres se aumente, y se enorgullezca tu corazón, y te olvides de Jehová tu Dios, que te sacó de tierra de Egipto, de casa de servidumbre....*

*Deuteronomio 8: 11-14*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México y a su  
bachillerato el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel sur  
a directivos:*

Dr. Juan Ramón de la Fuente  
Rector de la Universidad Nacional Autónoma de México

M. en C. Rito Terán Olguín  
Director general del Colegio de Ciencias y Humanidades

Lic. Jaime Flores Suaste  
Director del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel sur

*Por impulsar proyectos que hacen de nuestra Universidad,  
la mejor de Iberoamérica.*

*A mi asesor: Dr. Andoni Garritz Ruiz*

Gracias por ser como es.... Sabio, excelente, optimista, sencillo, y  
cordial.

*Al Jurado:*

Dr. José Luis Córdova Frunz

M. En C. Eréndira Álvarez Pérez

M. En C. Marco Martínez Negrete

I.Q. María Cristina Rueda Alvarado

Dra. Ana María Martínez Vázquez

*Por sus valiosas aportaciones a este trabajo de tesis*

*A mis maestros y compañeros de la Madems*

Fue un placer compartir con ustedes todo este tiempo...

*A mis compañeros maestros del Colegio de Ciencias  
Humanidades y amigos de toda la vida*

Esperando que este trabajo aporte algunas ideas a su práctica docente...

*A mi familia*

Porque sin ustedes no sería lo que soy, gracias por su apoyo y comprensión...

*Los amo*

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
1.1 PROPÓSITOS _____	13
1.2 JUSTIFICACIÓN _____	14
<b>2.0 LA ENSEÑANZA–APRENDIZAJE EN EL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES</b>	<b>17</b>
2.1 EL MODELO EDUCATIVO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES ____	17
2.2 LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN EL BACHILLERATO _____	19
2.3 PERFIL DEL ALUMNO QUE INGRESA AL CCH _____	23
<b>3.0 MARCO TEÓRICO CTS EN EL ÁMBITO EDUCATIVO</b>	<b>27</b>
3.1 LA REFORMA EDUCATIVA CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD _____	27
3.2 RESEÑA HISTÓRICA DEL MOVIMIENTO C-T-S _____	30
3.3 METAS DE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA A TRAVÉS DE CTS _____	31
3.4 CATEGORIAS EN LA INSERCIÓN DE LA DIMENSION CTS EN LA CIENCIA ESCOLAR	33
3.5 SECUENCIAS DIDÁCTICAS EN LA DIMENSIÓN CTS _____	35
<b>4.0 METODOLOGÍA</b>	<b>48</b>
4.1 DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA _____	46
4.2 "CONTAMINACIÓN POR METALES, UNA LLAMADA DE ALERTA" _____	53
4.3 "LA ESPUMA QUE LE PERMITIO AL HOMBRE LLEGAR A LA LUNA" _____	70
4.4 APLICACIÓN Y EVALUACIÓN _____	80
<b>5.0 RESULTADOS Y SU ANÁLISIS</b>	<b>83</b>
5.1 TEMAS DE INTERÉS DE LOS ALUMNOS DE CCH _____	83
5.2 CUALIDADES IMPORTANTES DE UN MATERIAL DIDÁCTICO _____	86
5.3 CONCEPCIONES SOBRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA _____	87
5.4 LA PUESTA EN PRÁCTICA DE LAS SECUENCIAS _____	99
<b>6.0 CONCLUSIONES</b>	<b>107</b>
6.1 FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO _____	109
BIBLIOGRAFÍA _____	111
<b>ANEXO.....</b>	<b>116</b>
<b>CUESTIONARIO#1.....</b>	<b>116</b>
<b>CUESTIONARIO#2.....</b>	<b>117</b>
<b>CUESTIONARIO#3.....</b>	<b>120</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

*"Cuando no cambia la preparación por inmensos periodos de tiempo, las tradiciones pasan intactas a la siguiente generación. Pero cuando lo que se debe aprender cambia de prisa... se hace mucho más difícil saber qué enseñar y cómo enseñarlo"*

Carl Sagan.

Los cambios sociales, el perentorio desarrollo científico y tecnológico así como la urgente necesidad de contar con una población informada de los aspectos sobre ciencia y tecnología que impactan en la realidad social, han obligado a replantear los objetivos de la educación en ciencias. Hoy en día la educación tecnocientífica enfrenta importantes retos entre los que destacan, el análisis de contenidos en el currículum y las formas de enseñanza para la ciencia y la tecnología (Martín-Gordillo y Osorio, 2003).

Recientemente, en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo internacional para la Ciencia, se declaraba: "Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico. Como parte de esa educación científica y tecnológica, los estudiantes deberán aprender a resolver problemas concretos y a atender a las necesidades de la sociedad, utilizando sus competencias y conocimientos científicos y tecnológicos". Y se añade: "Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad,... a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a las aplicaciones de los nuevos conocimientos" (Declaración de Budapest, 1999).

Sin embargo esta no es una tarea fácil, para ello cada uno de los actores que intervienen en el proceso de enseñanza—aprendizaje, deberá dar respuesta a las siguientes interrogantes:

¿Cuál es la finalidad de la educación tecnocientífica? ¿Qué deben conocer y saber hacer los ciudadanos del siglo XXI? ¿Qué papel jugará la enseñanza escolar de las

ciencias? ¿Qué actitudes, conocimientos, habilidades y destrezas serán útiles para los futuros ciudadanos?

En décadas anteriores, las preocupaciones curriculares se centraban casi exclusivamente en la adquisición de conocimientos científicos, con el fin de familiarizar a los estudiantes con las teorías, conceptos y procesos de la ciencia; Pero, en las décadas de los ochenta y noventa del siglo pasado, estas tendencias cambiaron. De esta forma, ahora se incluyen en el currículo muchos aspectos que orientan socialmente la enseñanza de las ciencias y tratan de relacionarla con el propio estudiante (Hodson 1993; Bybee, *et al.* 1994, 1998). La alfabetización científica y tecnológica es una de las finalidades planteadas en muchas de las reformas curriculares que se están llevando a cabo en numerosos países. Ésta alfabetización hace referencia a la importancia social y cultural de la ciencia y la tecnología en la educación de todos los ciudadanos, lo cual implica el debate sobre temas científicos de carácter público prestando atención no únicamente al cuerpo de conocimientos sino enfocándose también a las repercusiones éticas y sociales de la ciencia y la tecnología. De aquí que investigadores educativos como Córdova Frunz, expresen que la alfabetización científica lo es más de valores y actitudes que de contenidos (Córdova, 2005). En este mismo artículo Córdova menciona que la alfabetización científica incluye el conocimiento de la función de los instrumentos (materiales, conceptuales, institucionales) en la validación de las teorías, así como del contexto social, económico e ideológico que propicia o impide un desarrollo tecnológico.

Desafortunadamente gran parte del profesorado no comparte varios de los nuevos objetivos y finalidades de la enseñanza de la ciencia. En particular, muchos siguen orientando la enseñanza para la preparación de cursos superiores, es decir, hacia la formación de futuros científicos o ingenieros. No tienen en cuenta, por tanto, que se trata de formar básicamente a todas las personas, a científicos y no científicos, de modo que la gran mayoría de la población pueda disponer de los conocimientos y destrezas necesarios para desenvolverse en la vida diaria, ayudar a resolver problemas

y necesidades de salud personal y supervivencia global, adoptar actitudes responsables frente al desarrollo y sus consecuencias, así como poder participar activamente en la toma de decisiones. Esta discusión es un paso previo necesario para la comprensión del papel fundamental de las interacciones ciencia, tecnología y sociedad en la consecución de los objetivos y finalidades de la educación científica (Zoller *et al.*, 1991).

Por tal motivo, para afrontar los retos y demandas de esta nueva sociedad de la información y el conocimiento, es necesario adecuar la educación escolar en ciencias a la realidad social, considerando que tal adecuación no implica la creación de un currículo demasiado extenso que pretenda abarcar todos los saberes y mucho menos que los contenidos deban ser reducidos a tal grado que en las escuelas se ofrezcan únicamente breviaros culturales. Al respecto Bennet y Holman (2002) opinan: *Es necesario preguntarse qué explicaciones científicas e ideas acerca de la ciencia son necesarias para que los estudiantes le den sentido a su vida futura en un mundo dominado por la ciencia y la tecnología* .

Por otro lado Martín-Gordillo y Osorio (2003), comentan que la sociedad está demandando un nuevo contrato social a la educación formal, en el que se incorporen las herramientas necesarias para que la población pueda participar (a todos los niveles, comenzando por el local) en los debates y resoluciones que giran en torno a los desarrollos científicos y tecnológicos, por lo que es necesario que la enseñanza de las ciencias considere como requerimientos indispensables: "Conocimiento para entender, destreza para manejar y capacidad para participar".

En este sentido, la enseñanza de la ciencia en la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), parece ser una reforma que permitirá alcanzar los nuevos objetivos de la educación científica, debido a que promueve la alfabetización científico tecnológica, la participación ciudadana y una enseñanza integrada de la ciencia y la tecnología dentro de un contexto social (Solbes y Vilches 1997, Martín-Gordillo 2003, Acevedo, Vázquez, Manassero, 2003, Acevedo, 2004).

Por otro lado Vilches y Furió (1999), consideran que la inclusión de la dimensión CTS en la enseñanza de la ciencia da sentido a los conocimientos, actitudes y destrezas que aprenden los estudiantes en clases, atrae a todos aquellos que no habían detectado la necesidad de estudiar ciencias y contribuye a la comprensión pública de la tecnociencia.

Sin embargo la carencia de materiales adecuados al contexto nacional en el que se plantean los programas de química y un currículo oficial demasiado extenso son dos de los motivos más importantes por las que la reforma educativa CTS no cobra vida en el aula, no sólo en México, sino en varios países (Membiela, 2005; Quílez, 2005).

Por esta razón se pensó en introducir la dimensión CTS a través de secuencias didácticas, que apoyen los contenidos curriculares de los programas de química del bachillerato universitario. Entendemos por secuencia didáctica al conjunto de elementos integradores de un ensayo que considera: una lectura de apoyo, una actividad experimental, uno o más cuestionarios guía, socio dramas, debates, anécdotas históricas y otros constituyentes adicionales, que permitan conseguir una clase realmente activa.

Etxabe (2005) nos dice que las secuencias didácticas deben fomentar el aprendizaje de habilidades de "razonamiento científico", enseñando a describir, explicar, hacer preguntas, dibujar, definir, usar códigos científicos o símbolos, justificar y argumentar cómo "hacer y pensar ciencia", por medio del uso de diversas estrategias metodológicas en el salón de clase.

El objetivo de las secuencias didácticas que se presentan en este trabajo de tesis, es introducir paulatinamente la dimensión CTS dentro de la enseñanza de la química, para ello se indagaron las concepciones de los estudiantes sobre el trabajo científico, la ciencia, los científicos y los desarrollos tecnológicos. También se tomó en cuenta la

opinión y puntos de vista de los estudiantes en un cuestionario que involucraba la selección de los temas y las cualidades que debiese reunir una buena lectura.

Seleccionado el tema se procedió a su adaptación con base en los requerimientos del programa oficial, llevando a cabo una investigación de los aspectos educativos de la disciplina así como los relacionados con la ciencia y la tecnología. Posteriormente se diseñaron y se aplicaron las secuencias didácticas procurando incluir algunas de las estrategias más recomendadas en la literatura CTS (Martín-Gordillo y Osorio, 2003; Esteban S, 2003, Acevedo, 1996 y 1997; Membiela, 1995).

En este trabajo se presentan dos secuencias didácticas:

- ✓ **"Contaminación por metales una llamada de alerta"**. se inserta en la unidad 2 *Industria minero metalúrgica* del programa de química III del Colegio de Ciencias y Humanidades y pretende cubrir los temas: elementos esenciales para la vida (aprendizaje A31) y contaminación por metales (aprendizaje A32).
- ✓ **"La espuma que le permitió al hombre llegar a la luna"**. se inserta en la unidad 2 *El mundo de los polímeros* del programa de química IV y pretende cubrir el tema ¿cómo se obtienen los polímeros sintéticos?

Para la evaluación de las secuencias se registraron las observaciones de las clases videograbadas y se aplicó a los alumnos una serie de cuestionarios relacionados con el tema, referidos nuevamente a su percepción sobre la ciencia, la tecnología y el trabajo científico, los cuales se analizaron y contrastaron con sus opiniones iniciales.

En este trabajo también se describen los aspectos más relevantes de la dimensión CTS y su adecuación a los programas del bachillerato universitario.

## **1.1 PROPÓSITOS**

El propósito general de este trabajo es ofrecer una visión clara sobre la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente y su relevancia en la enseñanza escolar de la química. Para ello se han establecido dos objetivos particulares:

- Elaborar secuencias didácticas para los programas de Química III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, como una forma de introducir la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente en los cursos del Bachillerato.
  
- Probar y evaluar el efecto de las secuencias didácticas con alumnos de los grupos de Química III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, plantel Sur, durante la actividad académica de la maestría denominada "práctica docente".

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

No cabe la menor duda de que el movimiento de reforma identificado por el acrónimo CTS, ha tenido un fuerte impacto en los sistemas educativos de todas partes del mundo. En México la corriente CTS revela su influencia en las reformas a los planes y programas de estudio de primaria y secundaria de 1994. En ellos se establece como propósitos de la enseñanza de las ciencias: "la adquisición de conocimientos, capacidades, actitudes y valores manifestados en una relación responsable con el medio natural..." Por su parte, las asignaturas de física, química y biología del nivel secundaria, plantean como prioridad: "Establecer una vinculación continua entre las ciencias y los fenómenos del entorno natural que tienen mayor relevancia social y personal" (SEP, 1994).

En cuanto a la Educación Media Superior, no obstante la gran variedad de planes de estudios a nivel nacional, se muestra un claro acercamiento hacia la dimensión CTS, en particular en los planes de estudio del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, aprobados en 1996 y en los de la Escuela Nacional Preparatoria, aprobados dos años más tarde. En ellos se mencionan las aportaciones que el área de ciencias experimentales hace al perfil del egresado del bachillerato universitario. Por ejemplo cuando dicen que el estudiante: "Comprende las relaciones de las ciencias naturales con la vida humana y su contexto social, así como las consecuencias de sus diversas aplicaciones en el medio ambiente, a cuya conservación contribuye, y asume las actitudes éticas correspondientes..."

...Posee una visión de la ciencia coherente con la cultura de nuestra época, prescindiendo de posturas dogmáticas y relacionando el conocimiento científico con el contexto histórico y social donde se sitúa". (CCH, 1996).

Paradójicamente a lo que se pudiera pensar, la incorporación de la dimensión CTS no es una realidad en todos los salones de clase de los niveles básico, medio y medio superior del sistema educativo en México, porque las ideas reformistas del movimiento

CTS han tenido una marcada influencia entre los educadores encargados del diseño de planes y programas de estudio, pero un escaso efecto en el pensar y actuar de los docentes que son los encargados de poner en práctica dichos programas en el aula. Talanquer (2000) lo denomina "resistencia pasiva" y comenta que la nula o débil implantación de la dimensión CTS en el aula tiene varias razones: "ya sea porque [los profesores] la sienten como una imposición, porque no comulgan con las ideas, porque no la entienden, porque no se sienten preparados para ponerla en práctica, porque les aterra la posibilidad de cambio o porque ni siquiera se han enterado de ella, los maestros han reinterpretado la propuesta adaptándola a los viejos esquemas..."

A todo esto se pudieran sumar los comentarios de Membiola (2005): "existe un cierto temor entre los docentes de perder su identidad como profesores de ciencias, ya que si nos preocupamos por enseñar cuestiones que están fuera de la ciencia ¿quién se va a preocupar por enseñar ciencia?, ...aflore también una cierta preocupación por tener que reducir el número de conceptos científicos enseñados a los estudiantes y/o dedicarles menos tiempo,... por otro lado la formación disciplinar del profesor, se contraponen con el enfoque interdisciplinario de los estudios CTS."

Sin embargo las dificultades que giran en torno a la introducción de la dimensión CTS en la enseñanza de la ciencia, van más allá de las circunstancias manifestadas. Un currículum demasiado extenso, la aplicación de exámenes departamentales y de admisión puramente disciplinarios, así como la carencia de materiales didácticos adecuados a los programas y circunstancias que se viven en el país, son otras de las razones que justifican la casi nula inserción de la dimensión CTS en las clases de ciencias.

Ante esta problemática es necesario que autoridades, docentes, investigadores y estudiantes, contribuyan a cambiar la práctica educativa que por muchos años ha prevalecido dentro del sistema educativo. Ello se puede lograr a través de diversos proyectos que promuevan la preparación del profesorado en la pedagogía y didáctica de la disciplina y en filosofía e historia de la ciencia. Afortunadamente desde hace dos

años se ha incorporado como programa de posgrado de la UNAM la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior en distintas áreas del conocimiento, lo que ha dado la vitalidad para reflexionar a fondo sobre la educación en este nivel de estudios.

Por otro lado es necesario promover (como ya se ha venido haciendo en los últimos años) una mayor participación de los docentes, y por qué no, de los estudiantes, en la revisión y elaboración de los programas de estudio. Así mismo, es necesario innovar recursos didácticos adecuados a los contenidos curriculares, que a su vez permitan la incorporación de la dimensión Ciencia-tecnología-Sociedad en la enseñanza escolar de la ciencia.

Atendiendo al llamado, este proyecto de tesis pretende apoyar la implantación de la dimensión CTS en las asignaturas de química III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades, a través del diseño de recursos didácticos apropiados a la temática de los programas del bachillerato mexicano.

Como recurso didáctico se han seleccionado las secuencias de enseñanza-aprendizaje porque, en su carácter de "métodos instruccionales", podrán orientar la enseñanza de la ciencia hacia los aspectos sociales, éticos y culturales de la ciencia. Por otro lado las secuencias didácticas no excluyen ninguna estrategia de enseñanza-aprendizaje como lo son las exposiciones o la resolución de problemas, por el contrario, las incluyen, ya que el aspecto más relevante de las secuencias es la forma en la que estas se estructuran. En este sentido, es fundamental para el cumplimiento de los objetivos planteados, el orden en que se presenta cada una de las actividades que las conforma.

## 2.0 LA ENSEÑANZA–APRENDIZAJE EN EL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

*"El fin de la educación no es hacer al hombre rudo, por el desdén o el acomodo imposible al país en que ha de vivir, sino prepararlo para vivir bueno y útil en él"*

José Martí.

### 2.1 EL MODELO EDUCATIVO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

El Colegio de Ciencias y Humanidades es un bachillerato que imparte una cultura general a sus egresados. Su modelo educativo se refleja en cuatro ejes que caracterizan a la institución:

- Bachillerato de cultura básica que promueve la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades, actitudes y valores;
- Organización académica por áreas, la cual permite una visión humanística y científica del conocimiento;
- El alumno como actor de su educación, aprende a conocer, a hacer y a ser. En síntesis aprende a aprender;
- El docente como guía del aprendizaje, favorece la autonomía y una actitud crítica en los estudiantes.

Cada una de las áreas que componen el plan de estudios del Colegio pretende contribuir con los propósitos generales del bachillerato universitario: "dotar al alumno de una cultura integral básica, que al mismo tiempo que forme individuos críticos, creativos y útiles a su medio ambiente natural y social, los habilite para seguir estudios superiores" (CCH, 1996).

El proceso de enseñanza–aprendizaje "no se reduce por tanto, a la transmisión de conocimientos, sino atiende a la formación intelectual, ética y social, en otras palabras, se propone contribuir a la participación reflexiva y consciente de los alumnos en la cultura de nuestro tiempo con las características de ésta en nuestro país".

Es por esto que sus planes de estudio interdisciplinarios dan prioridad a la investigación, el análisis y la reflexión, promueven el desarrollo de habilidades y destrezas, la creatividad, la autocrítica y la formación de valores, combinando el trabajo académico del aula con el adiestramiento práctico en talleres, laboratorios, centros de trabajo, dentro y fuera de la Universidad.

Es de reconocer por tanto, la visión educativa de vanguardia del Colegio de Ciencias y Humanidades que, desde 1970 promueve una educación integral dentro de sus programas de estudio incluyendo, de forma implícita, varios de los aspectos que caracterizan al movimiento CTS en el ámbito educativo (Rueda, 2005, Aguilar 2005) porque que la mayoría de los programas de otras instituciones hacen un énfasis muy marcado en los objetivos cognoscitivos, pocos en las habilidades psicomotoras y en cuanto a las actitudes, la mayoría hace caso omiso de ellas, aunque esto no implica que no se estén enseñando. Al respecto Carlos E. Biro (1997) comenta: "Las escuelas dejan salir a sus alumnos con mucho conocimiento (en el mejor de los casos), pero sin saber hacer nada y reproduciendo *las mismas* actitudes inadecuadas que sus maestros les transmitieron".

Por tanto, la Educación Media Superior de nuestro tiempo debe ser integral pero no en el sentido de incluir todos los saberes, sino integral en el aspecto de abarcar todas las dimensiones del ser humano: intelecto, cuerpo y espíritu (Bazán, 2000).

## **2.2 LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN EL BACHILLERATO**

En México, la enseñanza formal de la química se inicia en 1792 en el Real Seminario de Minas, donde el primer curso de química es impartido con el tratado elemental de Lavoisier. Es allí donde el químico Andrés Manuel del Río, descubre en 1801, un nuevo elemento: el vanadio.

Años más tarde en 1846 aparece la primer farmacopea y en 1876 abre sus puertas la primer fábrica de medicamentos en México. Posteriormente en 1899 Silvano Enríquez Correa escribe uno de los primeros tratados de química del país, no obstante que desde la época de los mexicas ya se contaba con varios códices que atesoraban los conocimientos en química de aquella época, el código Mendocino, el Cruz-Badiano y el código de Sahgún son muestra de ello (Garritz, 2006).

A finales del siglo XIX y principios del XX, la enseñanza de la química se profesionaliza como una actividad remunerada que requiere de estudios por lo que en 1916 se crea la Escuela nacional de Ciencias Químicas y en 1936 el IPN. En 1927 ve la luz la primer revista de química del país, la cual publica artículos científicos de actualidad al mismo tiempo que promueve la industrialización, señalando que México, cuenta con profesionales de la química para trabajar en la naciente industria. Por esa época comienzan a surgir laboratorios farmacéuticos como "Garcol" que elabora medicamentos a partir de extractos de plantas, fabricas de pinturas como "Servin Williams" y algunas fabricas de aceites vegetales, jabones y perfumes (Aceves, 2006).

A pesar de que en sus inicios la enseñanza de la química tiene una función utilitaria (adiestrar a los estudiantes para incorporarse a la industria química floreciente), esta se sigue enseñando en las escuelas, porque "desarrolla el intelecto de los estudiantes", al menos es lo que se pensaba en esos años.

Desafortunadamente, lo que ofrecía el currículo era un extenso catálogo de preparaciones, propiedades, leyes y definiciones que había que memorizar; Sin embargo, años más tarde se producen cambios en la enseñanza de la química, porque ésta, comienza a construirse en torno a tres aspectos: el macroscópico, el submicroscópico y el simbólico (Córdova, 1991).

La enseñanza de la química en México ha transitado por periodos similares a los de otros países y ha recibido la influencia de las diversas corrientes educativas que han surgido en el mundo. En cuanto al bachillerato, Garritz y Chamizo (1988) señalan que los primeros programas de química, se vieron impactados por las corrientes educativas que afloraron en los años sesentas. En ellos se observa una clara tendencia por impartir "principios de química" debido a que la enseñanza de la ciencia tenía una marcada orientación propedéutica.

Posteriormente entre los setentas y los noventas, llegan a nuestro país otras corrientes educativas como la de Piaget y Vigotsky que también ejercen su influencia en los programas de estudio y en la forma de concebir la enseñanza, de tal suerte que en la práctica se introducen y conviven alternativas educativas de la nueva escuela con otras más conservadoras como el conductismo (Rueda, 2005).

En el Colegio de Ciencias y Humanidades (bachillerato mexicano), desde la década de los setentas y hasta el año de 1996, se impartía únicamente un semestre obligatorio de química y un curso optativo, para los alumnos interesados en estudiar una carrera relacionada con esta ciencia, ambos cursos tenían una estructura programática del tipo de los "principios", es decir, con los temas básicos de la fisicoquímica:

<b>Curso obligatorio</b>	<b>Curso optativo</b>
Método científico experimental	Estequiometría
Estructura atómica	Termodinámica
Tabla periódica	Soluciones
Reactividad química y	Equilibrio químico
Enlace químico.	Electroquímica
	Elementos de química orgánica

Pero a partir de 1996 un nuevo giro transforma la enseñanza de la química en el bachillerato universitario, a partir de que se detecta que la mayor parte de los estudiantes carecen de una cultura química amplia y sólida.

Con el nuevo plan de estudios de 1996, los cursos obligatorios de química se extendieron a un año y la presentación de los contenidos curriculares se situó en un contexto cotidiano, siendo uno de los principales propósitos el buscar más que un aumento de contenidos un incremento en la calidad de los aprendizajes a través de una nueva metodología de enseñanza - aprendizaje, basada en las teorías mediacionales constructivistas, como se percibe claramente en el apartado (3): "Enfoque didáctico del programa" (Programas de estudio, 1996).

En el plan de estudios actualizado (CCH, Grupo de síntesis, 1996: pp. 53-55) los objetivos del área de ciencias experimentales resaltan de una manera clara la importancia de las interacciones CTS así como de la experimentación como puede verse en los incisos b, d y e del plan de estudios:

- a) Imprimir a los cursos una orientación cultural.
- b) Poner al estudiante en situación de construir relaciones Hombre-Ciencia-Naturaleza más armónicas y responsables, dando relieve a la interacción entre ciencia y tecnología y entre medio ambiente y sociedad.
- c) Buscar que el estudiante adquiriera una visión global de las ciencias y de la naturaleza.

- d) Concebir a las ciencias en constante evolución y en relación con los aspectos sociales que dan contexto y sentido a sus trabajos y a la tecnología.
- e) Atribuir la importancia y función adecuada a la experimentación en el aprendizaje de las ciencias.

Como proyecto innovador, los programas de química del nuevo plan de estudios reflejan la necesidad de abordar los contenidos disciplinarios desde otra perspectiva, que muestre al estudiante la utilidad cotidiana de esta ciencia, rompiendo con la imagen de "ciencia dura e incomprensible" que por años se ha transmitido de la Química. Su enfoque didáctico promueve la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad, fundamental no sólo para dar contexto al conocimiento, sino para valorar la importancia del "saber". Su metodología de enseñanza hace un énfasis especial en la investigación, indispensable para que el alumno construya su propio conocimiento y resulta vital para el desarrollo de nuestro país.

No obstante que, tanto el Modelo Educativo del Colegio como sus planes y programas de estudio han incorporado la dimensión CTS, las orientaciones pedagógicas constructivistas y las nuevas concepciones de la ciencia, aún persisten obstáculos que dificultan el proceso enseñanza-aprendizaje. Entre éstos se pueden citar las diferentes interpretaciones respecto al enfoque del programa, predominando el enfoque ambientalista. Por otro lado los temas que dan contexto al programa se han convertido en temas de estudio, privilegiándolos sobre los temas disciplinarios. Todo esto refleja una clara incomprensión de las relaciones Ciencia-Tecnología Sociedad. Lo anterior se ha intentado remediar con la re-formulación de los programas de estudios en el año 2003. En este periodo de revisión, la participación de los docentes del área fue determinante para reorientar la enseñanza de la química en el Colegio de Ciencias y Humanidades hacia una educación de las ciencias más significativa, humanista y funcional, pero sin dejar de lado los aspectos relevantes de la disciplina que son los que permiten entender el mundo.

## **2.3 PERFIL DEL ALUMNO QUE INGRESA AL CCH**

La Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades, a través de su Secretaría de Planeación, ha realizado una serie de estudios relacionados con el ingreso estudiantil al CCH. En ellos se resumen las características académicas y socioeconómicas de los alumnos que recién ingresan a este subsistema del bachillerato universitario. Estos estudios son útiles porque aportan nuevos elementos al análisis sobre los problemas fundamentales del Colegio y permiten identificar tanto los factores que impiden como los que facilitan el aprovechamiento escolar de los alumnos (Ingreso estudiantil al CCH, 2003 y 2005).

Las estadísticas de las cuatro últimas generaciones deja ver que se ha registrado un incremento significativo de la población estudiantil joven porque se observa que de los alumnos que ingresan al Colegio de Ciencias y Humanidades 23.57% tiene una edad de 14 años o menos, 54.04% tiene 15 años y 22.39% cuenta con 16 años o más. Estos jóvenes se encuentran en plena etapa formativa y demandan orientación en cada uno de los aspectos y problemáticas inherentes a su condición de adolescentes, lo cual los hace vulnerables a factores de riesgo de diversa índole que repercuten visiblemente en el aula.

En cuanto al género, desde los años noventa se observa un notable incremento del sector femenino, en estas últimas generaciones alcanzó 53%, mientras que el sector masculino 47%. Resulta interesante mencionar que un mayor porcentaje de hombres obtiene promedios bajos en el nivel secundaria (7 a 7.9) en contraste, el mayor porcentaje de mujeres obtiene promedios de nivel secundaria altos (8 a 8.9). En la generación 2005 el 16.9% de hombres obtuvo un promedio de secundaria entre 9 y 10, mientras que el 38.4% de las mujeres obtuvo este mismo promedio en ese nivel de estudios.

Desde el punto de vista académico es importante resaltar que los resultados del examen único de ingreso a la UNAM (EXUNI) y el examen diagnóstico de ingreso, aplicado por el

Colegio (EDI) han mejorado, mientras que en la generación 2003 73% de los alumnos obtuvo una calificación entre 0 a 4 (en una escala de 0 a 10) en la generación 2005 esta cifra disminuyó a 51% (Muñoz C, Ávila A, López G, López y L, Santillán R, 2005).

GENERACIÓN	CALIFICACIÓN PROMEDIO DEL EDI	CALIFICACIÓN PROMEDIO DEL EXUNI
2002	3.33	5.0
2003	3.66	5.4
2004	4.07	5.6
2005	4.0	5.9

Estos resultados son importantes porque permiten poner mayor atención a los alumnos con deficiencias académicas, a través de varios programas institucionales entre los que destaca el de tutorías.

Para la asignatura de Química, los resultados del examen diagnóstico de ingreso señalan que:

- Los estudiantes presentan grandes deficiencias para identificar los fenómenos en la naturaleza y clasificarlos como físicos o químicos.
- El 60% de los alumnos que ingresan, no tienen un concepto claro sobre la estructura atómica.
- Tienen problemas para comprender el equilibrio eléctrico que todo átomo tiene cuando forma parte de un compuesto o la adquisición de cargas, si se rompe este equilibrio. Estos conceptos son el punto de partida para entender otros como número de oxidación, enlace y reacción química, entre tantos otros.
- Los estudiantes presentan deficiencias en la identificación de compuestos y sus fórmulas.

De manera general se puede concluir que los estudiantes no tienen bien definidos algunos conceptos básicos de la química (elemento, compuesto, mezcla, átomo, molécula), cuestiones que impiden acceder y ampliar su aprendizaje. Por otro lado se observa un bajo nivel de abstracción en los alumnos, que no les permite entender la concepción atómica y molecular de la materia (Muñoz C, Ávila A, López G, López y L, Santillán R, 2005).

Estos resultados coinciden con el estudio realizado en la UNAM por Chamizo y Sosa (2002). En dicho estudio 7000 estudiantes mexicanos de los tres niveles educativos (secundaria, bachillerato y licenciatura) respondieron un instrumento de evaluación denominado quimiómetro (cuestionario tipo examen, calibrado para reconocer la cantidad de conocimientos químicos del nivel básico, ya que contempla varios aspectos de la química, como nomenclatura, conceptos y problemas, entre otros). Los resultados obtenidos conducen a la reflexión sobre el proceso enseñanza–aprendizaje de la química, porque revelan deficiencias en los tres niveles educativos. En ellos se puede ver que los estudiantes de secundaria obtuvieron una media de 32% aciertos, los de bachillerato responden a un 38% y en licenciatura a un 46%.

Los resultados anteriores apoyan lo que muchos educadores vienen señalado: que la educación en ciencias se encuentra en crisis. Las evaluaciones sobre calidad educativa que varias instituciones internacionales han realizado en los últimos años, asociaciones como la IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement) y OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) muestran que esta crisis educativa está presente en varias partes del mundo (Vázquez, Acevedo, Manassero, 2005).

Ante esta situación es urgente realizar profundas transformaciones en la enseñanza de las ciencias: en sus objetivos, contenidos, métodos y modos de evaluación como lo manifestaron investigadores, educadores y docentes en la Declaración sobre la Educación Científica emitida en el Simposio "Didáctica de las Ciencias en el Nuevo

Milenio" celebrado en la Habana Cuba en el año 2001. En dicha declaración también se hace mención a las serias dificultades que atraviesa, en varios países, la educación científica de nivel primaria, secundaria y primeros años universitarios, apoyando esta afirmación con los resultados de los estudios realizados por TIMSS, PISA, la OEI y la UNESCO (Acevedo, 2005).

### 3.0 MARCO TEÓRICO CTS EN EL ÁMBITO EDUCATIVO

“La totalidad de la ciencia no es más que un refinamiento del pensamiento cotidiano”

*Albert Einstein*

#### 3.1 LA REFORMA EDUCATIVA CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD

La expresión Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), define un ámbito académico cuyo objeto de estudio se centra en los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología, incluyendo todos aquellos factores que contribuyen al cambio tecnocientífico así como la valoración de las repercusiones sociales, éticas y ambientales de dichos cambios.

Los estudios CTS tuvieron su origen a finales de los años sesentas y principios de los setentas como una nueva forma de concebir a la ciencia y la tecnología, no como una actividad autónoma, objetiva y neutral sino como un proceso inherentemente social donde los elementos no epistémicos (valores, convicciones religiosas, intereses personales) juegan un papel decisivo en el origen y la consolidación del conocimiento científico y tecnológico (García P, González G, López C, Lujan L, Gordillo, M, 2001).

Los estudios CTS se han difundido en tres direcciones: en el campo de la investigación, en el campo de la política pública y en el campo de la educación.

En el ámbito educativo los estudios Ciencia-Tecnología-Sociedad implican un cambio de paradigma respecto a la educación tradicional porque tanto su visión como sus fines conducen a una transformación radical de la enseñanza de la ciencia, de aquí que Garritz (1994) comente: “*El enfoque CTS no es una forma especial de educación, como la educación ambiental o la educación para la salud, tampoco es una manera de ordenar los contenidos de un currículo o de seleccionarlos... 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*". Y es que la dimensión CTS, implica un cambio de paradigma no únicamente en las formas de enseñanza y en las formas de evaluación del proceso educativo, sino también en la forma de concebir a la ciencia y a la tecnología en relación con la sociedad.

Como se ha venido comentando, en la enseñanza tradicional, derivada del positivismo lógico, se transmite una imagen deformada de la ciencia (a histórica, unidimensional, acumulativa, descontextualizada y socialmente neutra...) además, este tipo de enseñanza, privilegia los contenidos conceptuales sobre los procedimentales y los actitudinales (Ziman, 1980, García P, González G, López C, Lujan L, Gordillo, M, 2001).

Otra característica de la enseñanza tradicional, es que tiene una clara orientación propedéutica, que resulta elitista debido a que atiende a un grupo minoritario de estudiantes que realmente cursarán alguna carrera científica por lo que no responde a las necesidades de este nuevo siglo porque no contribuye a la formación de ciudadanos responsables inmersos en una cultura científica (Furió y Vilches, 1997; Acevedo-Díaz, 2004).

En contra posición, la enseñanza de la ciencia dentro de la dimensión CTS pretende corregir la imagen deformada de la ciencia y orientar la enseñanza a la formación de ciudadanos responsables capaces de participar en las resoluciones y debates que giran en torno a los desarrollos científicos y tecnológicos. En síntesis, la reforma educativa CTS propone una enseñanza integrada de la ciencia y la tecnología dentro de un contexto social.

En cuanto a la relevancia de los contenidos, Ziman (1980) señala que los temas de estudio CTS no responden a ningún orden propiamente disciplinar, por lo que el currículum CTS no debiese estar predeterminado, lo que da oportunidad a la innovación y al cambio. También comenta que para introducir las relaciones CTS dentro de la enseñanza de la ciencia, podrían utilizarse diversas aproximaciones:

- A partir de las aplicaciones de la ciencia, explicando la relevancia social de las mismas y
- Considerando las siguientes vertientes: la interdisciplinar, la histórica, la filosófica, la sociológica
- A partir del planteamiento de situaciones problemáticas de interés

En los últimos años, algunos otros investigadores educativos, han propuesto, introducir la dimensión CTS como módulos CTS dentro de las asignaturas o como inclusiones puntuales dentro de los temas disciplinarios, inclusive algunos proponen incorporar en los programas de estudio la asignatura Ciencia-Tecnología-Sociedad.

Por otro lado hay autores que reconocen que el acercamiento al enfoque CTS, se puede dar por dos vías: Desde las ciencias naturales (en las asignaturas de química, física, biología) abordando en dichas asignaturas las repercusiones éticas, sociales y ambientales de la ciencia, o, desde las ciencias sociales, estudiando como tema del currículo, los aspectos sociales y culturales que afectan a la ciencia y la tecnología.

No obstante, la inserción de la dimensión CTS puede concretarse aún sin modificar los contenidos curriculares, a través del uso de recursos didácticos.

En este trabajo se propone hacer uso de las secuencias de enseñanza-aprendizaje, porque incluyen estrategias y materiales que permitirán ir entretejiendo los contenidos disciplinarios con los aspectos humanísticos y sociales de la ciencia y la tecnología.

Sin embargo, para introducir la dimensión CTS dentro de la enseñanza de la ciencia, es necesario más que una serie de contenidos curriculares, un mayor entendimiento sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología y un mejor manejo de los aspectos sociales que involucran; pero sobre todo, es indispensable contar con materiales de apoyo tanto para los docentes como para los alumnos, de tal suerte que estos puedan facilitar la inserción de la dimensión CTS en la enseñanza de la ciencia, aún con currículos tradicionales (Rueda, 2005).

## 3.2 RESEÑA HISTÓRICA DEL MOVIMIENTO C-T-S

A principios del siglo XX se pensaba que la ciencia funcionaría mejor si se mantenía lejos del escrutinio público y ajena a las políticas económicas y gubernamentales porque que tanto su organización interna como sus métodos eran suficientes para alcanzar las metas por las que trabajaba: la búsqueda de la verdad y un mayor bienestar social. Pero los desastres relacionados con la ciencia (vertido de residuos, accidentes nucleares, envenenamientos farmacéuticos entre otros), evidenciaron la necesidad de revisar y corregir mediante una nueva política científico tecnológica, el modelo lineal que definía el desarrollo científico y tecnológico de aquella época: + ciencia = + riqueza = +bienestar social.

A partir de la década de los sesentas surgen los estudios sociales de la ciencia y la tecnología tanto en Europa como en los Estados Unidos de Norte América. Ambas tradiciones no eran opuestas, por el contrario, se complementaban, porque mientras el enfoque europeo de carácter teórico y descriptivo, ponía énfasis en los antecedentes sociales que dan lugar al cambio científico, la tradición norteamericana de carácter práctico y valorativo, fijó su atención en las consecuencias sociales y ambientales de dichos cambios (García P, González G, López C , Lujan L, Gordillo, M, 2001).

Narrando brevemente como es que surge la tradición CTS norteamericana, se podría decir que esta nace a partir de los cambios sociales presentados a mediados del siglo XX, la competencia por la supremacía científica y tecnológica con la consecuente guerra fría, los diversos movimientos sociales y contraculturales de aquella época fomentan la participación de la ciudadanía no sólo en los aspectos políticos y sociales sino también en aquellos que involucran los desarrollos científicos y tecnológicos, muestra de ello es el movimiento "Pugwash" que promovía el lema "ciencia para la responsabilidad social" y que obtuvo el Premio Nobel de la Paz en 1995, así como los movimientos ambientalistas que se extendieron por todo el mundo. Desde la década de los setentas, los educadores en ciencias de los Estados Unidos, venían manifestando la necesidad de innovar la educación científica para ayudar a la

ciudadanía a comprender las relaciones CTS (Gallagher, 1971). Posteriormente, las recientes posturas sobre la ciencia y su didáctica, así como el evidente fracaso de la enseñanza tradicional vislumbradas en las evaluaciones nacionales e internacionales, motivaron a diversas asociaciones a buscar nuevas propuestas educativas. De esta forma, asociaciones como la American Chemical Society y la National Science Teachers' Association comienzan a promover la enseñanza-aprendizaje de la ciencia dentro de un contexto cotidiano. En unas cuantas palabras Fensham (1988) resume lo que sucedía en aquel entonces, la realidad social estaba cambiando y había que responder a las necesidades que emergen con los cambios modificando el currículum de ciencias.

En sus inicios el movimiento educativo CTS pretendía dar solución a varios aspectos relacionados con la enseñanza tradicional de la ciencia, entre los que destacan: el escaso interés por las carreras científicas, la disminución del número de estudiantes interesados en los cursos de ciencias, la detección de errores conceptuales persistentes, una deficiente cultura o alfabetización científica y al reclamo de una educación científica más humanista (Yager, 1996; Aikenhead, 2003, 2005a). Sin embargo los expertos opinan que, actualmente esta reforma educativa, junto con las nuevas teorías cognitivas del aprendizaje, la indagación, y el análisis de la contribución de la historia y la filosofía de la ciencia, se han convertido en la fuerza motriz que impulsa una transformación radical en la enseñanza de las ciencias (Talanquer, 2000).

No obstante, la experiencia muestra que estas transformaciones han sido más de contenidos que de práctica en el aula, esto con lleva a reflexionar sobre todo aquello que obstaculiza la concreción de los objetivos CTS.

### **3.3 METAS DE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA A TRAVÉS DE CTS**

Ziman (1980) expresa la necesidad de que tanto estudiantes como público en general conozcan más sobre la naturaleza de la ciencia, situándola en su contexto. Reconoce como uno de los objetivos fundamentales de la educación CTS el corregir la imagen

deformada de la ciencia y la tecnología que por muchos años fabricó la educación tradicional. Por otro lado, Bybee (1994) comenta que el balance de la educación CTS se ubica entre tres metas generales:

1. Adquisición de conocimientos relacionados con ciencia y tecnología para la comprensión personal y social de una cultura científica.
2. Desarrollo y aprendizaje de habilidades para la resolución de problemas y toma de decisiones.
3. Desarrollo de valores y actitudes acerca de las interacciones ciencia-tecnología y sociedad, para una participación social en la solución de problemas globales y políticas públicas.

Con el transcurso de los años la reforma educativa CTS ha ido acuñando una serie de lemas que reflejan otras necesidades fundamentales en la educación: "Alfabetización científica y tecnológica", "ciencia para todos", "educar para participar", " educación humanística". Estas son frases que reclaman un nuevo contrato social entre ciencia, tecnología y sociedad, y la convergencia de dos caminos que por muchos años estuvieron distantes: el de la cultura científica y la humanística.

Hoy por hoy la educación en la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad, tiene como metas (Martín-Gordillo y Osorio, 2003):

- ✓ Proporcionar una imagen real y actual de lo que es la ciencia y la tecnología, desechando la visión unidimensional;
- ✓ Centrarse en el estudiante para desarrollar su identidad cultural y personal;
- ✓ Dotar de sentido personal y social al conocimiento científico y tecnológico;
- ✓ Motivar a la participación ciudadana en la evaluación de tecnologías y el control de la ciencia.

Ahora bien, la adopción de un currículo CTS humanístico supone nuevas exigencias al profesorado, el cual no siempre está dispuesto a aceptarlas (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005). El papel del profesorado en un currículo CTS humanístico implica:

- (i) Ser protagonista en la planificación del currículo y la programación de aula dedicando suficiente tiempo a ello,
- (ii) Organizar la enseñanza alrededor de tópicos relevantes,
- (iii) Ayudar a que los estudiantes sean participativos y creativos y a que utilicen una amplia variedad de recursos para elaborar respuestas a las preguntas.
- (iv) Evaluar a los estudiantes con una amplia variedad de instrumentos y
- (v) Proporcionar un "clima" de aula intelectualmente estimulante y afectivamente acogedor.

### **3.4 CATEGORIAS EN LA INSERCIÓN DE LA DIMENSION CTS EN LA CIENCIA ESCOLAR**

Otro de los aspectos a considerar dentro de la reforma educativa CTS, es que dentro de este lema, se encuentran agrupadas una gran variedad de enfoques que aunque comparten la misma finalidad en la enseñanza de la ciencia, enfatizan ciertas características. Por ejemplo, en Bélgica se añadió la ética a este tipo de programas, en Canadá e Israel reasaltan el enfoque ambientalista por lo que la dimensión se designa como Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente. Aikenhead (2003, 2005a) concluye que probablemente surgirán nuevos lemas en torno a esta propuesta educativa, modificando el acrónimo, pero que sin duda alguna la reforma CTS es una buena idea, como quiera que se le llame.

Sin embargo, entre tanta diversidad puede no haber acuerdos a la hora de identificar un proyecto o un material CTS, aunque desde hace un tiempo existen algunos criterios como los siguientes para designar un material como CTS (WaKs, 1990).

- El material debe promover la responsabilidad y la conciencia social entre los estudiantes;

- Buscar la integración Ciencia-Tecnología-sociedad hacia una visión más amplia que incluya cuestiones éticas y valores;
- Ejercitar a los estudiantes en la toma de decisiones y en la solución de problemas;
- Promover la investigación y la acción social.

No obstante se siguen dando algunas diferencias y controversias al momento de clasificar o designar una propuesta educativa como CTS. Para remediar esta situación Aikenhead (1994) propone, más que aceptar o rechazar un proyecto, catalogarlo en alguna de las ocho categorías que ha establecido con base en la cantidad de contenidos CTS que incluye el material.

<b>Categoría</b>	<b>Contenido de CTS en la ciencia escolar</b>
1.	Motivación mediante contenido CTS
2.	Infusión casual de contenido CTS
3.	Infusión intencional de contenido CTS
4.	Disciplina particular a través de contenido CTS
5.	Ciencia a través de contenido CTS
6.	Ciencia junto con contenido CTS
7.	Infusión de ciencia en contenido CTS
8.	Contenido CTS

Esta clasificación resuelve en parte las controversias entre los educadores sobre los diversos proyectos CTS existentes y además permite planear un diseño de materiales de acuerdo a las necesidades y situaciones de cada país.

Con base en esta clasificación, algunos educadores que conocen los programas de estudio de la asignatura de química del Colegio de Ciencias y Humanidades, los designan como categoría cuatro, pero “del dicho al hecho hay mucho trecho” porque quienes a final de cuentas aplican y dan sentido a los programas en el aula son los docentes, de ellos depende en gran medida que la enseñanza de la ciencia CTS sea una realidad en el salón de clases.

### **3.5 SECUENCIAS DIDÁCTICAS EN LA DIMENSIÓN CTS**

Como se ha venido argumentando a lo largo de este escrito, uno de los principales obstáculos para la inserción de la dimensión ciencia-tecnología-Sociedad en los cursos de química, es un currículo sobrecargado y la ausencia de materiales didácticos adecuados a las condiciones de la comunidad estudiantil de cada país.

Por otro lado, en varios países se han ido incorporando los aspectos innovadores de la reforma educativa CTS, pero con resultados poco alentadores tal vez porque los contenidos contextuales y humanísticos aparecen aislados, desconectados o poco integrados entre sí y con los contenidos conceptuales de la disciplina, lo que da por resultado reformas educativas inconclusas que lo son más de retórica que de hechos.

Para superar estos obstáculos que impiden la consumación de una verdadera transformación en la enseñanza de la ciencia en el aula, algunos educadores han lanzado diversas propuestas para introducir la dimensión CTS dentro del currículo escolar, una de ellas es a través de las secuencias didácticas.

Caamaño (2005) propone que el currículum de química se desarrolle mediante secuencias didácticas contextualizadas porque permiten una mejor integración de los contenidos conceptuales. Estas secuencias, bien diseñadas, permitirán construir una estructura conceptual en espiral. Él comenta que diversos grupos de trabajo han comenzado a experimentar en la elaboración y diseño de las secuencias didácticas como una forma de insertar la dimensión CTS.

#### **Pero... ¿Qué son las secuencias didácticas?**

Meheut y Psillos (2004) definen a las secuencias didácticas o secuencias de enseñanza-aprendizaje como actividades o enfoques instruccionales inspirados por la investigación

para ayudar a los alumnos a entender el conocimiento científico. Estas secuencias, se utilizan después de que los estudiantes hicieron explícitas sus concepciones sobre cierto fenómeno o concepto y de plantear desarrollos teóricos de enseñanza y aprendizaje como una actividad constructivista.

Lijnse (2000) ha elaborado “estructuras didácticas” sobre la naturaleza corpuscular de la materia, dicha estructura se encuentra organizada en tres niveles —el nivel del contenido, el nivel motivacional y el nivel de reflexión— entre los cuales el progreso de la secuencia se desliza, yendo de un cuestionamiento inicial a un más profundo entendimiento del tema.

Leach y Scott (2002) ofrecen una perspectiva para la construcción de secuencias de enseñanza, basados en el concepto de «demanda de aprendizaje» y una perspectiva del aprendizaje socio-constructivista”. La demanda de aprendizaje para un área particular de contenidos se deduce al analizar la diferencia entre el lenguaje social cotidiano que los estudiantes manejan antes de la instrucción y el lenguaje social de la ciencia escolar. Esto puede ser útil para identificar las metas de aprendizaje. Por otro lado, los autores señalan que el papel que desempeña el profesor al organizar las tareas de la secuencia didáctica, resulta crucial para su efectividad en el aprendizaje porque el profesor debe remontar la conceptualización usual del tema por parte de los alumnos y dirigirlos hacia el aprendizaje científico, procurando introducir el lenguaje social de la ciencia escolar en el lenguaje cotidiano de los estudiantes. Por ello, la propuesta de estos autores para desarrollar una secuencia de enseñanza debe:

- Identificar el conocimiento de ciencia escolar que se va a enseñar.
- Considerar cómo esta área de la ciencia es conceptualizada en el lenguaje social de todos los días de los estudiantes.
- Identificar la «demanda de aprendizaje» considerando la diferencia entre los primeros dos puntos antes mencionados.
- Desarrollar la secuencia didáctica con base a lo anterior

De acuerdo con Buty, Tiberghien y Le Marechal (2004) el diseño de secuencias didácticas es una actividad compleja que requiere tomar en consideración tres polos — conocimiento, aprendizaje y enseñanza— sin olvidar la naturaleza de la institución donde las actividades de aprendizaje tienen lugar y los artefactos que sirven de medio para llevar a cabo las actividades. Cada uno de los polos puede enraizarse sobre alguno de los elementos de su marco teórico —epistemología, psicología y didáctica. Los autores revelan en este artículo las hipótesis que emplean para desarrollar secuencias didácticas las que, en esencia, tienen que ver con la transposición didáctica (Chevallard, 1991), el modelaje y los registros semióticos (lenguaje científico, algebraico, vectorial, dibujos, imágenes). De esta manera, el contenido de los programas de estudio se «manipula», descomponiéndolo en pequeñas piezas e integrándolo en actividades.

Meheut, M. y Psillos, D. (2004), brindan una visión sobre el desarrollo de secuencias didácticas, además de discutir propuestas teóricas, herramientas metodológicas y algunas aproximaciones que son importantes para elaborar y validar dichas secuencias de enseñanza -aprendizaje.

Ellos dicen que recientemente se designó el término de secuencia de enseñanza – aprendizaje para englobar todas aquellas propuestas de enseñanza que presentan actividades empíricamente probadas y adaptadas, en las que se especifica el aprendizaje esperado de los estudiantes.

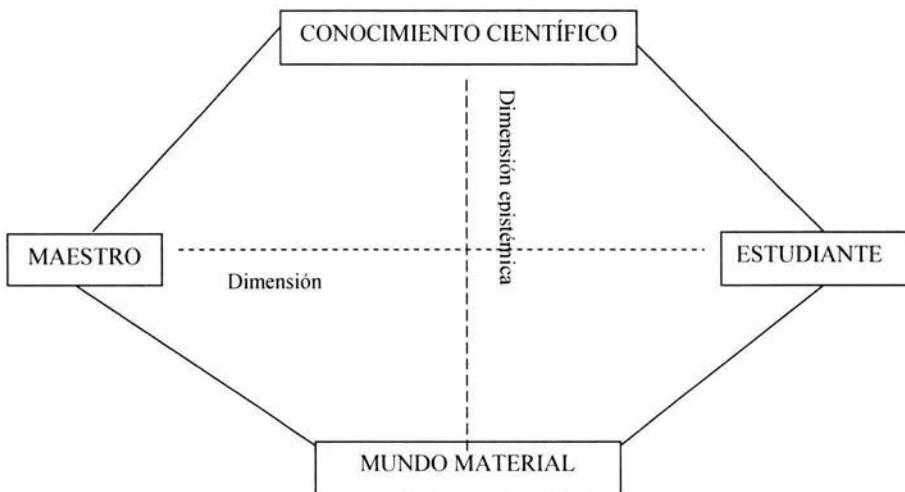
Una de las características que distingue a las secuencias es la inclusión de una investigación que se orienta a interrelacionar lo científico con los intereses y perspectivas de los estudiantes.

En este sentido es fundamental considerar los siguientes puntos en el desarrollo de las secuencias didácticas o secuencias de enseñanza-aprendizaje:

- ✓ Metas de aprendizaje

- ✓ Características del contexto educativo
- ✓ Indagación de las concepciones de los estudiantes
- ✓ Aspectos epistémicos de la disciplina
- ✓ Análisis de contenidos
- ✓ Aproximaciones pedagógicas
- ✓ Situaciones de enseñanza-aprendizaje

Cada uno de estos puntos, se representa y ubica dentro de un esquema denominado «rombo didáctico» el cual ilustra mejor la interrelación e interdependencia de cada aspecto a considerar en el diseño de secuencias didácticas (Meheut, M. y Psillos, D, 2004) . A continuación se presenta el esquema o rombo didáctico:



En este rombo se ejemplifica la interrelación de la dimensión epistémica y pedagógica que dan sustento a las secuencias didácticas. A lo largo de la línea vertical en lo epistémico se encuentra la metodología científica y lo que se asume sobre los procesos de elaboración y validación de la ciencia. Sobre el eje horizontal se tiene la dimensión pedagógica, allí subyace el papel que juega el profesor en el aula y las interrelaciones docente-alumno, alumno-alumno. En el mundo material se encuentran las

concepciones del estudiante acerca de los fenómenos físicos y las formas de razonamiento espontáneo de los educandos. La actitud de los estudiantes hacia la ciencia se ubica en la zona del conocimiento científico.

El rombo didáctico representa el marco referencial, no sólo de las secuencias como recurso didáctico, sino también del proceso enseñanza-aprendizaje que se lleva a cabo en el aula, siendo así cada uno de los cursos de ciencias podría ser representado con su propio rombo didáctico describiendo cada uno de los puntos para ese curso.

Cabe aclarar que, en el rombo didáctico no aparece de forma explícita el enfoque CTS, pero podría estar sutilmente inmerso dentro de la dimensión pedagógica y epistémica, dependiendo de los objetivos que se planteen para la enseñanza de la ciencia y del conocimiento que el docente posea sobre la naturaleza de la ciencia y sus relaciones con la sociedad.

Dado que el diseño de secuencias didácticas retoma aspectos pedagógicos y del aprendizaje, algunos de estos diseños ponen énfasis en las teorías cognitivas de los años setentas y ochentas referentes a las preconcepciones en las representaciones de los alumnos y al razonamiento espontáneo del aprendiz. Otras aproximaciones constructivistas centran su atención en el conflicto cognitivo (1982-1985) como una forma de motivar el aprendizaje, por lo que la secuencia incluirá actividades que además de aflorar o poner en evidencia las concepciones alternativas de los estudiantes, propicien situaciones que contradigan las ideas de los mismos. Algunas más enfatizan el cambio conceptual dentro de la secuencia de enseñanza aunque no todos los investigadores consideran que sea factible.

Por otro lado existen las aproximaciones basadas en la investigación de la enseñanza de la ciencia que describen un punto de vista epistémico. Esta visión argumenta que se pueden utilizar las diversas facetas del conocimiento científico para dar fuerza al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para el caso particular de las secuencias didácticas que se presentan en este trabajo, estas tienen como marco teórico una aproximación pedagógica constructivista que se deriva de la teoría sociocultural del desarrollo y el aprendizaje enunciada por Vigotsky.

En esta aproximación pedagógica, el aprendizaje es concebido como un proceso de interacción entre el sujeto y su medio, entendiendo como medio no únicamente al físico sino también al social y cultural. Vigotsky afirma que el desarrollo cognitivo no puede entenderse sin referencia al contexto social, histórico y cultural en el que ocurre, ya que los procesos mentales superiores (pensamiento, lenguaje, comportamiento voluntario) tienen su origen en los procesos sociales. Él dice que el aprendizaje no se reduce a una mera acumulación de reflejos o asociaciones entre estímulos y respuestas, ya que el desarrollo cognitivo es la conversión de relaciones sociales en procesos mentales, siendo la internalización (reconstrucción interna) de instrumentos y signos el proceso mediante el cual se da el desarrollo cognitivo. Pero como los instrumentos y signos son construcciones socio-históricas y culturales, la apropiación de estas construcciones por el aprendiz, se da primordialmente por la vía de la internalización social (Moreira, M.A. 2000).

En cuanto a las metas de aprendizaje planteadas, lo primordial fue la comprensión de las relaciones Ciencia-tecnología-Sociedad, además del entendimiento de los temas y conceptos disciplinarios (de polímeros y metales pesados). Para ello fue importante tomar en cuenta el contexto educativo en el que se lleva a cabo el proceso enseñanza-aprendizaje, incluyendo la visión educativa de la institución (la cual es dotar al estudiante de una cultura básica e integral que, al mismo tiempo que forme individuos críticos, creativos y útiles, los habilite para proseguir estudios superiores) y los recursos con lo que cuenta el Colegio (entre ellos: equipo de laboratorio, reactivos químicos, videos, proyector y televisor en cada una de las aulas-laboratorio). Por otro lado en el CCH el trabajo académico del aula se combina con trabajo extra clase entre lo que destaca las prácticas de campo, las visitas guiadas a Industrias, laboratorios y centros de investigación dentro y fuera de la universidad.

Por lo que respecta a las ideas previas o concepciones alternativas que los alumnos poseen, la indagación se orientó en conocer el concepto de ciencia y tecnología que los estudiantes manejan, no obstante que estos conceptos no aparecen como temas dentro de los programas de química, sin embargo uno de los objetivos de la enseñanza en la dimensión CTS es corregir la imagen deformada de la ciencia y tecnología, por otra más real y actual, por lo que se hace necesario indagar las concepciones que los alumnos tienen al respecto.

En cuanto a los contenidos del programa de química y los aspectos epistémicos de la disciplina, tanto el tema de metales pesados como el de reacciones de polimerización son temas que tienen cierta complejidad en la enseñanza, en particular el tema de "reacciones de polimerización", porque implica desplazar al estudiante en los tres niveles en los que la química se estructura: el nivel simbólico (ya que requiere el conocimiento del lenguaje químico para entender y representar las fórmulas de los reactivos y las ecuaciones de las reacciones de polimerización), el nivel submicroscópico (que implica el entendimiento del mecanismo de la reacción de polimerización) y el nivel macroscópico (el cual incluye el poder brindar una explicación sobre lo que él observa a ese nivel, cuando realiza la reacción química en el laboratorio).

Ahora bien si las secuencias didácticas son utilizadas como una herramienta en la enseñanza y la investigación educativa será necesario contar con algún método que permita su validación.

El método más utilizado es aquel que compara el estado cognitivo inicial del alumno con el estado cognitivo final del mismo. Para este fin se elaboran y aplican una serie de pre test y post test que permitirán valorar el cumplimiento de ciertos objetivos de aprendizaje establecidos para una secuencia determinada.

La recolección de datos se realiza mediante la aplicación de cuestionarios después de poner en práctica la secuencia didáctica.

Posteriormente la efectividad de cada aproximación didáctica se encuentra comparando estos resultados con los obtenidos por el mismo grupo de alumnos antes de aplicar la secuencia, lo que se denominaría evaluación interna, o por la comparación de estos resultados con los de otro grupo de alumnos del mismo nivel a quienes no se les aplicó la misma secuencia. Este tipo de evaluación se denomina evaluación externa.

El principal objetivo de la evaluación interna es determinar la eficacia de la secuencia de enseñanza aprendizaje en relación a un estado inicial. En cambio la evaluación externa permite determinar con relación a nuestros objetivos si el trabajo realizado con los alumnos es más efectivo que otro tipo de enseñanza tomada como referencia.

Existe otro método que poco a poco ha ido ganado terreno dentro de la investigación educativa de la ciencia, el que consiste en observar a los estudiantes durante el proceso de aprendizaje. El análisis detallado de las formas en que aprenden los alumnos también puede ser usado para evaluar una secuencia didáctica (Meheut, M. y Psillos, D, 2004).

Ahora bien, la ventaja de introducir la dimensión ciencia-tecnología-Sociedad a través de secuencias didácticas es que esto puede hacerse a partir de los contenidos que establece el programa oficial, ya que las actividades y estrategias de la secuencia pueden ser el medio de instrucción que transforme el proceso enseñanza-aprendizaje de la ciencia. En esta misma línea Vázquez, Acevedo y Manassero (2005), desarrollaron una propuesta didáctica que permite transformar la enseñanza de la ciencia e introducir paulatinamente la dimensión CTS. En este trabajo los autores proponen dar sentido al desarrollo del currículo destacando el objetivo principal del curso o ciclo, siendo esto lo que domine los contenidos curriculares. Ellos denominan a la finalidad principal que guiará los contenidos "énfasis curricular". Al definir esta finalidad, el currículo en acción será coherente con los contenidos, metodología didáctica y evaluación porque todos estos elementos que integran la acción educativa estarán sujetos a ello.

A continuación se describe la propuesta del énfasis curricular desarrollada por estos autores, la cual abarca la educación obligatoria que va desde los 6 a 16 años de edad. Para ellos en el primer ciclo (primaria) se impartiría una "Ciencia curiosa" que permita desarrollar el sentido de indagación hacia lo nuevo y desconocido el cual es natural en los niños, mediante la presentación de hechos fascinantes y hermosos del mundo que los rodea. El niño realizaría actividades que favorezcan el contacto con la naturaleza, manejo de materiales, visitas a museos, etc., elementos que permitan atraer su curiosidad.

El segundo ciclo escolar (primaria) daría relevancia a la "ciencia doméstica", en este curso el alumno comenzaría a percibir la incidencia de la ciencia y la tecnología en su vida diaria, en lo referente a la salud, enfermedad, alimentación, medio ambiente, tecnología en juguetes y accesorios cotidianos etc. Las actividades escolares estarían dirigidas a la discusión y el trabajo práctico sobre cada uno de los temas.

El tercer ciclo (primaria) se enfocaría en la "ciencia cultural" resaltando la visión cultural de la ciencia como forma de conocimiento. El principal objetivo de éste sería compaginar las creencias culturales con el conocimiento científico por medio de pequeñas investigaciones para hablar y discutir sobre la relación ciencia y tecnología en la sociedad y en la cultura.

En cuanto al primer ciclo de educación secundaria el énfasis curricular estaría centrado en la "ciencia para la ciudadanía", aquí se pondrían de manifiesto los logros y procedimientos de la tecnociencia al igual que sus limitaciones. En estos cursos el estudiante se introducirá en el conocimiento de las leyes fundamentales y a través de ejemplos sobre historia de la ciencia valoraría la influencia de ésta en el progreso de la sociedad.

En el último ciclo de educación secundaria el énfasis curricular se pondría en la "ciencia seductora" mediante la comprensión crítica de la ciencia y la tecnología. Se plantearían discusiones sobre temas tecnocientíficos actuales con incidencia social. En las asignaturas de ciencia optativas destinadas a iniciar una formación específica en los

estudiantes el énfasis curricular se complementarían con elementos de la formación propedéutica y funcional. La enseñanza se enfocaría al estudio de determinados conceptos y leyes de la ciencia, aplicando alguno de sus procedimientos.

En este ciclo se plantearían discusiones sobre temas tecnocientíficos actuales con incidencia social. En las asignaturas de ciencia optativas destinadas a iniciar una formación específica en los estudiantes el énfasis curricular se complementarían con elementos de la formación propedéutica y funcional. La enseñanza se enfocaría al estudio de determinados conceptos y leyes de la ciencia, aplicando alguno de sus procedimientos.

Este grupo de trabajo español también coincide en afirmar que la propuesta de énfasis curricular no implica introducir un mayor número de contenidos en el currículo (ya que un currículo sobrecargado es uno de los problemas ya existentes), porque la finalidad de la enseñanza determina el medio de instrucción y si se hace uso de secuencias didácticas, las actividades integradas y apegadas al currículo insertarían paulatinamente la dimensión Ciencia- Tecnología- Sociedad en los cursos de ciencias.

Pero si las Instituciones Educativas deciden reorientar los contenidos curriculares, entonces deberán prestar atención a las voces de los educadores quienes opinan que:

*"No es asunto de preguntarse qué aspectos del contexto se pueden utilizar para ilustrar o desarrollar aquellas ideas científicas presentes en un cuerpo preexistente de conocimiento científico. Es necesario preguntarse qué explicaciones científicas e ideas acerca de la ciencia son necesarias para que los estudiantes le den sentido a su vida futura en un mundo dominado por la ciencia y excluir rigurosamente todo aquello que no cumpla con este criterio de selección"* Bennet y Holman (2002).

Mientras que Isabel Martins (2005) puntualiza que: Los currículos y programas deben orientarse para comprender:

- Las grandes ideas científicas
- Temas con valor intrínseco y filosófico
- Problemas y temas de carácter social
- Formas de evaluación comparativas

A su vez estos currículos y programas de ciencias deberán abarcar diversas dimensiones del conocimiento científico entre las que destacan:

- Conocimiento conceptual
- Aspectos de la naturaleza de la ciencia
- Relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad
- Relación ética y ciencia

De cualquier manera, ya sea que se modifiquen los contenidos curriculares (contextualizando el conocimiento científico) o que se diseñen secuencias didácticas que inserten paulatinamente la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad; no se debe perder de vista que el objetivo primordial es lograr una transformación radical en la enseñanza como respuesta a la crisis educativa de los últimos años. Por tanto la finalidad educativa, los contenidos curriculares y la metodología de enseñanza deberán adecuarse a la realidad social que se vive en este siglo XXI.

## 4.0 METODOLOGÍA

*Es preciso que los maestros se asignen por tarea, ya no la de localizar de entre la masa de sus alumnos a los que parezcan dignos de integrarse a una minoría selecta, sino permitir el acceso de toda la masa a la cultura. Esto supone, evidentemente, otros métodos de enseñanza. Supone que el profesor se interese por todos sus alumnos, que trate de hacerse comprender por todos, que los escuche tanto como les habla. Supone dejar de considerar que pensar solo, detrás de su escritorio (y pensar la misma cosa desde hace 30 años) representa el ejercicio de la inteligencia.*

J.P. Sartre

### 4.1 DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

La metodología de trabajo que se siguió durante la estructuración de las secuencias didácticas consideró varios factores entre los que destacan: Los principios del Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades (Capítulo 2.0), incluida la naturaleza de las aulas-laboratorios existentes en el Colegio, las aproximaciones psicopedagógicas del aprendizaje (constructivismo social), las ideas innovadoras de la corriente CTS y las experiencias de los investigadores que han trabajado en el diseño y evaluación de las secuencias de enseñanza-aprendizaje (capítulo 3.0).

Como un primer paso en el diseño de las secuencias, se ubicó el contexto educativo que enmarca la enseñanza-aprendizaje de la química en el bachillerato universitario, aspectos que en capítulos anteriores se han desglosado; sin embargo, de manera general, quedó establecido que el Colegio de Ciencias y Humanidades es un bachillerato que promueve en sus egresados una cultura integral básica con una visión humanística y científica del conocimiento, así mismo los planes de estudio y la filosofía de enseñanza dan prioridad a la investigación, el análisis, la experimentación y la reflexión como elementos indispensables para la construcción del conocimiento. Su enfoque pedagógico concibe al docente como mediador y guía del proceso enseñanza-aprendizaje y centra la atención en el estudiante como actor principal del proceso. De

igual manera, a lo largo de este trabajo, se ha venido señalando la crisis actual que envuelve a la enseñanza de la ciencia en varias partes del mundo: los bajos niveles de aprendizaje y el desinterés por los cursos de química, son problemas que también han alcanzado a las instituciones educativas mexicanas. Teniendo esto en mente, la estructuración de las secuencias contempló como característica importante la motivación del estudiante. Por esta razón, en la selección de los temas tratados en las secuencias didácticas, se involucró a los educandos, escuchando su opinión a través de cuestionarios abiertos, con el propósito de conocer los temas de interés de los alumnos, tanto de manera general como los referidos a los programas de química III y IV del plan de estudios del Colegio. Todo esto con la finalidad de satisfacer la curiosidad de los estudiantes y de presentar actividades atractivas para ellos.

Independientemente de su presentación formal en la sección 5.1 de esta tesis, algunos de los temas de orden general sugeridos por los alumnos fueron:

- código genético y clonación
- avances científicos y tecnológicos

y en particular, sobre temas de química optaron, en ese orden de frecuencias, por:

- Contaminación por metales pesados y
- Los fertilizantes y su impacto ambiental
- Polímeros
- Petróleo

Entre los que se decidió por el primero, para aplicarlo en el tema de la industria minero-metalúrgica de la Química III y el de polimerización para la Química IV, de tal forma que la puesta en práctica se diera durante el año escolar.

Seleccionado el tema se procedió a dar sustento a los contenidos disciplinarios, considerando los aspectos epistémicos del tema y orientando las metas de aprendizaje a los objetivos establecidos en los programas de química. Para ello se llevó a cabo una investigación de los contenidos disciplinarios, de los aspectos científicos y

tecnológicos involucrados, así como de las características y tipos de materiales curriculares CTS, existentes en el medio educativo.

Siguiendo la recomendación de los expertos, otro punto a considerar fue la indagación de las concepciones de los estudiantes (antes de la instrucción), acerca de los científicos, la ciencia y la tecnología, porque se pensó en contrastar la influencia de las secuencias didácticas sobre las concepciones alternativas de los estudiantes respecto a estos temas. Para este fin se aplicó una serie de pre-tests y post-tests que contemplan preguntas referidas a ello.

La estructura de las secuencias fue pensada para transitar en los tres niveles de los que habla Linjse(2000)-nivel de contenido, nivel motivacional y nivel de reflexión- para esto se incluyó toda una serie de estrategias didácticas recomendadas en la literatura CTS (Martín-Gordillo y Osorio, 2003; Soledad, 2003, Acevedo, 1996 y 1997; Membiela, 1995).

- Redacción de lecturas con anécdotas históricas
- Estructuración de "casos simulados" que permiten la participación y el debate entre los estudiantes respecto a una problemática planteada
- Adecuación de actividades experimentales
- Construcción de cuestionarios guía

A continuación se describe cada secuencia con el planteamiento de sus demandas y metas de aprendizaje (Kabapinar, Leach, Scott, 2004):

- ✓ **"Contaminación por metales una llamada de alerta"**. Ésta secuencia se inserta dentro de la unidad 2 *Industria minero-metalúrgica* del programa de química III del Colegio de Ciencias y Humanidades y pretende cubrir los temas: elementos esenciales para la vida y contaminación por metales.

Esta secuencia se escogió por la actualidad del tema de la contaminación de dulces mexicanos con plomo en los Estados Unidos, lo cual era en ese momento, en el año de 2005, un tema atractivo y de interés para los estudiantes.

Se incorporó a la secuencia didáctica un diagrama acerca de la utilización de metales por el cuerpo humano, como un avance de la química bioinorgánica básica para todo ciudadano y para que el estudiante no se lleve la idea de que todos los metales son peligrosos, sino que existen algunos sin los cuales no podríamos vivir.

Desde el punto de vista de la contaminación es importante difundir el tema acerca de lo peligroso (toxicológicamente hablando) que resultan los metales pesados, en particular el plomo, al cual nos vemos sometidos, entre otras razones debido a su presencia en las capas más externas de las lozas hechas a mano por nuestros indígenas y que son empleadas para comer en tantos hogares mexicanos. Se puso énfasis en la elaboración de la secuencia en hablar de las consecuencias del saturnismo, como es llamada la enfermedad producto de la contaminación por plomo. La discusión se extendió a otros metales y no-metales peligrosos para el ser humano, tales como mercurio, cadmio y arsénico.

Se incluyeron en la secuencia didáctica actividades que fomentasen la observación, la imaginación, la participación y la investigación, en apartados llamados "Retos". En estas actividades se propone la discusión acerca de las propiedades de los metales en comparación con otros materiales y la discusión acerca de las características del modelo metálico que puede explicar tales propiedades, propiciando el debate e intercambio de argumentos entre los alumnos. Otro de los retos que se plantean dentro de la secuencia, es que a partir de una investigación documental, los estudiantes propongan un método de análisis químico para identificar la presencia de plomo en alfarería vidriada y en los dulces de tamarindo, mismo que posteriormente se discute y adecua a las condiciones del laboratorio del colegio.

Es importante aclarar que la actividad experimental se diseñó poco después de que los estudiantes representaron y debatieron, por medio de un socio drama, la problemática que se vive en Torreón con la empresa Peñoles y la problemática que se suscitó en nuestro país con la presunta contaminación de dulces mexicanos con plomo. En este debate se puso énfasis en el entramado legal de la demanda hecha por los productores de dulces estadounidenses a través de algunas de las agencias como son la "Food and Drug Administration" (FDA) o Administración para alimentos y medicamentos y al Department of Health Services (DHS) o Departamento de Servicios de Salud, ambas de los Estados Unidos. Los alumnos se dieron a la tarea de investigar tanto la función que desempeñan estas agencias, así como las versiones emitidas por ellas en torno a este asunto, comparando la forma de actuar de las agencias gubernamentales de los Estados Unidos con el desempeño de las instituciones mexicanas, en particular la Secretaría de Salud y la Procuraduría Federal del Consumidor.

#### Demandas de aprendizaje:

- Poner en tela de juicio la información no validada por un medio certificado.
- Fomentar el debate y la argumentación en aspectos de bioética, contaminación y toxicología.
- Incorporar los conceptos y el lenguaje de la química a la cultura básica del estudiante.
- Valorar la importancia de poseer una cultura química como medio de acceso para la participación ciudadana en la validación de la ciencia y los desarrollos tecnológicos del presente siglo.

#### Metas de aprendizaje:

- Reconocer la importancia biológica de los metales (A31\*)

---

\* Estas claves identifican los aprendizajes, señalados para ese tema, en los programas de química III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM.

- Conocer cómo es que los metales pesados contaminan el ambiente y dañan la salud (A32)
- Cuestionar el impacto de la industria minero metalúrgica en la salud y el medio ambiente (A32)
- Valorar la importancia del análisis químico para la identificación de metales pesados en productos de uso diario.

✓ ***“La espuma que le permitió al hombre llegar a la luna”***. Ésta se inserta dentro de la unidad 2 *El mundo de los polímeros* del programa de química IV y pretende cubrir el tema ¿cómo se obtienen los polímeros sintéticos?

El tema de esta secuencia trae a colación un hecho que ya resulta desafortunadamente demasiado familiar, pero que fue todo un hito en su momento, en 1969. Recordar esos años de la carrera espacial y todas las tecnologías que se involucraron en su desarrollo resulta tener gran importancia para que los alumnos se percaten del impacto que tiene la tecnología en nuestra vida diaria y su calidad.

Como parte central se incluye lo que hacían los químicos en tanto se daba dicha carrera espacial, hablando esencialmente de la historia de la ciencia de los materiales y la de los polímeros sintéticos. Con la llegada del policloruro de vinilo (PVC), el poliuretano, el politetrafluoroetileno (Teflón), el nylon y el poliestireno, se inicia una revolución en la industria de aislamientos, embalajes, revestimientos y textiles, de gran influencia en nuestro modo de vida desde entonces.

Se pone de ejemplo la fabricación de poliuretanos, los polímeros ligeros de los que están hechos las almohadas de tantas camas y los cojines de tantas salas en la actualidad, a cuento de su fabricación para los implementos de las naves de los astronautas y cosmonautas. Posteriormente se hace énfasis en los campos de aplicación del poliuretano, en las industrias de la construcción, automotriz, de pinturas, refrigeración, muebles, incluido su uso en la fabricación de condones.

Para que los alumnos se lleven una idea de que la ciencia y la tecnología también prosperan mediante la serendipia, se incluye la descripción del experimento "fallido" de Otto Bayer, en donde se muestra una de las características que define a los científicos: su perseverancia. También se pone de manifiesto que la comercialización de los desarrollos tecnocientíficos, muchas veces no son tan inmediatos como se piensa, algunos de ellos han esperado años, antes de encontrársele alguna aplicación y otros tantos desarrollos han sido por mucho tiempo, exclusivos para determinados sectores de la población.

Dentro de la secuencia didáctica se incluye una actividad experimental en la que se lleva a cabo la polimerización del uretano, aprovechando el empleo de las aulas-laboratorios del CCH. La forma en que se encuentra estructurada la actividad experimental despierta la curiosidad de los estudiantes porque ellos realizan la síntesis de un material que desconocen y se ven obligados a observar y determinar las propiedades de dicho material para encontrarle alguna buena aplicación. Posteriormente se presentan las reacciones químicas de polimerización a los alumnos, para que no piensen en magia cuando observan la reacción de ese material polimérico y además se discute que tan sencillo resulta para ellos encontrar hoy en día alguna aplicación a este tipo de materiales, en comparación con las dificultades que Otto Bayer tuvo que superar para poder comercializar su producto.

La secuencia concluye, haciendo un énfasis en el reciclaje de polímeros que es la forma más redituable para deshacerse de ellos. Lo que se pretende en este punto de la secuencia es que los alumnos como integrantes de una sociedad, contribuyan a dar solución a los problemas de contaminación por polímeros.

Al final de la secuencia se plantea un cuestionario para discutirlo abiertamente en la clase, el cual incluye preguntas y cuestionamientos acerca de la ciencia, la tecnología y los científicos, temas centrales en los pre-tests y post-test aplicados a los alumnos con la intención de que ellos reflexionen sobre los beneficios y consecuencias de los desarrollos tecnológicos.

#### Demandas de aprendizaje:

- Valorar la tecnología de la polimerización como una importante herramienta para la obtención de bienes.
- Argumentar acerca del peligro de la contaminación por residuos plásticos.
- Reconocer la trascendencia del trabajo científico en la vida diaria
- Identificar las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente
- Desmitificar el trabajo científico.

#### Metas de aprendizaje:

- Valorar el conocimiento químico que permite diseñar materiales que respondan a muy diversas necesidades (A22)\*\*
- Conocer un ejemplo de síntesis de polímeros (Poliuretano)
- Explicar algunas características de los polímeros en relación a su biodegradabilidad (A28)
- Reflexionar respecto al uso y producción de polímeros considerando sus efectos sobre el medio ambiente

---

\*\* Estas claves identifican los aprendizajes señalados en los programas de química III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM.



## Blanca Estela Zenteno Mendoza

¿Alguna vez te has imaginado como sería tu vida sin la presencia de los metales?

**S**uso es tan cotidiano que a veces no consideramos su utilidad. Sin embargo los metales y sus aleaciones han contribuido al desarrollo de la sociedad en que vivimos.

En nuestra vida diaria los metales se nos presentan de muchas y muy variadas formas, como parte de construcciones, medios de transporte, dispositivos para la industria y diversos objetos para el hogar, tanto muebles como utensilios para la cocina, instalaciones eléctricas, adornos, esculturas, aretes y hasta el cierre de tu pantalón ha sido elaborado con algún metal o alguna aleación (mezcla de metales). Si meditas un momento, te darás cuenta que el uso que le damos a los metales se encuentra estrechamente relacionado con las propiedades físicas y químicas que poseen.

### Reto #1 atrévete a observar

¿Podrías citar las propiedades que diferencian a los metales, de otros materiales como la madera, vidrio o plástico?, ¿Por qué cuando tocas con tu mano la superficie de un metal, percibes una sensación de frío que no percibes cuando tocas la madera? Registra la respuesta en tu cuaderno.

La conductividad eléctrica de los metales permite su uso en circuitos eléctricos y microcircuitos de cómputo, su tenacidad y conductividad térmica es considerada al diseñar equipo industrial porque ofrece ventajas sobre otro tipo de materiales. La maleabilidad y resistencia de los metales hace posible la fabricación de automóviles, monedas, artesanías y un gran número de artefactos.

### Reto 2. Atrévete a imaginar

¿Cómo se encuentran unidos los átomos en los metales para que puedan exhibir esas propiedades (conducir el calor y la corriente eléctrica, presentar brillo, ser dúctiles y maleables)? Consúltalo con la almohada, pero no pierdas de vista que para resolver este misterio deberás transportarte al mundo "submicroscópico" de la química. Para ello te aconsejo que consigas unos "lentes mágicos" para que puedas "ver", átomos, moléculas y electrones. Posteriormente dibuja en una cartulina cómo se vería a nivel "submicroscópico" un cazo de cobre (de los que utilizan en Michoacán para freír carnitas) y un anillo de plata de los que exhiben en Taxco Guerrero. Muestra tu dibujo al resto del grupo y discute de que forma tu dibujo (modelo) permite explicar las propiedades físicas de los metales.

## **¿Qué tienen que ver los metales con tu salud?**

Los metales están presentes en todas partes, pero su importancia va mucho más allá de lo que observamos. Los metales son esenciales para la vida ya que intervienen en los procesos vitales del cuerpo. Algunos forman parte de la estructura de enzimas (catalizadores biológicos), hormonas y de otras moléculas importantes como la hemoglobina, con un átomo del metal hierro, que se encarga del transporte de oxígeno en la sangre.

El zinc es importante para el crecimiento, para sanar heridas y para el desarrollo de las glándulas sexuales masculinas. El cobalto forma

parte de la molécula de la vitamina B<sub>12</sub>. Otros elementos en pequeñas cantidades juegan un papel determinante dentro del organismo, por ejemplo: una deficiencia de cobre produce una serie de síntomas que van desde el cambio de coloración en el pelo, hasta la anemia y las enfermedades de los huesos. El manganeso es esencial para el sistema óseo, para el buen funcionamiento del sistema nervioso y la reproducción. El cromo permite la activación de la insulina que regula el metabolismo de la glucosa.

Sin embargo el exceso de alguno de estos micronutrientes puede dar lugar a envenenamiento. Recuerda lo que pronunció Paracelso en 1538: "¿Qué hay que no sea veneno? Todas las cosas son venenos y nada está sin veneno. Solamente la dosis determina que algo no sea veneno".

Paracelso también dijo: "Si se administra en pequeñas dosis, lo que vuelve enfermo a un humano también lo cura". Por cierto, él fue el primero en relacionar la enfermedad del bocio con la administración de minerales, en particular con el plomo del agua que bebían.

Cuando se ingieren grandes cantidades de hierro, éste se acumula en el cuerpo favoreciendo la hemocromatosis (intensa deposición de hierro y daño de órganos). En algunos casos de hemocromatosis el metal precipita en los tejidos del corazón y ocasiona disturbios eléctricos, arritmia y enfermedades del corazón. ¡Ojo! ¡Ten cuidado con los alimentos enriquecidos en hierro!

## FUNCIÓN DE LOS METALES EN EL CUERPO HUMANO

<p><b>CALCIO:</b> Coagulación de la sangre, excitabilidad nerviosa, actividad cardíaca, huesos y dientes. Ingesta diaria: 0.8-1.2 g.</p>		<p><b>MAGNESIO:</b> Activación de enzimas y coenzimas, transmisión de impulsos nerviosos, huesos y dientes. Ingesta, diaria: 300-450mg</p>
<p><b>SODIO:</b> Balance hídrico y ácido alcalino del organismo. Conducción de los impulsos nerviosos. Ingesta diaria: 1-3g.</p>		<p><b>ZINC:</b> Activación de enzimas y de la insulina. Funcionamiento de la próstata.</p>
<p><b>HIERRO:</b> Componente de la hemoglobina, ayuda al transporte del oxígeno en los tejidos. Ingesta diaria: 10-15mg</p>		<p><b>MOLIBDENO:</b> Metabolismo hepático, producción de sangre, activación de enzimas. Se requieren cantidades traza.</p>
<p><b>POTASIO:</b> Activación de enzimas, metabolismo de carbohidratos, actividad nerviosa, cerebral y muscular. Ingesta diaria: 0.8 - 1.3g</p>		

Las enzimas controlan la velocidad de las reacciones metabólicas del cuerpo pero cuando se ingieren cantidades importantes del metal, este forma un enlace muy estable con la enzima (R-S-M-S-R) ocasionando que pierda su función metabólica, lo que da por resultado, el deterioro de la salud a veces de forma fatal.

En su forma elemental los metales son menos tóxicos. El mercurio líquido, utilizado en los termómetros y las amalgamas dentales es menos dañino que sus vapores, pero las sales de mercurio son bastante tóxicas y esto depende de la solubilidad que tengan en los fluidos del cuerpo.

La forma más tóxica del mercurio es cuando se encuentra formando parte de un compuesto organometálico (alquil mercurio) que no es soluble en agua, pero que se puede almacenar en el tejido graso del cuerpo.

En general estos metales enlazados a cadenas cortas de átomos de carbono también son tóxicos.

### ¿Qué onda con el Heavy metal?

Tal vez ya los has escuchado citar por algún lado, en la televisión, en el radio o en los periódicos, porque hoy en día se rumora mucho de sus efectos.

Para los químicos "Heavy metal" (metal pesado) es un grupo, pero no de rock, sino de contaminantes que representan un peligro ambiental al no ser química ni biológicamente degradables. Entre ellos se encuentra en primera instancia: plomo (Pb), mercurio (Hg), Cadmio (Cd) y arsénico(As).

La toxicidad de los metales pesados depende de la forma física y química en la que se encuentran. Todos ellos son muy peligrosos como cationes de una sal porque de esta forma tienen una alta afinidad por el azufre (S) y los grupos "sulfhidrilo" -SH que comúnmente se encuentran presentes en la estructura de las enzimas.

El plomo se acumula en los huesos porque reemplaza al calcio. Análisis realizados a esqueletos antiguos muestran niveles significativos de plomo, 100 veces más altos que los reportados actualmente en pacientes contaminados. Para disminuir la intoxicación se recomienda ingerir vitamina D y consumir alimentos ricos en calcio.

Los compuestos de cadmio son utilizados como pigmentos (verde, amarillo, naranja y marrón) en cerámicas, pinturas y plásticos, sin embargo es más factible la contaminación por cadmio cuando se tiene el hábito de fumar cigarrillos, porque aproximadamente 20 cigarrillos proporcionan 30microgramos de cadmio al cuerpo.

Para contrarrestar la intoxicación por cadmio es recomendable la ingesta de vitamina C y de alimentos ricos en bioflavonoides.

**Tabla 1: fuentes de contaminación por metales pesados y efectos a la salud**

<b>METAL/FUENTE</b>	<b>EFFECTOS A LA SALUD</b>	<b>NIVELES PERMITIDOS EN ALIMENTOS</b>
<p><b>P L O M O</b> fundidoras, fabricas de baterías, tuberías de agua, sales para vidriado y loza de barro vidriada, algunas pinturas, recipientes de peltre, soldaduras de latas, acumuladores y gasolinas con tetraetilo (en México se dejaron de usar en 1997)</p>	<p>En niveles bajos (10 a 25 microgramos/dL): debilidad, cansancio, dolor de cabeza y abdomen, incremento de la presión arterial, dolor muscular, irritabilidad, falta de atención. En niveles más altos (30 a 100 microgramos/dL): anemia, daño agudo al cerebro y al sistema nervioso central.</p>	<p>En bebidas 0.2mg/kg Otros alimentos 1.5 mg/kg. La norma oficial mexicana improvisada en 1999, establece: 10 microgramos de plomo/decilitro de sangre. Aunque este nivel no es seguro. Es recomendable evitar la ingestión de bebidas alcohólicas porque se favorece la absorción de plomo</p>
<p><b>M E C U R I O</b> Alimentos contaminados (pescado), fungicidas utilizados en la agricultura, es utilizado en termómetros barómetros y en las amalgamas dentales aunque en países como Alemania se ha sustituido por otro tipo de amalgamas que no contienen mercurio.</p>	<p>Como elemento el Hg se absorbe por inhalación y contacto. Se acumula en hígado, riñón e intestino. En forma de compuesto orgánico (metilmercurio), afecta al cerebro, cerebelo y corteza, ocasionando varios síntomas, entre ellos: falta de coordinación, sordera, visión borrosa y disminución del campo visual.</p>	<p>Pescado: 0.5 mg de mercurio/ kg de alimento. En otros alimentos 0.03mg/Kg</p>
<p><b>C A D M I O</b> Pinturas, pilas y algunos plásticos. También puede llegar al organismo por inhalar humo de tabaco o ingerir agua contaminada.</p>	<p>El envenenamiento por cadmio produce osteoporosis, enfisema pulmonar, cáncer de pulmón y de próstata, hipertensión y diversas cardiopatías.</p>	<p>Bebidas 0.05mg/kg Carne 1.25 mg7kg Otros alimentos 0.05mg/kg</p>
<p><b>A R S É N I C O</b> En alimentos contaminados por fertilizantes y plaguicidas (arseniato de plomo, <math>Pb_3(AsO_4)_2</math>) Conservador de la madera (arseniato de cobre).</p>	<p>El arsénico es conocido por producir cáncer en los humanos</p>	<p>Bebidas 0.1mg/kg Otros alimentos, 1.0mg/kg</p>

## Un poco de historia...

El problema de contaminación por metales pesados no es nuevo, ya que existen algunos registros históricos que relatan intoxicaciones sufridas a causa de la ingestión de alguno de estos metales, sólo que la industrialización, el crecimiento demográfico y su uso desmedido, han dado lugar a un grave problema ambiental.

Los registros que se tienen sobre problemas de contaminación por metales pesados, datan de la época antigua; se encuentra registrado en la historia que desde hace unos 2000 años eran ya conocidos los efectos dañinos del plomo en la cultura grecorromana. La sintomatología de intoxicación por plomo fue descrita por Hipócrates y Plinio, denominando "saturismo" a este tipo de intoxicación. El nombre de la enfermedad viene del "color saturno", ya que en algunos casos la acumulación excesiva de plomo en la sangre producía una coloración en la piel del enfermo, además de los terribles síntomas. Algunos investigadores creen que el uso generalizado que le daban al plomo en la antigua Roma, tuvo que ver con la caída del imperio, porque en esta ciudad el plomo se encontraba en todas partes: en las tuberías del sistema de bombeo del agua, en las vasijas vidriadas donde almacenaban el vino y la cerveza, incluso se utilizaba un jarabe espeso llamado "sapa" o "azúcar de plomo" para endulzar los alimentos y bebidas que consumían. El "sapa" no era otra cosa que el acetato de plomo (II), el

cual se obtenía al evaporar vino en una olla de plomo.

Estudios recientes han revelado que los problemas de sordera de Beethoven se encuentran asociados al envenenamiento con plomo porque al analizar el cabello del músico se encontró una alta cantidad de este metal, probablemente por el excesivo consumo de pescado contaminado proveniente del Danubio.

Del mismo modo las crisis de salud sufridas por Goya se atribuyen al saturnismo, como resultado del manejo constante del albayalde, carbonato de plomo utilizado en pinturas.

Por otra parte el mercurio era uno de los medicamentos más populares del medioevo, incluso en el siglo XVI se recomendaba para el tratamiento de la sífilis (pero no sabían si el paciente moría de sífilis o de envenenamiento) mientras que el calomel (cloruro de mercurio) fue utilizado como purga (catártico) popular y algunas otras sales de mercurio como diurético. Incluso algunos autores sugieren que el comportamiento extraño de Sir Isaac Newton en sus últimos días, se debió al continuo uso del mercurio en sus experimentos.

Sin embargo actualmente, pese a la innovación de tecnologías, el problema de contaminación por metales pesados está presente en nuestra vida cotidiana.

¡Presta atención a lo siguiente!

## **“Dulces metálicos” ¿Protección sanitaria o Estrategia comercial?**

A mediados del 2004 comenzó a entretenerse en el estado de California una historia relacionada con la producción y venta de dulces mexicanos, que hasta el día de hoy, marzo del 2005, tiene eco en los medios de comunicación de México y de los EE.UU.

“Que si los dulces mexicanos son la causa del envenenamiento por plomo en el condado de Orange...”

“Que si los fabricantes mexicanos cuidan más el control de los productos que envían a los Estados Unidos que los que venden en México...”

“Qué si debe evitarse el consumo de dulces mexicanos porque estos pueden contener altos niveles de plomo dañino para la salud...”

Estos son algunos de los rumores que circulan en ambos países pero, ¿Qué hay de cierto en torno a lo que se escucha?

Por un lado el Departamento de servicios de Salud de los Estados Unidos (DHS), advierte a los ciudadanos de no consumir ciertos dulces que se importan desde México, entre ellos: El producto chacachaca, tablarindo, lucas limón, serpentinas, pulparindo, súper rebanaditas, tamaroca, vero mango, paletas bolirindo y pelón pelo rico.

¿Los conoces? O mejor dicho ¿Los consumes? Pues bien, estas son algunas marcas de dulces que han sido acusadas de contener altos índices de plomo, tanto por el DHS como por la FDA (Administración de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos).

La Coalición de Salud Ambiental (por sus siglas en inglés EHC) encargada de promover el llamado de alerta en ese país, señala que el origen de la contaminación en los dulces, proviene de varias fuentes:

- Las tintas provenientes de la envoltura, que penetran al dulce
- El barniz de las ollas de barro en donde se vende el dulce (cerámica vidriada)
- Del chile que no se lava antes de moler y se deja a la intemperie.
- Incluso del diesel y la gasolina que utilizan las maquinas dentro del proceso de elaboración.
- También dicen que las características del tamarindo facilitan su contaminación con plomo.

Sin embargo es necesario señalar que desde hace algunos años, nuestro país se ha preocupado por modificar la formulación de pinturas y gasolinas, así como los procesos artesanales de cerámicas vidriadas a baja temperatura.

El caso es que toda esta historia daña la imagen de la industria dulcera nacional al promover una baja considerable en sus exportaciones.

Incluso la FDA ha enviado una carta a fabricantes, importadores y distribuidores de dulces extranjeros para que sea prohibida la venta de aquellos productos con niveles de plomo superiores a 0.1 ppm (0.1 mg/kg), a pesar de que la norma emitida en 1995 autoriza 0.5 ppm. Por su parte el Departamento de servicios de Salud de California, recomienda al público que informe a cualquier vendedor de este dulce llamando a su línea de quejas.

No cabe duda que el gobierno de los Estados Unidos lleva a cabo un minucioso control de los productos que importa de otros países como México, fuere cual fuere la intención: protección sanitaria o protección arancelaria.

Pero ¿Qué le impide a nuestro país hacer lo mismo? ¿Por qué no se protege a los consumidores y al mercado nacional de la misma forma? ¿Faltan recursos? ¿Contamos con la tecnología suficiente? O ¿nos falta el valor y el amor a la patria?

Lo curioso del caso es que esta llamada de alerta se da poco antes de la celebración de halloween en los EE.UU., época en la cual los dulces mexicanos superan las ventas de los dulces estadounidenses. Cabe mencionar que el mercado de dulces en California representa ganancias para las empresas mexicanas de hasta 620 millones de dólares al año.

Otro aspecto para reflexionar es el hecho de que Herhsey Foods Corporation, una de los principales

fabricantes y comercializadoras de dulces en el mundo, ha anunciado la adquisición del grupo jalisciense Lorena, grupo sobre el que se inició la política de descrédito.

El Senado de la República en México califica este acontecimiento como contradictorio, pues mientras en Estados Unidos se extiende un rechazo generalizado contra los dulces con chile mexicanos, una de sus principales empresas de chocolates, adquiere una de las compañías de dulces más importantes en México

Por su parte las compañías productoras y distribuidoras de dulces mexicanos, negaron las acusaciones emitidas por la FDA en julio del año pasado, e incluso interpondrán una demanda por difamación y daños, ya que las empresas se vieron obligadas a disminuir su producción de 100 a 30% en el mejor de los casos.

Sus dueños expresaron que este tipo de competencia desleal, no solo perjudica la imagen de la industria dulcera nacional sino también a las familias de los trabajadores que quedarán desempleados si continúa esta situación.

Toda esta historia enfrenta a los consumidores mexicanos ante un dilema: seguir comprando los dulces con el riesgo de sufrir una intoxicación por plomo, o bien, unirse a las voces de protesta con todo lo que ello implica para el país.

¿Habrà otro camino?...¡Tú decides!

### **Reto#3 Atrévete a participar:**

Entabla un debate con los compañeros de tu grupo, personificando a cada uno de los sectores que intervienen en este relato: con representantes de los gobiernos de México y de Estados Unidos, de las industrias mexicanas, de la FDA, del DHS, representantes del público estadounidense y mexicano, grupos ambientalistas de ambos países.

Documenta los argumentos que expondrás para defender al sector que representarás.

El gobierno estadounidense por medio de la FDA: debe asumir la responsabilidad de garantizar la salud de los ciudadanos de su país y del medio ambiente.

El gobierno mexicano a través de diversos órganos e instituciones (PROFECO y Senado de la República): debe asumir la responsabilidad de defender la salud de los ciudadanos, así como apoyar a las empresas mexicanas.

Los grupos ambientalistas y vecinos de la ciudad, deben asumir el papel de conciencia crítica ante esta situación y ante todo desarrollo tecnocientífico que afecta a la comunidad.

Los trabajadores de la compañía, tienen el derecho de defender su fuente de ingresos.

Los empresarios de las industrias de dulces mexicanos: por otro lado, deben probar su inocencia o enfrentar sus responsabilidades.

Si estás interesado en verificar lo la FDA y DHS de los EE.UU. dicen de los dulces mexicanos, atrévete a investigar.

### **Reto # 4 Atrévete a investigar e innovar:**

Con tus compañeros de equipo indaga como se determina la presencia de plomo en alimentos. Esto lo puedes hacer realizando una búsqueda bibliográfica, navegando en la red o preguntando directamente en los laboratorios químicos que realizan este tipo de análisis, como por ejemplo los laboratorios de la PROFECO y los laboratorios de la Secretaría de Salud.

El control propuesto por la FDA prohíbe la comercialización de los productos que tienen un contenido en plomo mayor a 0.1ppm.

$$0.1\text{ppm} = 0.1\text{mg/kg} = 0.1\text{microgramos/g.}$$

El reporte del Departamento de Salud advierte que ciertos dulces de tamarindo, podrían contener 0.4ppm de plomo. ¿Qué cantidad de plomo en microgramos podrá ingerir una persona que consume dos dulces de este tipo al día. Considerando que cada dulce es de 30g aproximadamente y, ¿qué efectos tóxicos podrían manifestarse en la persona cuando se ingieren esas concentraciones de plomo?

### **¡Y TÚ QUÉ HARÍAS! RETO#3. ATRÉVETE A PARTICIPAR (caso 2).**

A continuación te relatamos la problemática que se vive en la ciudad de Torreón, Coahuila, con la intención de que investigues más a fondo el caso y junto con tus compañeros de grupo armes un socio-debate en el que se propondrán soluciones al problema que enfrentan los pobladores de esta ciudad.

El 25 de febrero de 1999 los periódicos de Torreón publicaban una inquietante noticia: La cuarta fundidora de plomo más importante del mundo, ubicada en esa región, sería sometida a un juicio legal para determinar a través de una serie de audiencias públicas, si proceden o no las diversas medidas de control que van desde la reducción parcial o temporal del funcionamiento de la planta. Tanto dependencias federales, estatales y locales, intervendrán en dicha resolución.

Pero, ¿por qué habría de preocuparles una noticia como esa a los habitantes de esa ciudad? ¿Dónde radica la importancia de su participación?

Lo que sucede es que a esa noticia periodística, le antecedieron una serie de acontecimientos que los pobladores aún tienen presente:

Años atrás en esa localidad los investigadores de la Secretaría de Salud documentaron un caso de arsenismo agudo (que causó la muerte de un adulto), el cual fue atribuido a la fundidora y publicado en la revista "Salud Pública de México" en 1964. Estudios posteriores a esa fecha (1999) concluyeron que en Torreón los niveles de plomo y arsénico en el ambiente eran tan altos como los de cualquier otro sitio contaminado del mundo y que incluso rebasan los establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos (EPA).

En cuanto al cadmio los investigadores informaron que la ciudad tiene los niveles más elevados jamás reportados en la literatura.

A este tipo de estudios se sumaron muchos otros más entre los que destaca el estudio realizado por un pediatra de la localidad, quién audazmente comenzó a ordenar análisis de plomo en sangre a sus pacientes. Lo que encontró fue revelador: de 51 niños analizados a 24 se les encontró plomo en sangre en niveles superiores a 10 microgramos por decilitro (cabe mencionar que la Academia Americana de Pediatría ubica en cero al nivel de plomo en sangre en niños). Al colocar los resultados de los análisis en un mapa, se dio cuenta que los niveles de plomo en sangre aumentaban cuanto más cerca de la fundidora vivían los niños.

La situación alarmó a médicos, ambientalistas y a cualquier ciudadano conciente de los efectos tóxicos de los metales pesados (en este caso plomo), a tal grado que los resultados se comunicaron a la Secretaría de Salud y de allí al congreso del estado, el cual intervino en la realización de estas audiencias y solicitó a investigadores, dependencias y vecinos de la localidad que recomendaran un organismo encargado de estudiar más a fondo el problema de salud causado por la fundidora propiedad de la compañía "Peñoles".

De ser confirmados los resultados, los ciudadanos de este poblado se enfrentarán ante la disyuntiva de: Votar a favor del cierre parcial o temporal de la planta, con la consecuente pérdida de una importante fuente laboral o bien permitir que la compañía siga laborando con el constante riesgo de contaminación por metales pesados, ya que por mucho tiempo la compañía "Peñoles" ha sostenido que cumple con la ley, siendo la propia empresa y no la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente la que mide las emisiones de contaminantes de la planta fundidora.

Sin duda este es un problema que requiere de la participación de todos los sectores de la sociedad.

El gobierno por su parte, debe asumir la responsabilidad de garantizar la salud de los ciudadanos y del medio ambiente.

Los grupos ambientalistas y vecinos de la ciudad, deben asumir el papel de conciencia crítica ante esta situación y ante todo desarrollo tecnocientífico que afecta a la comunidad.

Los trabajadores de la compañía, tienen el derecho de defender su fuente de ingresos.

Y la compañía "Peñoles" por otro lado, debe probar su inocencia o enfrentar sus responsabilidades.

Te invitamos a representar este debate y discutir esta problemática con tus compañeros. Documenta los argumentos que expondrás para defender al sector que representarás

# Actividad experimental complementaria:

## ¡CUIDADO ESTE PRODUCTO PUEDE CONTENER PLOMO!

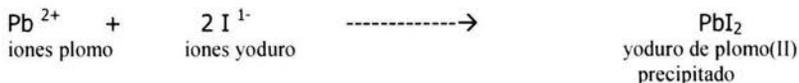
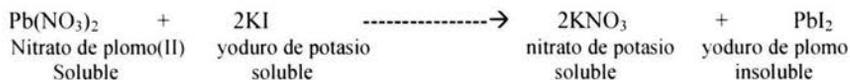
### OBJETIVO:

- Determinar cualitativa (si se encuentra presente o no) y cuantitativamente (en qué cantidad) la presencia de plomo en pinturas, alfarería vidriada, empaques de dulces de tamarindo e incluso dulces de tamarindo que se comercializan en recipientes de barro.
- Emitir un juicio válido respecto a la toxicidad y peligrosidad de las muestras analizadas, al comparar los resultados de tus análisis con las cantidades establecidas en la norma oficial mexicana NOM-010-SSA1-1993, "Salud ambiental. Artículos de cerámica vidriada. Límites de plomo y cadmio solubles".

### MÉTODO DE PRUEBA:

El plomo es extraído de la muestra por lixiviación con ácido acético al 5% o con ácido nítrico 6M (simulando condiciones extremas de uso en recipientes vidriados). Dependiendo de la naturaleza de la muestra y de la concentración de plomo contenido en ella, se podrá realizar cualquiera de los dos procedimientos que se proponen:

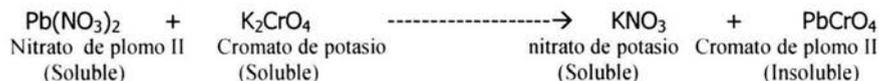
- a) método gravimétrico (el plomo se determina por pesada del precipitado). Es útil para determinar la presencia de plomo en muestras sólidas que contienen concentraciones de plomo de 0.1% (1000ppm) o más y en muestras líquidas cuya concentraciones de plomo son 0.01% o menor, aunque a esta concentración la prueba es únicamente cualitativa. En el método gravimétrico se utiliza ácido nítrico para descomponer la muestra sólida y obtener una disolución que contenga iones plomo (si éste se encuentra presente). Posteriormente se adiciona yoduro de potasio para precipitar el plomo en forma de yoduro de plomo el cual es un precipitado insoluble como se indica en la reacción:



Si te decides por la determinación cuantitativa deberás lavar con agua este precipitado para remover algún compuesto soluble que se encuentre adherido y realizar un lavado final con alcohol para eliminar el agua y permitir un secado más rápido del precipitado.

Si se tiene cuidado de preparar adecuadamente la muestra y de medir con exactitud su masa, partiendo de 0.2g de muestra, se podrá detectar una cantidad de plomo por debajo de 0.1% es decir por debajo de las 1000ppm.

- b) Método espectrofotométrico (en este caso el plomo se determina como precipitado disperso en un líquido que impide o bloquea el paso de la luz). Este método es aplicable principalmente para muestras líquidas que contienen plomo en pequeñas cantidades (0.005 – 0.010% de Pb), en especial es adecuado para determinar la presencia de plomo en alfarería vidriada. Por este método el plomo es precipitado en forma de cromato de plomo, porque se utiliza una disolución de cromato en lugar de yoduro (aún cuando el cromato no es muy selectivo ya que si se encontrasen presentes otros metales en la muestra, como por ejemplo bario o cobre, también podrían precipitar junto con el plomo) sin embargo el cromato de plomo es un precipitado poco soluble, se llegan a disolver 0.0002g de cromato de plomo en 1litro de agua, mientras que de yoduro de plomo se disuelven 0.7g de precipitado por litro de agua.



Dentro del procedimiento, se sugiere la adición de sacarosa antes de efectuar la precipitación del cromato de plomo con la intención estabilizar y controlar el crecimiento de los cristales del cromato. La adición de sacarosa hace que el tamaño de las partículas sea pequeño y uniforme. La cantidad de precipitado presente es directamente proporcional a la turbidez observada en la muestra, es decir a una mayor turbidez una mayor cantidad de precipitado y por lo tanto mayor presencia de plomo en la muestra.

La medición cuantitativa de la turbidez se realiza utilizando un espectrofotómetro (Espectronic 20), el cual detecta la cantidad de luz que pasa a través de la muestra así como la que se absorbe. El número de transmitancia que se lee en el aparato indica que proporción de la luz pasa a través de la muestra. Un 50% de transmitancia significa que únicamente la mitad de la luz es capaz de pasar a través de la solución.

### ⚠ CUIDADO

Considera que algunas de las sustancias que ocuparás son tóxicas, así que evita el contacto con la piel y la inhalación directa. Utiliza el equipo de seguridad personal necesario.

### PROCEDIMIENTO PARA EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO

(Aplicable a muestras sólidas como virutas de pintura)

1. Pesar alrededor de 0.01g a 0.2g de la muestra sólida y 2.0g si la muestra es líquida. La muestra a analizar se coloca en un tubo de ensayo (10 x 75mm). Si se utiliza una muestra líquida, adicionar 3 gotas de ácido nítrico diluido y pasar directamente a la etapa 2. Si la muestra es sólida, adicionar 1ml (20 gotas) de ácido nítrico diluido (6M de  $\text{HNO}_3$ ) y calentar por 15 minutos colocando el tubo en baño de agua caliente. Si la muestra contiene pedazos que no se puedan romper, utilizar una varilla de vidrio para machacar y despedazar la muestra. En este punto del análisis, en el tubo se tendrán iones de plomo solubles (si es que la muestra contiene plomo); Cuida de no derramar la muestra por que se pueden sufrir pérdidas que sean causa de error en el análisis cuantitativo. Filtrar o centrifugar la muestra para separar la fase líquida de la fase sólida.
2. A la muestra líquida agregar 1 gota de una solución de sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) 1M y agitar cuidadosamente tapando el tubo con un tapón si es necesario. Posteriormente adicionar 3 gotas de una disolución de yoduro de potasio dos molar ( $[\text{KI}] = 2 \text{ M}$ ) y mezclar perfectamente la muestra. La aparición de un precipitado amarillo indicará la presencia de plomo en una concentración aproximada del 0.1% o más si se partió de una muestra sólida y de aproximadamente 0.01% o más si se parte de 2g de muestra líquida. Si se obtienen resultados negativos en esta etapa, adicionar 1 gota de una disolución de nitrato de plomo 0.1M  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  al tubo que contiene la muestra, con la intención de ver cómo se observa una muestra que resulta positiva.
3. Si la etapa dos resulta positiva y tú deseas realizar un análisis cuantitativo deberás primeramente recuperar el precipitado de nitrato de plomo, mediante filtración, realizar una serie de lavados para eliminar impurezas, secar y pesar, con la finalidad de realizar los cálculos de cuantificación.

## PROCEDIMIENTO PARA EL MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO (para muestras lixiviadas en vinagre)

1. Sumergir la muestra (alfarería vidriada o loza de barro) en 100mL de vinagre durante 24hr
2. Colocar 35mL de vinagre (disolución acuosa de ácido acético al 5%) en un matraz de 125mL para que funcione como "blanco"
3. En otros dos matraces colocar 35mL de lixiviado (de la muestra problema sumergida en vinagre)
4. A cada uno de los tres matraces, adicionar 3.5g de sacarosa y agitar el contenido de cada matraz hasta que se disuelva
5. Mientras continúa agitando, adicionar rápidamente a la solución que funciona como blanco 1ml de cromato de potasio diluido (0.5M) con ayuda de una micropipeta. Continuar agitando sin detenerse durante 1minuto.
6. Repetir este procedimiento con las dos muestras problema
7. Dejar reposar los tres matraces por lo menos 10 minutos
8. Registra tus observaciones. Una ligera turbidez indicará la presencia de plomo en por lo menos 5ppm (0.0005%) en tu muestra.
9. Colocar cada una de las muestras en una celda espectrofotométrica
10. Calibrar el espectrofotómetro siguiendo las instrucciones del equipo y hacer una curva patrón con las disoluciones incluyendo la muestra que funciona como blanco. Verificar que la longitud de onda del aparato se encuentre en 540nm que es la longitud de onda adecuada para esta determinación.
11. Con la curva patrón obtener la concentración de la muestra problema, relacionando los valores de transmitancia con la concentración de plomo que le corresponde.

### BIBLOGRAFÍA:

- B. Coburn Richardson, Thomas G. Chasteen. *Laboratory manual, Experience the Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*. Second edition John Wiley and Sons, Inc, 1995.
- Secretaría de Salud, Norma Oficial Mexicana NOM-009-SSA1-1993, "Salud ambiental. Cerámica vidriada. Métodos de prueba para la determinación de plomo y cadmio solubles"

## REPORTE DEL EXPERIMENTO:

FECHA: \_\_\_\_\_ NOMBRE: \_\_\_\_\_

### A. MÉTODO GRAVIMÉTRICO

#### 1. Preparación de la muestra

- a) Naturaleza, marca (si tiene) y origen de la muestra \_\_\_\_\_  
 b) Peso de la muestra original \_\_\_\_\_

#### 2. registro de observaciones

- a) Qué sucedió cuando se adicionó la disolución de KI \_\_\_\_\_  
 b) Qué observaste cuando adicionaste el  $Pb(NO_3)_2$  \_\_\_\_\_

\*\*\*\*\*

#### 3. Completa esta parte si llevaste a cabo la determinación cuantitativa del plomo:

- a) Peso del tubo limpio y seco \_\_\_\_\_  
 b) Peso del tubo limpio y seco + el  $PbI_2$  \_\_\_\_\_  
 c) Peso el  $PbI_2$  [ yoduro de plomo (II)] \_\_\_\_\_  
 d) Peso del plomo en esta cantidad de  $PbI_2$  \_\_\_\_\_  
 e) % de plomo en la muestra original \_\_\_\_\_

\*\*\*\*\*

4. ¿Qué puedes decir respecto a la seguridad de tu muestra en el uso para el cual fue propuesto?

### B. MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO

#### 1. Naturaleza de la alfarería vidriada

- a) Descripción general \_\_\_\_\_

b) Lugar de fabricación y fecha de compra \_\_\_\_\_

\*\*\*\*\*

2. Observaciones después de adicionar el cromato de potasio

a) Para la disolución que funciona como blanco \_\_\_\_\_

b) Para la disolución problema (Lixiviado) \_\_\_\_\_

3. Resultados de la cuantificación espectrofotométrica

a) % de transmitancia de la muestra problema

Tubo # 1 = \_\_\_\_\_ % T

Tubo # 2 = \_\_\_\_\_ % T

b) Concentración de plomo en las muestras problema en ppm  
(obtenidas mediante la curva de valoración)

Tubo # 1 = \_\_\_\_\_ ppm Pb

Tubo # 2 = \_\_\_\_\_ ppm Pb

4. ¿Podría tu muestra pasar los estándares de seguridad establecidos para el plomo por la FDA?

5. Escribe tus comentarios y conclusiones sobre el experimento.



La espuma que le
   
 permitió al hombre
   
 llegar a la luna

Blanca Estela Zenteno M.

**C**on gran estruendo y
   
 estallido de llamas
   
 los cohetes de la nave se
   
 encienden y surcan el
   
 cielo hacia el infinito y
   
 más allá...

Corría la década de los años cincuenta
   
 del siglo XX cuando las dos grandes
   
 potencias de ese tiempo, Estados
   
 Unidos de América y la Unión de
   
 Repúblicas Soviéticas Socialistas se
   
 disputaban la supremacía científica y
   
 tecnológica para alcanzar la conquista
   
 del espacio.

La guerra fría que imperaba en ese
   
 entonces comprometía a las dos
   
 naciones a ganar esa carrera porque se
   
 tenía la idea de que quien conquistara
   
 primero el espacio dominaría al
   
 mundo.

El primer gran paso lo dieron los
   
 soviéticos al colocar en órbita al
   
 Sputnik I, el primer satélite artificial
   
 que emitió su señal a todo el planeta.
   
 También fue ruso el primer
   
 cosmonauta que vio la tierra desde el
   
 espacio. Su nombre: Yuri Gagarin;

Pero el primer alunizaje de la historia
   
 fue realizado por los estadounidenses
   
 el 20 de julio de 1969, doce años
   
 después de que el Sputnik I fuera
   
 puesto en órbita.

Cuando Neil Armstrong descendió del
   
 Apolo XI y colocó un pie en el suelo
   
 lunar expresó: "es un pequeño paso
   
 para un hombre pero un salto
   
 gigantesco para la humanidad".

Y no mintió porque la carrera espacial
   
 requirió de grandes avances científicos
   
 y tecnológicos en todas las áreas del
   
 conocimiento, muchos de las cuales
   
 hubiesen sido inimaginables de no
   
 haber acontecido la segunda guerra
   
 mundial y la posterior guerra fría entre
   
 el bloque comunista y el capitalista.

El primer reto al que se enfrentó la
   
 ciencia y en particular la astronáutica,
   
 fue el de vencer la fuerza de atracción
   
 gravitacional, todo ello requirió del
   
 entendimiento de las leyes de la física
   
 y de numerosos cálculos matemáticos.
   
 Sin embargo no fue el único reto.
   
 Viajar al espacio interestelar implicó la
   
 síntesis de nuevos materiales con la
   
 capacidad de soportar las condiciones
   
 imperantes en la atmósfera lunar, ya
   
 que los tripulantes de la nave se
   
 someterían a factores ambientales
   
 extremos.

Por fin a mediados del siglo XX se lograron reunir los conocimientos y los medios necesarios para construir aeronaves con las condiciones adecuadas para viajar al espacio. De las investigaciones científicas y tecnológicas en misilística del alemán Hermann Oberth, surgen los primeros cohetes volantes V-2 que después de la Segunda Guerra Mundial, se utilizan para lanzar las primeras aeronaves.

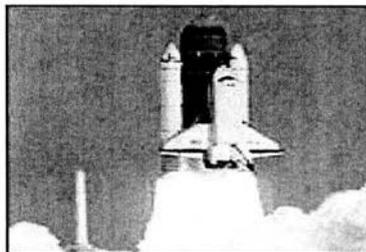
Posteriormente en 1930, el físico matemático Konstantin E. Tsiolkovsky realiza el diseño de un modelo de cohetes de combustible líquido que tiene el mismo fin (impulsar las aeronaves al espacio) y hace los cálculos para lanzar un satélite en órbita terrestre.

### **¿Mientras tanto, qué hacían los químicos?**

Por su parte, los químicos habían iniciado ya el desarrollo de nuevos materiales que pretendían igualar a los sintetizados por la naturaleza. John Wesley Hyatt y Hilaire de Chardonnet comercializaban el celuloide o nitrato de celulosa desde 1887 y en 1909 Leo Baekeland desarrolla lo que sería el primer plástico sintético, la baquelita.

En un inicio los primeros "descubridores" de los polímeros transformaban los materiales naturales al azar, pero cuando su estructura y propiedades fueron develadas, esto fue por Hermann Staudinger en 1920, la creación de nuevos materiales tuvo un gran auge. El poliuretano espumado o hule espuma es utilizado también como

Podría decirse que la década de 1930 es la época de esplendor en el desarrollo de nuevos polímeros sintéticos, con la llegada del policloruro de vinilo (PVC), el poliuretano, el politetrafluoroetileno (Teflón), el nylon y el poliestireno, se inicia una revolución en la industria de aislamientos, embalajes, revestimientos y textiles. Todo ello contribuyó a la selección de estos materiales poliméricos en el diseño y confección de las aeronaves.



En una nave espacial el 25% de los materiales interiores está constituido por poliuretano en sus diversas presentaciones, porque el poliuretano es un polímero compacto y espumado que puede ser flexible, semiflexible, semirígido y rígido.

Éste forma parte de los asientos acojinados de los cosmonautas porque brinda confort así como de las paredes que recubren la astronave, debido a que sus características físicas permiten el aislamiento acústico y térmico de la nave, amortiguando el esfuerzo de encendido y funcionamiento de los cohetes.

materiales para empacar el equipo delicado que se transporta en

el interior de la cápsula y para evitar vibraciones de todo tipo dentro de ella .

En las estaciones orbitales los plásticos son muy utilizados, inclusive forman parte del equipo y vestimenta de los cosmonautas cuando éstos salen de las estaciones o descienden a la superficie lunar.

Los Poliuretanos permitieron la era espacial, gracias a sus propiedades físicas entre las que destacan:

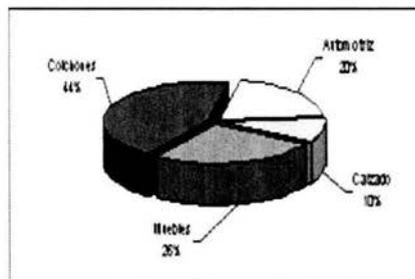
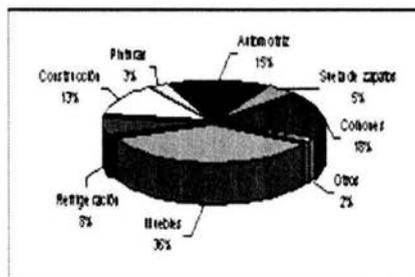
- Elevado poder aislante ya que se pueden utilizar en un elevado margen de temperaturas
- Densidad reducida, es decir son materiales ligeros
- Pueden transformarse de una manera simple y económica
- Resistentes al envejecimiento
- Estabilidad química y biológica
- Pueden moldearse o aplicarse como recubrimiento ya que se adhieren a la mayoría de las superficies.

Actualmente en el hangar de la NASA localizado en Houston Texas, se construye lo que será una residencia para astronautas. El módulo llamado Transhab mide 11.2m de alto y 7.6m de diámetro y será la habitación privada de los astronautas durante el viaje de seis meses que realizarán a Marte. Esta aeronave ha sido fabricada con capas alternantes de fibra de cerámica y espuma de poliuretano, con mylar reflejante en el exterior y kevlar a prueba de balas en

el interior. Todos ellos materiales poliméricos con diversas propiedades y características físicas que hacen del módulo un emparedado tecnológico de 30 cm de grosor, el cual protegerá a sus tripulantes de micro meteoritos, mucho mejor que el metal con el que antes se construían.

Pero el poliuretano también es utilizado como combustible plástico en los cohetes de propulsión química porque se combina con el perclorato de amonio que funciona como oxidante y los dos hacen una mezcla muy reactiva que impulsa las naves hacia el exterior.

Aplicaciones del poliuretano:



## **POLÍMERO VERSÁTIL... SEXY Y SEGURO**

Las propiedades de los poliuretanos pueden modificarse de acuerdo a las necesidades que se presentan, de tal suerte que pueden obtenerse diferentes formas de espuma con la densidad deseada. Esta es una de las razones por la que este polímero tiene aplicaciones tan variadas.

Como espuma se le puede encontrar en la fabricación de colchones, muebles, zapatos, vestidos, colchas, empaques y como aislante de sonido en estudios de grabación, en la fabricación de equipos ortopédicos de rehabilitación, en la industria automotriz, en accesorios para bebé, en alfombras y todo tipo de acojinamiento.

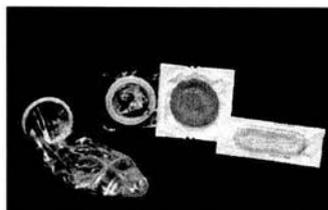
Se dice que la espuma de poliuretano está contribuyendo a resolver los problemas de vivienda en Sudáfrica porque las casas que se recubren con este material no permiten la entrada a los insectos además de aislarlas térmica y acústicamente.

Sin embargo el poliuretano también puede ser sexy y seguro cuando se trabaja como un material gomoso, ya que a partir de éste pueden fabricarse condones que superan en mucho a los de látex. Las pruebas realizadas a los condones de poliuretano indican que son el doble de fuertes que los condones

tradicionales, lo cual permite que sean más delgados y completamente transparentes. Se dice que 8 de cada 10 consumidores los prefieren porque permiten una mayor sensibilidad, porque no producen alergias y porque ofrecen una barrera eficaz contra enfermedades de transmisión sexual (aunque es mejor no arriesgarse).

Las botas para agua y lluvia, las suelas de los zapatos deportivos así como los trajes de baño y medias de licra, se elaboran también con poliuretano gomoso.

Aunque hoy en día son muchas las aplicaciones que se le dan al poliuretano, la historia narra que su descubrimiento más que expectación ocasionó las burlas de la comunidad científica de aquella época.



## UN ERROR AFORTUNADO

La historia cuenta que la espuma de poliuretano es el resultado de "un experimento fallido" que Otto Bayer realizó en 1941. Él quería fabricar una fibra sintética similar al Nylon, que recientemente había sido descubierta en Estados Unidos. Teniendo esto en mente, Otto Bayer comenzó su síntesis utilizando como reactivos isocianato y alcoholes pues ya sabía que éstos reaccionan para formar uretanos. Como resultado de sus experimentos, obtuvo una masa elástica a base de poliéster y diisocianatos, la cual presentaba tantas burbujas que fue devuelta por el Departamento de Control de Calidad con el siguiente comentario: "Utilizables, cuando mucho, para la fabricación de queso gruyere". Tal burla no desanimó a Otto ni a su equipo, que pronto indagarían la causa de dicha formación de burbujas.

Al parecer, un exceso de diisocianato en presencia de agua, da lugar a la formación de  $\text{CO}_2$ . Una vez que conocieron la causa de la formación de la espuma, procedieron a generarla intencionalmente mediante la adición de pequeñas cantidades de agua y así desarrollaron la tecnología del "poliuretano espumado" que data de 1947.

Así que, las características que hoy en día son atributos de la espuma de poliuretano, un día fueron defectos de fabricación y es que las innovaciones científicas y tecnológicas no siempre son el resultado de una metodología

rigurosa e infalible. En la historia de la ciencia hay bastantes ejemplos de desarrollos tecnocientíficos que se alcanzaron de manera similar. Ésta es una de las razones que llevaron al científico francés Louis Pasteur a expresar lo siguiente: "La casualidad favorece a las mentes entrenadas"

En la actualidad los químicos sintetizan el poliuretano, haciendo reaccionar moléculas de alcoholes con otras que contienen grupos de isocianato. Al interaccionar las moléculas, forman un fuerte enlace químico que las une y se desprende calor.

Cuando en la mezcla de reacción se encuentra presente un líquido (agua), se formarán burbujas de gas en el plástico y lo expandirán mientras se da la polimerización, parecido a lo que le sucede a un pastel en el horno.

Según las sustancias químicas que se utilicen y el número de burbujas que se formen, el producto final será una espuma flexible, ideal para muebles o una espuma rígida, adecuada para refrigeradores y aislamiento de paredes. Las espumas de poliuretano pueden ser tan ligeras debido a que pueden contener gas hasta en un 95%.

En México es común utilizar una combinación de polioles, diisocianatos, agua, catalizadores, estabilizadores, espumantes y colorantes en la fabricación del hule espuma.



## ¿QUÉ ONDA CON EL RECICLAJE?

En el transcurso del siglo XX la Ciencia de Polímeros se ha desarrollado de tal manera que se han obtenido materiales extraordinarios, sin embargo el desarrollo tecnológico muchas veces trae consecuencias para el medio ambiente. A diferencia de los polímeros naturales, los polímeros sintéticos (en su gran mayoría) no son biodegradables o su degradación por la acción del tiempo y de los microorganismos es demasiado lenta. Se calcula que una bolsa de plástico puede tardar unos 240 años en alterarse, mientras que el tiempo para los pañales desechables y las toallas sanitarias (que no se reciclan) puede ser de 300 años. Para los vasos de unicel se calcula un tiempo de degradación cercano a los 500 años.

De todos los residuos plásticos, el 10% se incinera y puede ser útil en alguna planta de incineración que se encargue de recuperar la energía. Aunque se presenta el inconveniente de una posible emisión de gases tóxicos al medio ambiente.

El procedimiento menos riesgoso es el reciclado, pero esta opción solo se aplica al 1% de los residuos plásticos, frente al 20% del papel o 30% del aluminio. Entre los polímeros reciclables se encuentran: PET (Politereftalato / código 1), PEAD (Polietileno de alta densidad/ código 2), PVC (poli cloruro de vinilo/

código 3), PEBD (Polietileno de baja densidad/ código 4), PP (polipropileno/código 5), PS (Poliestireno/código 6).

En la separación y reciclado de plásticos se aprovechan las distintas propiedades que poseen los polímeros como por ejemplo la densidad o la solubilidad en disolventes orgánicos. Los plásticos termo fijos que no se reblandecen con el calor, se reducen a polvo y son utilizados como material de relleno en construcción. Los materiales termoplásticos pueden fundirse y volverse a moldear para obtener otros objetos.

Por lo que se refiere al poliuretano este se "recicla" de varias formas

- Aglomerado y prensado: En este proceso se tritura y pulveriza la espuma, se trata con un aglomerante y se prensa bajo la acción de presión y calor para formar paneles de alta calidad.
- recuperación de espuma triturada: la espuma rígida se pulveriza y se añade a uno de los componentes de las materias primas para la fabricación de nuevos materiales de poliuretano. A este polvo también se le utiliza comercialmente como agente aglutinante de aceite.
- Glicólisis: La glicólisis es la licuefacción del poliuretano por la acción de glicoles. Los polioles así obtenidos pueden sustituir parcialmente a los polioles originales.

- Recuperación de energía por incineración: La espuma de poliuretano puede ser incinerada y utilizada como combustible alternativo, en fábricas de cemento o como agentes reductores para el mineral de hierro en los altos hornos.

Por otro lado, los investigadores están desarrollando un tipo de polímeros denominados: biodegradables, como una alternativa viable a este problema de contaminación. Como ejemplos se tiene a los polihidroxialcanoatos (PHA) y a los poli lactatos (PLA). Se ha encontrado que los biopolímeros presentan varias ventajas respecto a los materiales tradicionales, entre las cuales se encuentra su impacto ambiental frente a los polímeros petroquímicos, el bajo consumo energético involucrado en su producción, su status de recurso renovable, su potencial para añadir valor agregado a subproductos de otras industrias y su biodegradabilidad. Sus aplicaciones en la vida práctica son numerosas y variadas, empleándose como materiales médicos, empaques, aditivos para alimentos, plásticos industriales, así como para el tratamiento de aguas, entre muchos otros.

1. ¿Por qué es importante el conocimiento científico y tecnológico?
2. ¿Cómo influye la sociedad en los desarrollos científicos y tecnológicos?
3. ¿Qué requirió el hombre para llegar a la luna?
4. ¿Qué son y cómo son los científicos?
5. Después de conocer la historia de la síntesis del poliuretano, ¿cómo describirías la metodología de trabajo seguida por Otto Bayer?
6. ¿Qué crees que hubiese sucedido si Bayer y su equipo desechan sus resultados por considerarlos un experimento fallido?
7. ¿En qué se parece y en qué es diferente lo que hiciste con tu producto a lo que hizo Bayer y su equipo?
8. ¿Qué tienen los polímeros sintéticos que no pueden igualar los polímeros naturales?
9. ¿Por qué la producción mundial de polímeros continúa siendo tan grande a pesar de los problemas de contaminación ambiental?
10. ¿La ciencia podría plantear alternativas al respecto? ¿Cómo? ¿Cuáles?
11. ¿Qué medidas puedes tomar como consumidor, para remediar el problema de contaminación por polímeros?

## CUESTIONARIO GUÍA:

A continuación se propone una actividad experimental diseñada durante el curso Didáctica de la Química. Se recomienda que dicha actividad experimental se realice antes de efectuar la presente lectura.

### **ACTIVIDAD EXPERIMENTAL COMPLEMENTARIA**

#### **LA CURIOSIDAD NO SIEMPRE MATA AL GATO**

Esta actividad se pretende dirigir como una pequeña investigación en la que a partir de la síntesis "accidental" de un material, se proponga alguna manera efectiva para comercializarlo, con la respectiva investigación sobre propiedades y usos vinculada al análisis de la estructura química del material.

Tiempo aproximado de realización: 2 sesiones de 2 horas (incluyendo la lectura).

#### **OBJETIVO GENERAL**

Que el estudiante realice una reacción de polimerización por adición, que analice usos del poliuretano para intentar relacionarlos con su estructura y que reflexione en lo que implica colocar en el mercado un nuevo producto.

#### **✓ Actividad 1/SESIÓN 1**

*Escenario 1:* Casimiro visitaba la empresa donde trabaja su tío (fabrica plásticos) cuando, curioseando por el almacén se le ocurrió mezclar dos líquidos que estaban etiquetados como A y B. En unos cuantos minutos comenzó a aparecer algo que lo dejó perplejo, y antes que lo cacharan, salió corriendo de ahí. ¿Qué sería lo que vio? Te invitamos a descubrirlo.

#### **MATERIALES Y SUSTANCIAS:**

10 mL del líquido A  
10 mL del líquido B  
Hojas de papel periódico  
Navaja  
Lupa

**Un recipiente desechable (moldes para pastelillos, latas de refresco, vasos de unicel, conos para helados, etc.)**

2 cucharas de plástico (soperas)  
Varilla de vidrio

#### **⚠ CUIDADO**

Considera que las sustancias que ocuparás son tóxicas, así que evita el contacto con la piel y la inhalación directa. Utiliza el equipo de seguridad personal necesario.

En equipo, realiza lo siguiente:

1. Coloca hojas de papel periódico sobre el área en que vayas a trabajar, como protección en caso de derrames.
2. Coloca 2 cucharadas (aprox 10mL) del líquido A en un recipiente. Si lo deseas, puedes agregarle un poco de colorante para alimentos.
3. A continuación, agrega 2 cucharadas (aprox 10mL) del líquido B y revuelve bien la mezcla. Observa y registra en tu cuaderno qué cambios suceden.
4. Analiza su consistencia y registra tus observaciones.

De acuerdo a los resultados observados, responde lo siguiente:

¿Qué sucedió con las dos sustancias que agregaste en el recipiente?

¿A qué crees que se deban las características del producto obtenido?

## ■ DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Si hay sobrantes de los líquidos A y B, colocarlos en un frasco color ámbar debidamente etiquetado.

Reunir los residuos del producto obtenido en una bolsa para desecharlos en la basura.

✓ Actividad 2

*Escenario 2:* A diferencia de Casimiro, tú le encuentras grandes oportunidades de comercialización al material que obtuviste, y en lugar de echarte a correr, decides formar una pequeña empresa (aceptando el jugoso apoyo financiero que te ofrece el presidente Fox). ¿Qué datos necesitarías conocer para comercializar y colocar en el mercado tu producto? ¿Qué estrategia ocuparías para venderlo? Preguntas como las siguientes pueden orientarte:

¿Qué puedes decir respecto a las características de este material?

De acuerdo con la respuesta anterior, ¿Qué usos podrías darle a tu producto?

¿Qué diría la propaganda diseñada para venderlo?

¿Qué nombre le pondrías?

¿A quién se lo ofrecerías?

¿Qué ventajas puede tener tu producto respecto a otros similares?

¿Su consumo dañaría el medio ambiente?

**NOTA:** entregar un formato de respuesta, para la puesta en común de las propuestas grupales. Pedir que un integrante de cada equipo lea al resto del grupo su propuesta. Si no surge la pregunta de qué es lo que obtuvieron y a partir de qué, hacerlo notar y explicar en qué consiste la reacción de síntesis del poliuretano (escribir la ecuación química).

**TAREA:** Investigación acerca de qué es una espuma; estructura química, propiedades.

Coordinar una exposición de carteles para comunicar y discutir los resultados de esta actividad.

## ✓ SESIÓN 2

Como actividad de cierre, realizar la lectura del artículo: "La espuma que le permitió al hombre llegar a la luna" y responder cuestionario guía.

**Faltan páginas**

**Nº 80, 81, 82**

## 5.0 RESULTADOS Y SU ANÁLISIS

*“Es difícil decir cómo llegamos a las ideas de las que disponemos....¿ y si además quisiéramos explicar lo que sucede fuera de nosotros?” Georg C. Lichtenberg*

### 5.1 TEMAS DE INTERÉS DE LOS ALUMNOS DE CCH

Al iniciar el semestre se aplicó un primer cuestionario a los estudiantes para explorar sus gustos y necesidades, porque en él se les pregunta cuáles son los temas de interés para ellos, tanto de manera general como los relacionados con la química. La idea fue ir desarrollando la secuencia didáctica con temas atractivos para los estudiantes y haciendo alusión a la interrelación Ciencia-Tecnología-Sociedad. Por otro lado, también se les pide que opinen acerca de las características que debe cubrir un material didáctico de química para que sea de su agrado, ya que desde un inicio se tuvo en mente desarrollar lecturas de apoyo como parte de las secuencias de enseñanza-aprendizaje.

Este cuestionario se aplicó a 50 estudiantes de los grupos 508 y 528 sin embargo es importante señalar que en el CCH los grupos de 5º y 6º semestre se conforman con alumnos provenientes de los 36 grupos de los primeros semestres.

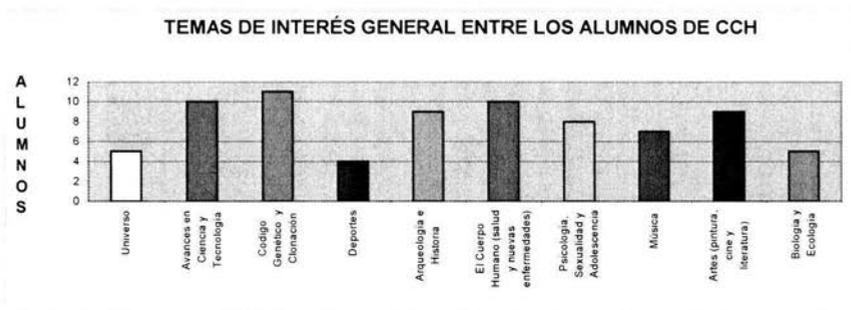
El tratamiento que se da a los resultados es cualitativo, no se realizó ningún cálculo estadístico para no desviar la atención del objetivo principal, que es mostrar los temas de interés para los alumnos, así como sus ideas alternativas como un antecedente para estructurar las secuencias de enseñanza aprendizaje. Las gráficas únicamente muestran los temas más solicitados por los estudiantes, después de leer cada uno de los cuestionarios y agrupar por temas las preferencias de los alumnos.

Nota: los cuestionarios aplicados se encuentran en el apéndice.

Al graficar los resultados del primer cuestionario, el cual consta de 3 preguntas abiertas referidas a indagar los temas de interés de los alumnos, se observa que los estudiantes de 5º semestre del CCH Sur, seleccionan temas de actualidad como lo son *el "código genético y la clonación"*, así como aquellos relacionados con los *"avances científicos y tecnológicos"*. También manifiestan interés por conocer más acerca de las *"enfermedades que afectan a la sociedad"* y *"los cuidados necesarios para mantener la salud y bienestar de su cuerpo"*. Los estudiantes hacen referencia a la etapa que están viviendo, porque solicitan hablar sobre *"psicología, sexualidad y adolescencia"*, *"música"* y *"deportes"*.

Otro de los tópicos solicitados, es hablar sobre los *"enigmas del universo"* sobre la *"historia y arqueología"* de nuestro país (ver gráfica 1).

Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de contar con una alfabetización científica y tecnológica que nos permita tener acceso al conocimiento que día con día sorprende a la sociedad. Por otro lado, la gráfica muestra que los avances científicos y tecnológicos realmente atraen la atención de los estudiantes. Lo importante es que los profesores de ciencias aprendamos a mantener vivo ese interés por la ciencia y la tecnología.

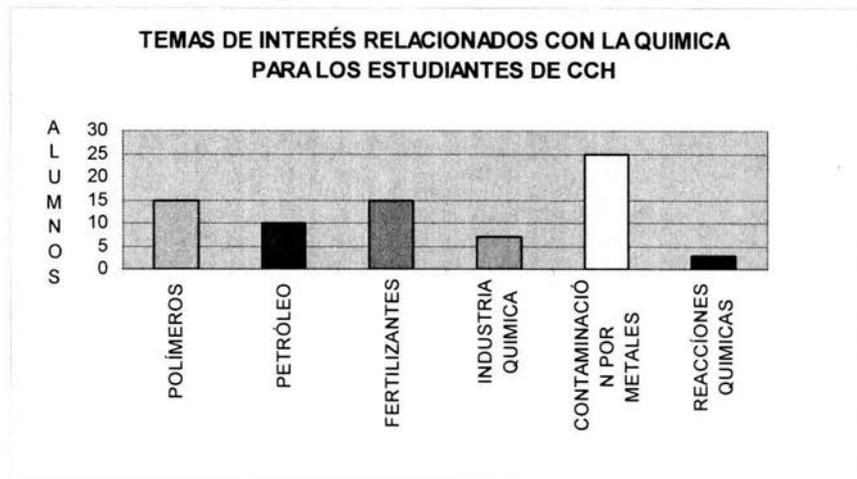


Gráfica 1

En cuanto a los temas relacionados con los programas de química los estudiantes se sienten atraídos por "*La contaminación por metales pesados*" y "*Los fertilizantes y su impacto ambiental*" no obstante que cuando se les interrogó sobre los temas de interés general, ninguno habló sobre "*contaminación ambiental*"; tal vez porque con frecuencia los medios de comunicación tocan este tema pero con poca o nula referencia a los metales (tan estudiados en la escuela) y a los fertilizantes. De ahí que los estudiantes seleccionen estos tópicos en específico.

La gráfica también indica que los estudiantes desean conocer más sobre los polímeros y su importancia en la vida cotidiana, así como de la industria petroquímica y la industria química.

Un hecho curioso, fue que dentro de los temas enlistados por los estudiantes, apareciera el de "*reacción química*" (enfaticando la representación de ecuaciones y el balanceo), debido a que no se menciona directamente en los tópicos presentados en el cuestionario, sin embargo no se debe olvidar que a los estudiantes, se les formuló la pregunta de esta manera: ¿cuáles son los temas en los que requieres material de apoyo o simplemente deseas contar con una mayor información? En cierta forma las respuestas de algunos jóvenes manifiestan sus carencias y aunque ciertamente "*La reacción química*" no es el título que engloba los contenidos de los programas de química, si es uno de los ejes fundamentales que conducen al entendimiento de la química como ciencia (ver gráfica 2).



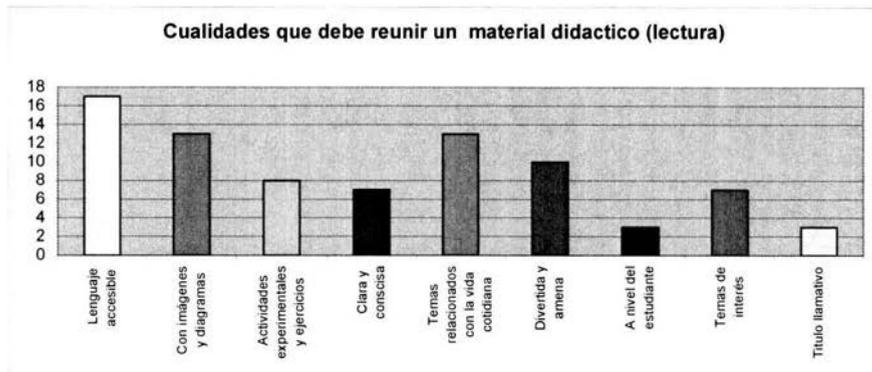
Gráfica 2

## 5.2 CUALIDADES IMPORTANTES DE UN MATERIAL DIDÁCTICO

Respecto a las cualidades que debe reunir un material didáctico, como lo es una lectura de apoyo a los temas del programa de química, los estudiantes opinan que lo primordial es que se escriba en un lenguaje accesible (sencillo, cotidiano). Esto habla de la necesidad de introducir el lenguaje social de la ciencia escolar en el lenguaje cotidiano de los estudiantes (Leach y Scott, 2002). Los alumnos también solicitan que el tema a tratar se relacione con experiencias de la vida diaria, aspecto fuertemente argumentado por la reforma educativa CTS, que los materiales didácticos contengan imágenes, diagramas, actividades experimentales y/o ejercicios y sobre todo que se adapten al nivel cognitivo del estudiante para que puedan ser comprendidos (ver gráfica 3).

Cabe aclarar que las expresiones emitidas por los estudiantes no fueron sugeridas mediante enunciados ni por selección de opciones, ya que los cuestionarios aplicados eran de pregunta abierta por lo tanto la opiniones emitidas son

espontáneas, es decir realmente reflejan el sentir y pensar de los estudiantes en cuanto a este punto.



Gráfica 3

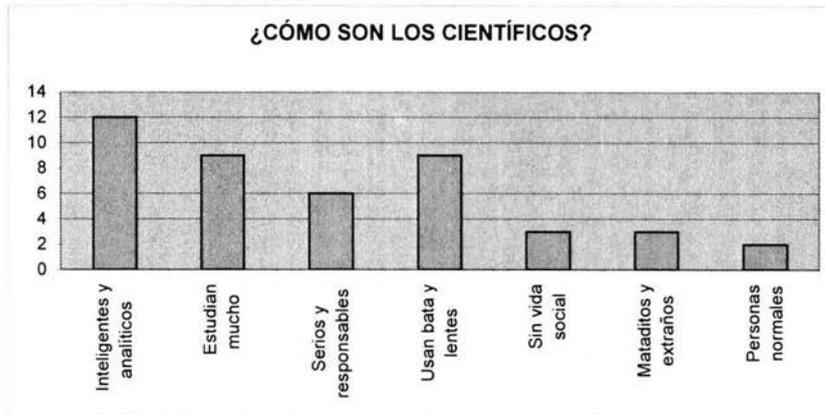
### 5.3 CONCEPCIONES SOBRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Una parte importante para el desarrollo de las secuencias didácticas en la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad, fue la indagación de las "concepciones alternativas" sobre la ciencia, la tecnología y el trabajo científico. Para este fin se aplicó un cuestionario abierto en el que los chicos tenían la posibilidad de dibujar, describir o ejemplificar a los científicos y el trabajo que éstos realizan. En esta misma prueba también se les pide que proporcionen una definición de ciencia y tecnología así como sus puntos de vista sobre la influencia que la sociedad ejerce sobre los desarrollos científicos y tecnológicos y viceversa, es decir, la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Como se verá más adelante las representaciones de ciencia, tecnología y científico que se dejan entre ver en el discurso de los estudiantes mexicanos coinciden fuertemente con algunas otras investigaciones que se han venido realizando entorno a este tema en otros países, como España y Argentina.

Nuevamente, los resultados que se presentan son consecuencia de un análisis cualitativo e ideográfico, lo que las gráficas muestran son las ideas que con más frecuencia expresan los alumnos respecto al concepto de ciencia, tecnología y el trabajo científico. Las respuestas de los estudiantes son analizadas y comentadas de manera individual con la intención de obtener patrones generales que puedan compararse con estudios similares realizados en otras partes del mundo.

En esta ocasión el cuestionario se aplicó a 65 estudiantes de los grupos 508, 528 y 518 (recursamiento). Aunque reiterativo, es importante aclarar que los cursos de 5º y 6º semestre se integran con alumnos provenientes de diferentes grupos debido a que el CCH, tiene por costumbre rotar a los estudiantes cada año escolar para conformar nuevos grupos, por lo que, los estudiantes que integran la clase de 5º y 6º semestre han cursado sus asignaturas de química, física y biología con diferentes profesores de ciencias experimentales. Es decir, a pesar de que el cuestionario se aplicó en tres grupos diferentes, en realidad los estudiantes representan a una variedad más amplia, por lo que pudiesen tener representaciones distintas que adquirieron durante la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales.

A continuación se presentan algunas gráficas que ilustran las ideas principales que los estudiantes manejan respecto a los científicos. Para facilitar su representación en gráficas, las respuestas de los alumnos se agruparon de acuerdo a la pregunta que responden (ver gráficas 4, 5 y 6) y se han incorporado algunas de las citas textuales expresadas por los alumnos:



Gráfica 4

*"Los científicos son estudiosos e intelectuales, pasan muchas horas en sus laboratorios"*

*"Son mataditos y raros"*

*"Los científicos son muy inteligentes siguen el estereotipo del NERD...y trabajan para el bienestar de todos"*

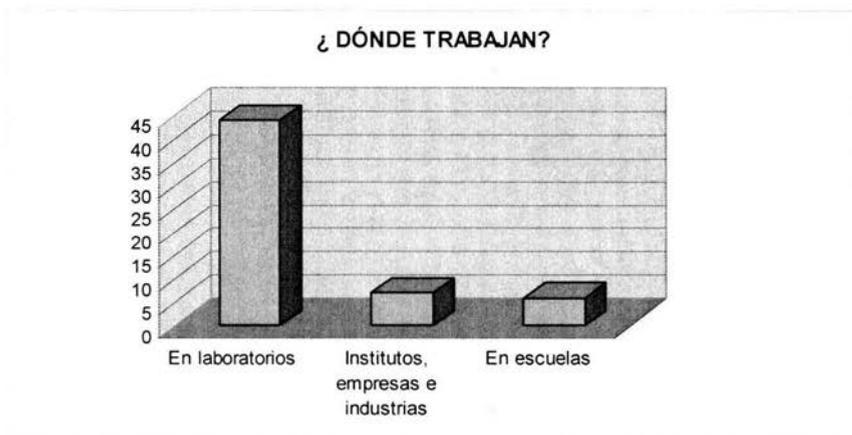
*"Es gente que sabe mucho y que tuvo que estudiar mucho, como que es muy amargada y no tiene vida social"*



Gráfica 5

*"Los científicos son personas que utilizan métodos y realizan experimentos para comprobar alguna cuestión y saciar inquietudes, son inteligentes, deductivos, analíticos..."*

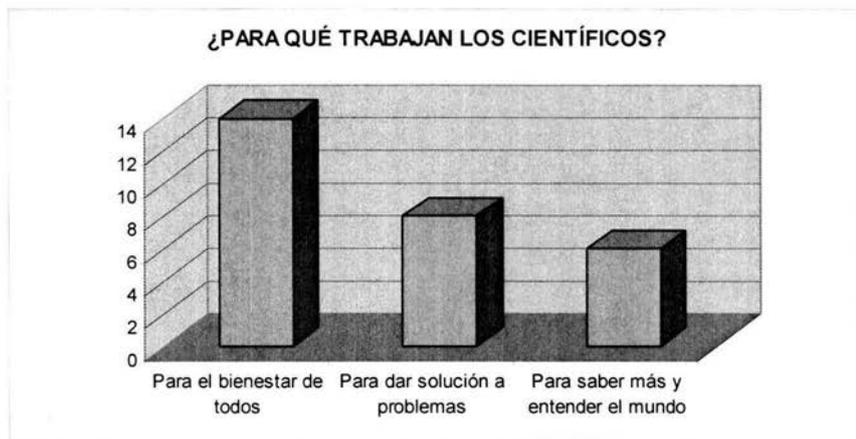
*"Los científicos son gente (desde mi punto de vista) algo extraña se ocupan de investigar todo lo relacionado con áreas experimentales..."*



Gráfica 6

*"Los científicos son tipos muy serios que se enfocan a su trabajo...trabajan en laboratorios"*

*"Los científicos se la pasan leyendo libros, algunos imparten clase otros trabajan en centros de investigación ...."*



Gráfica 7

*"Los científicos son personas normales que no necesariamente se pasan todo el tiempo encerradas en su laboratorio y creo que trabajan para el beneficio de todos"*

De manera general, en las ideas expuestas por los alumnos se observa que éstos catalogan a los científicos con base a cuatro características: su preparación, su personalidad, su trabajo y su ética. Para ellos el científico es una persona que ha estudiado mucho, es inteligente, seria y con poca vida social. La mayoría manifiesta que los científicos trabajan en laboratorios, experimentando o siguiendo algún método (el método científico), para ellos el científico es desinteresado, trabaja no para satisfacer sus propios intereses sino para el beneficio de todos. Muy pocos estudiantes reconocen la parte humana de los científicos (sus ambiciones, errores, ganas de vivir y divertirse).

Al comparar estas respuestas con las que expresan los jóvenes argentinos en un estudio similar (Mengascini, Menegaz, Muriello y Petrucci, 2004), se observa que

las representaciones que poseen respecto al científico y su trabajo son muy parecidas. Para ambos grupos de estudiantes el estereotipo de un científico es el clásico "nerd" que vislumbran en las películas de Hollywood o el típico científico loco que se la pasa horas encerrado en su laboratorio, trabajando solo. Sin embargo lo importante de estos estudios es deducir cuál es el origen de estas representaciones erróneas o irreales de la ciencia y los científicos para poder combatirlos. Algunos investigadores (Vilches y Furió, 1999, Acevedo, 2005) consideran que la enseñanza tradicional de la ciencia ha contribuido grandemente en transmitir una imagen deformada de la misma. Por otro lado se encuentran los autores que dicen que varias de las concepciones alternativas que poseen los estudiantes en diversos temas, provienen de los medios de comunicación con los que día a día debemos competir los docentes (Gervilla, 1993). En México, por ejemplo, algunos anuncios publicitarios utilizan la imagen de una persona con bata, lentes y situada en un laboratorio, para decir que cierto producto ha sido "científicamente probado" a pesar de que muchas veces el producto que anuncian no tiene relación alguna con ello.

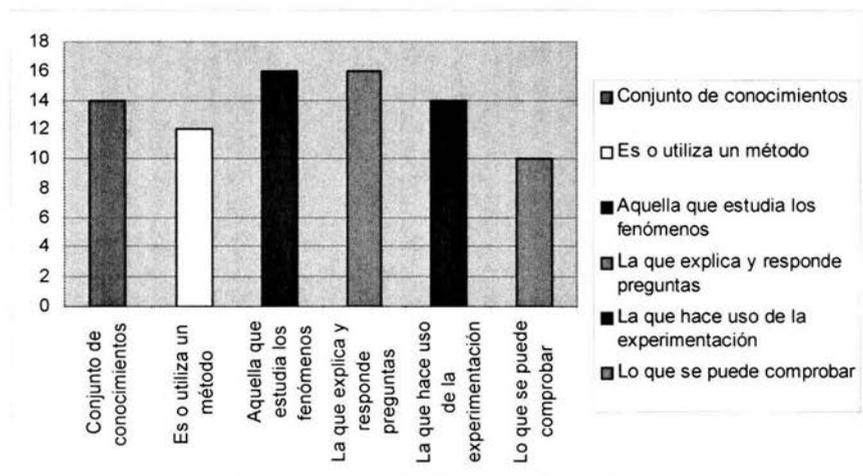
Tanto los jóvenes argentinos como los jóvenes mexicanos consideran que los científicos son los que "buscan", los que "investigan" y "siguen algún método". En cuanto a la condición moral de la ciencia y el científico los estudiantes manifiestan que los científicos "trabajan para el beneficio de la sociedad", "para saber más y entender el mundo. No reconocen ambiciones e intereses personales en los científicos y en la ciencia como sistema, reflejando una imagen neutral de la misma.

Por otro lado el concepto de sociedad que conciben es el de una sociedad homogénea y no de clases, es decir se tiene la idea de que los avances científicos y tecnológicos beneficiaran a países desarrollados y subdesarrollados, a pobres y a ricos, pero... ¿quienes realmente podrán tener acceso a los beneficios que brindan los desarrollos científicos y tecnológicos en comunicaciones, transporte, medicina y biotecnología? o ¿quién puede asegurarnos que los avances en genética no serán

utilizados para promover la discriminación sexual, racial y genética? No olvidemos que el nazismo encontró justificación en la teoría de la evolución por selección natural propuesta por Darwin. Todos estos cuestionamientos son aspectos que no se contemplan en la enseñanza de la ciencia.

### ¿Qué es la ciencia?

Como vemos en la gráfica 8 existe una multitud de opiniones respecto a la naturaleza de la ciencia entre los estudiantes. A continuación de la gráfica hemos incorporado nuevamente algunas citas textuales de los estudiantes.



Gráfica 8

*"La ciencia se encamina a buscar la verdad de las cosas"*

*"La ciencia es un método en donde todo está comprobado"*

*"conjunto de conocimientos que se basa en la observación y experimentación para explicar un hecho"*

*"todo lo que tiene que ver con fenómenos naturales y experimentación"*

*"la ciencia es una actividad que requiere mucha atención ...es divertida e interesante"*

En el discurso de los estudiantes la ciencia es definida como "aquella que estudia los fenómenos naturales (físicos, químicos y biológicos)", "haciendo uso de un método experimental". Otra gran mayoría la definen como un "conjunto de conocimientos" que "pueden ser verificables", sólo un estudiante del total, concibe a la ciencia como "una actividad divertida e interesante". Los alumnos también hacen referencia a la "capacidad que tiene la ciencia para explicar y responder preguntas". Si se comparan nuevamente las opiniones de los estudiantes mexicanos de bachillerato con las opiniones vertidas por los jóvenes universitarios argentinos, se observa una notable concordancia ya que en ambos grupos aparece la representación de ciencia como "un conjunto de conocimientos", obtenidos a través de un "método experimental". Los dos hacen referencia a la capacidad que tiene la ciencia para responder preguntas y a la validación de ese conocimiento por medio de su comprobación o contrastación con la realidad. Desafortunadamente la imagen que los estudiantes se han formado sobre la ciencia y los científicos, no es lo suficientemente atractiva como para inducirlos a seleccionar alguna carrera científica, e incluso (como ya se mencionó anteriormente) en los últimos años se ha registrado un decremento en la matrícula de los cursos de ciencias experimentales. Todas estas son algunas de las razones que han obligado a replantear la enseñanza de la ciencia en la escuela.

### **¿y la tecnología?**

Vemos en la gráfica 9 que domina la concepción de que ciencia y tecnología están ligadas secuencialmente, lo cual es una idea previa muy generalizada entre la juventud (Fernández *et al.*, 2005). A continuación de la gráfica hemos incorporado citas textuales de los estudiantes.



*Gráfica 9*

*"La tecnología es el avance y crecimiento de la ciencia"*

*"La tecnología es el desarrollo de artefactos que son utilizados por el hombre"*

*"Es el avance de la ciencia que beneficia a la sociedad con nuevos equipos"*

*"La tecnología depende de la ciencia y le facilita la vida al hombre"*

*"Todo objeto material que el hombre crea para satisfacer sus necesidades"*

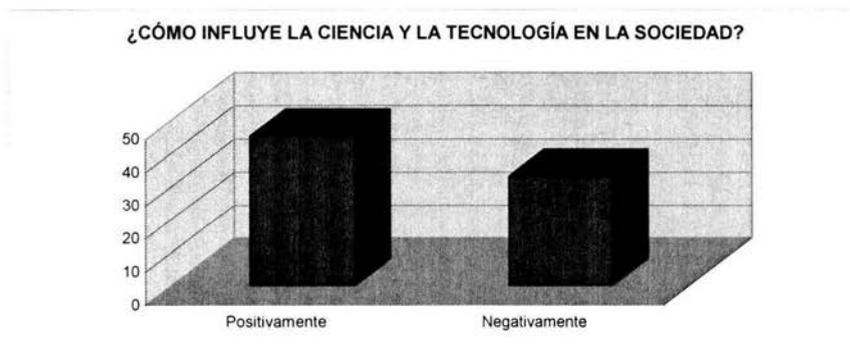
En cada una de estas aseveraciones los estudiantes de 5º semestre del Colegio de Ciencias y Humanidades exponen cuatro de las definiciones que más han aparecido en los estudios realizados sobre este tema (Acevedo, Vázquez, Manassero, 2003 y 2005).

La representación de tecnología como ciencia aplicada proviene de una enseñanza tradicional y positivista de la ciencia, en la cual se sobrevalora el conocimiento teórico sobre el práctico. Esta es una visión lineal que no alcanza a explicar las complejas interrelaciones entre la ciencia y la tecnología de hoy en día. Por otro lado, la idea que poseen los alumnos de tecnología como desarrollo de artefactos y máquinas, es una visión instrumental o artefactual de la tecnología que tuvo su origen en la ingeniería (Quintanilla, 1998). Sin embargo a pesar de ser una definición ampliamente aceptada por el público, no engloba los aspectos

económicos, políticos y sociales que se ven involucrados en cada desarrollo tecnológico.

Dentro del discurso de los alumnos, sobresale la notoria influencia que ha ejercido la tecnología en la sociedad, ya que los estudiantes hacen referencia a la tecnología como “los avances que mejoran la calidad de vida”, característica que no se menciona en la definición de ciencia. Esto corrobora lo que algunos autores vienen diciendo (Acevedo, 1997): “La mayoría de las personas viven hoy en día más en el marco de una cultura tecnológica que en el de una cultura científica” por tal motivo no debe dejarse de lado a la tecnología en la enseñanza de la ciencia escolar.

Cuando a los estudiantes se les cuestiona sobre el tipo de influencia que la ciencia y la tecnología ejercen en la sociedad, la gran mayoría reconoce aspectos positivos y negativos en torno a los desarrollos tecnocientíficos (ver gráficas 10, 11 y 12).



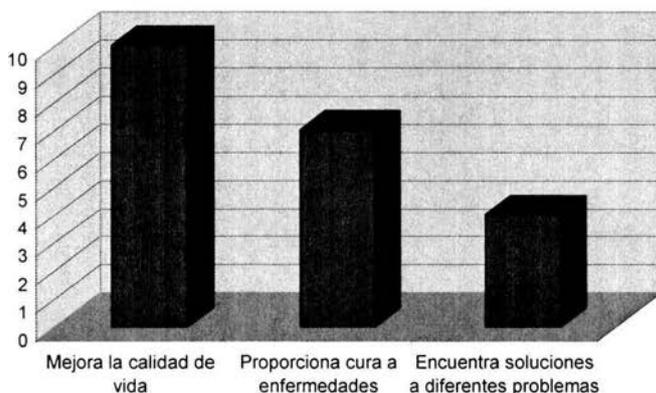
Gráfica 10

Entre los aspectos positivos, se menciona una mejora en la calidad de vida, cuestión que ya se había explicitado para la tecnología.

La solución de problemas que aquejan a la humanidad, así como la cura a las enfermedades de este siglo son otras de las respuestas que los estudiantes tienen presente como una influencia positiva de la ciencia y la tecnología.

En contraste, la contaminación al medio ambiente y el desarrollo de instrumentos bélicos son dos de las ideas que con más frecuencia citan los jóvenes estudiantes para señalar los efectos negativos de la tecnociencia en la sociedad. La idea de que la tecnología ha dado lugar a que la gente sea cada vez más floja e inútil, es una idea menos extendida pero importante, cuando se desea insertar la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad dentro del currículo escolar, porque algunos educadores consideran que la imagen pública negativa de la ciencia y la tecnología es uno de los factores externos que contribuyen a que los estudiantes muestren desinterés por la ciencia (Dunbar, 1999 citado en Solbes, Vilches y Gil, 2001).

#### ASPECTOS POSITIVOS DE LA INFLUENCIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LA SOCIEDAD



Gráfica 11



Grafica 12

Respecto a la influencia que la sociedad ejerce sobre los desarrollos científicos y tecnológicos, los estudiantes de bachillerato reconocen que los desarrollos tecnocientíficos responden, en gran parte, a las necesidades y demandas de la sociedad. Incluso algunos de ellos hacen referencia a los aspectos religiosos, éticos y culturales que frenan o cuestionan los desarrollos tecnocientíficos.

A continuación se presentan algunas de las opiniones textuales que los estudiantes dieron a este cuestionamiento:

“La sociedad sí influye en los desarrollos científicos y tecnológicos porque dependiendo de las necesidades se van creando nuevas cosas”.

“La sociedad sí influye en los desarrollos tecnocientíficos, ya que algunas ideas religiosas muy arraigadas en la sociedad mexicana, condenan prácticas que pueden mejorar el nivel de vida” (píldora anticonceptiva).

“Sí porque muchas veces echando mano de la ética se oponen al desarrollo o investigación de medicamentos o cura de algunas enfermedades” (clonación).

Se podría decir que en las respuestas de los estudiantes se ve reflejada una cierta concientización de la influencia que ejerce la sociedad en los desarrollos científicos y tecnológicos lo cual es un aspecto muy importante para motivar la participación ciudadana.

#### **5.4 LA PUESTA EN PRÁCTICA DE LAS SECUENCIAS**

Las dos secuencias didácticas se estructuraron para atender varios aspectos de la enseñanza de la ciencia:

- a) El aprendizaje de contenidos científicos, que para este caso en particular se centró en los temas de contaminación por metales pesados y la producción de polímeros.
- b) La adquisición de conocimientos relacionados con ciencia y tecnología para la comprensión personal y social de una cultura científica.
- c) El desarrollo de valores y actitudes acerca de las interacciones ciencia-tecnología y sociedad, para motivar una participación ciudadana en la solución de problemas sociales.

Evaluar todos estos aspectos resulta complejo, sin embargo se integraron varios instrumentos de evaluación como cuestionarios y observaciones video grabadas de los socio-dramas, de las actividades experimentales realizadas y de la discusión de los cuestionarios guía, a fin de mostrar las ventajas de la aplicación de las secuencias didácticas en la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza escolar.

En primer término se estableció una comparación entre los cuestionarios aplicados antes y después de poner en práctica cada secuencia didáctica, cabe recordar que los cuestionarios además de incluir preguntas relacionadas con la ciencia, la tecnología y el trabajo científico, también incluyeron cuestionamientos referidos a los contenidos temáticos de la secuencia. Estos Cuestionarios se aplicaron dos meses antes de introducir la secuencia.

Al contrastar las preguntas que hacen alusión a los contenidos, se advierte una notoria diferencia en cuanto al conocimiento del tema. Por ejemplo, para la secuencia **contaminación por metales pesados, una llamada de alerta**, los cuestionarios aplicados antes, señalan que únicamente el 12% de los estudiantes relacionan a los metales pesados con problemas de contaminación y salud pública, la gran mayoría se preocupa por métodos de obtención, producción, rendimientos, reacciones químicas y usos de dichos metales cuando se les cuestiona sobre *¿Qué es lo mínimo que debe saber un ciudadano informado sobre los metales pesados?* Otra gran mayoría no da respuesta a esta pregunta.

Después de trabajar con ellos la secuencia didáctica alrededor del 70% de los estudiantes tienen claro que los metales pesados son un problema de contaminación y salud pública, no sólo para las entidades federativas productoras de metales, sino también para los ciudadanos y consumidores de diversas partes del país.

Por otro lado, el análisis del proceso enseñanza-aprendizaje que resulta de las observaciones registradas en los videos, demuestra que las actividades que conforman la secuencia didáctica fomentan la investigación como una de las habilidades fundamentales a desarrollar en el Modelo Educativo del CCH y propician la participación ciudadana, cualidad que se pretende despertar en los jóvenes estudiantes del siglo XXI.

Los videos muestran que la lectura que antecede al socio-drama-debate, despierta el interés en los estudiantes para seguir indagando sobre el tema. Después, al plantear el caso que se va a representar y al repartir los roles que cada equipo de estudiantes tomará, los educandos profundizan en el tema realizando una investigación en diversas fuentes (vía Internet, hemerotecas, dependencias de gobierno, etc), todo esto con la finalidad de poder argumentar y defender la postura que les tocará asumir en el debate. Posteriormente, cuando ellos representan el caso, se ponen en el papel del consumidor, del empresario, del trabajador, del gobierno, de las instituciones de salud, etc., esto les permite visualizar el problema desde diversas perspectivas, lo cual resulta provechoso porque además de fomentar la participación propicia la crítica, la reflexión y la revaloración del conocimiento como medio de acceso a la participación ciudadana.

Otro de los aciertos que tuvo la secuencia en la dimensión CTS, es que despierta una conciencia social en los estudiantes porque al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje, ellos reconocen la importancia de estar informados y la necesidad de incorporar conocimientos de la química a su cultura, como un medio para poder participar en la solución de problemas sociales, locales y globales. Esto se observa no únicamente en las imágenes de los videos, sino también en las opiniones emitidas por los estudiantes y que a continuación se transcriben:

*Tener un conocimiento o un interés por la química es útil para nuestra vida diaria...*

*Es importante conocer estos temas porque mucha gente no está tan informada como pensamos y por eso al enterarnos de estas noticias nos sorprendemos ...*

*Es necesario que como consumidores estemos informados, además es necesario ser crítico...*

*Creo que es importante que conozcamos y participemos porque si se presentara un caso semejante en nuestra comunidad podríamos evitarlo, ó sea lo vemos como algo lejano a nosotros pero también debemos entender el problema en todos sus ámbitos, con sus pros y contras ...creo que es muy importante para nuestra vida diaria ...*

*A mí me parece muy importante que hagamos esto [la representación del caso simulado o socio-drama] y más que nada el informarnos de lo que sucede en nuestro país porque muchas veces este tipo de noticias el gobierno las oculta y no nos enteramos de las repercusiones que esto pueda tener en varios ámbitos desde lo económico, lo social, ...*

*La desinformación es el principal aleado (sic) de la corrupción y el engaño....*

*Como ciudadanos debiéramos estar más informados, aunque de cierto modo sí hay "más transparencia" porque yo en Internet encontré mucha información, pero el problema es que muy pocas personas se ocupan por informarse e investigar los problemas de nuestra sociedad, nuestra culpa es estar mal informados creo que debemos desarrollar una conciencia social. Esto [el socio-drama] nos ayudó a encontrar el matiz del problema desde todos los puntos de vista...*

*La importancia de estas actividades es que nosotros como ciudadanos el representar diversas perspectivas de la sociedad para ver la problemática de diferentes ángulos nos ayuda a desarrollarnos como país....*

Una vez que los estudiantes ubican el problema de contaminación con plomo y otros metales pesados como un problema derivado no únicamente de las labores de la industria minero metalurgia sino también como una consecuencia de las técnicas artesanales de fabricación de alfarería y pinturas, los educandos deciden indagar la forma de identificar la presencia de plomo en la alfarería vidriada que

utilizan en sus casas, en pinturas y útiles escolares e incluso en los dulces acusados de contener plomo, todo ello con el interés de corroborar lo que se rumora en los medios informativos. Por lo tanto la actividad experimental que se deriva de la lectura y el debate entablado, se realiza con un mayor cuidado e interés por parte de los estudiantes, valorando la importancia del análisis químico en la toma de decisiones que comprenden aspectos de su vida diaria.

Por lo que respecta a la secuencia didáctica "***La espuma que le permitió al hombre llegar a la luna***", el análisis del proceso enseñanza-aprendizaje, deja claro que tanto la lectura como la actividad experimental contribuyen a formar en los estudiantes una visión más amplia sobre los desarrollos tecnológicos, la ciencia y el trabajo científico, porque estas actividades los remontan a conocer la historia de la ciencia y a ubicarse en las situaciones problemáticas que los hombres de ciencia vivieron en su momento.

Con la actividad experimental (la cual se realiza antes de presentar la lectura referida al poliuretano y después de revisar, de acuerdo con el programa, algunos conceptos básicos sobre los polímeros) se pretende que el estudiante se ponga en los zapatos del científico de aquella época, buscando explicación a lo que observa y procurando encontrar una buena aplicación al material que sintetiza. Por esa razón como parte de la actividad experimental, se invita a los estudiantes a que propongan usos y una estrategia comercial para sacar al mercado el producto que obtienen de la síntesis (y que por supuesto desconocen). En todo este tiempo los alumnos muestran sorpresa al contemplar la reacción de polimerización y también se ven entusiasmados al presentar la propaganda publicitaria de su producto cuyo nombre indica indirectamente el uso que le encontraron. A continuación se enuncian algunos de los nombres y usos que los estudiantes proponen al material polimérico:

Fortex: material que por su dureza y resistencia puede ser utilizado en la industria de la construcción en una especie de mallas parecidas al percolado, debido también a que es sumamente ligero.

Poliacuatic: material ligero que puede ser utilizado en la elaboración de diversos productos acuáticos por su capacidad de flotar en el agua.

Espulápiz: material espumoso que puede ser moldeado y utilizado como soporte. En el se pueden incrustar lápices, plumas, flores ...

Poliusos: material esponjoso y ligero que puede ser vendido a diferentes industrias como por ejemplo la industria automotriz o en la industria de embalajes para usarlo en la fabricación de asientos, cubiertas protectoras y en el transporte de materiales delicados.

Figuretano: material flexible y moldeable que puede ser utilizado para hacer figuras ligeras para fiestas infantiles.

Dentro de la actividad experimental los estudiantes también se dan a la tarea de pensar en todos aquellos aspectos que son necesarios de tomar en cuenta antes de considerar la comercialización de su producto, entre estos aspectos los alumnos citan los siguientes:

- ✓ El nombre de los reactivos que mezclaron para obtener el "extraño material", así como su toxicidad y su costo.
- ✓ La durabilidad y toxicidad del material obtenido.
- ✓ Los costos de producción del material.
- ✓ Indagar si el material que se obtiene puede ser reciclable.

Posteriormente, al trabajar con la lectura que se diseñó para esta secuencia, los estudiantes integran las actividades realizadas con anterioridad y establecen una comparación entre lo que ellos hacen y proponen y las penurias y dificultades que los científicos de aquella época (1940) tuvieron que vencer para desarrollar y comercializar los materiales poliméricos, ya que en ese tiempo recién se iniciaba la síntesis "artesanal" de polímeros y no se tenían en mente tantas aplicaciones como hoy en día se observan.

Junto con la lectura se discute un cuestionario que nuevamente retoma aspectos del trabajo científico y tecnológico así como cuestionamientos que les permite reflexionar sobre su responsabilidad como ciudadanos-consumidores en la solución al problema de contaminación ambiental por materiales poliméricos. Estas son algunas respuestas que los estudiantes contestaron en los cuestionarios y en la clase:

*La ciencia está encaminada a buscar métodos y alternativas de solución a los problemas que tenemos todos...pero ciencia y sociedad van de la mano...*

*La sociedad influye en los desarrollos científicos y tecnológicos porque da su punto de vista y de esto depende la aceptación de un producto en el mercado...*

*Los científicos contribuyen a que la sociedad avance... es tonto pensar que los científicos trabajan solos o que hacen sus descubrimientos para ellos mismos...*

*Creo que todos podemos ser científicos, la ciencia se encuentra en todo lo que hacemos y por consiguiente todos llegamos a ser científicos....*

*Los científicos son investigadores curiosos y perseverantes que no se dan por vencidos....*

y en cuanto a la manera en que ellos pueden contribuir a reducir la contaminación ambiental por materiales poliméricos, los estudiantes opinan:

*Tratando de no utilizar tantas cosas hechas a base de estos polímeros (ej. Bolsas, platos y vasos desechables) y tratando de difundir el poco o mucho conocimiento que tengamos sobre polímeros....*

*Disminuir su uso y reciclando por ejemplo bolsas, utensilios...*

*Informándonos acerca de los daños de contaminación y tomando conciencia de estos..*

*Evitando el consumismo...*

En los comentarios de los alumnos se percibe una imagen de la ciencia y el científico un tanto más humana y más apegada a la realidad en comparación con las concepciones iniciales. Por otro lado los estudiantes se muestran más concientes de las interacciones Ciencia-Tecnología y Sociedad.

Dentro del discurso también se observa un cambio de actitud positivo hacia los problemas que enfrenta su comunidad y la sociedad en general, ahora se les escucha más concientes de la problemática y más participativos en torno al planteamiento de soluciones.

## 6.0 CONCLUSIONES

*The educational goal is to prepare future citizens who understand the human and social dimensions of scientific practice and its consequences.*

Glen S. Aikenhead (2005b)

La puesta en práctica de las secuencias didácticas muestra que son una herramienta pedagógica útil para introducir paulatinamente la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad en los curso de ciencias del bachillerato, debido a que comprenden una serie de actividades que propician el aprendizaje de contenidos conceptuales encuadrados en un contexto social.

Vistas como enfoques instruccionales, las secuencias didácticas en la dimensión CTS mejoran el proceso de enseñanza-aprendizaje al detectar los puntos de anclaje entre los contenidos conceptuales de los programas de química y los aspectos tecnológicos y sociales que se ven involucrados, lo que da como resultado un aprendizaje de la ciencia más significativo sin la obligación de sobrecargar de contenidos el currículo de cada asignatura.

En cuanto a cada una de las estrategias didácticas que integran dichas secuencias, éstas promueven varios de los propósitos de la enseñanza de la ciencia en la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad como son: dotar de sentido personal y social al conocimiento científico y tecnológico, proporcionar una imagen real de la ciencia y la tecnología y motivar a la participación ciudadana en la evaluación de tecnologías y el control de la ciencia.

Las lecturas escritas especialmente para cada uno de los temas del programa de química del bachillerato además de contener aspectos disciplinarios, narran anécdotas históricas y plantean problemas sociales de actualidad, atendiendo a la

opinión de los expertos quienes expresan que hacer referencia a la historia de la ciencia durante la enseñanza, contribuye a entender cómo se construye el pensamiento científico, porque ubica a los estudiantes en las situaciones y dificultades que los científicos tuvieron que enfrentar para desarrollar las tecnologías que hoy en día disfrutamos.

Por lo que respecta a la representación de los socio-debates, estos promueven la investigación y propician la participación de los educandos en la evaluación de los desarrollos tecnocientíficos, porque como bien menciona Martín Gordillo: “a participar se aprende participando” y los socio-debates son una buena estrategia didáctica para ejercitar a los estudiantes en la participación ciudadana.

Por otro lado las actividades experimentales integradas en las secuencias contribuyen a valorar la importancia del análisis químico en la detección y solución de problemas de contaminación ambiental que pudiesen suscitarse ya sea en su comunidad o en cualquier otra parte del mundo, porque estas actividades se plantean como una herramienta que aporta elementos indispensables para la toma de decisiones (esto es por lo que se refiere a la actividad experimental incluida en la secuencia de contaminación por metales pesados). En cuanto a la actividad experimental de polímeros, les resulta sorprendente ver crecer el polímero dentro del vaso, les hace ver un fenómeno químico espectacular del que seguramente se van a acordar gratamente en su vida futura, además esta actividad contribuye a desarrollar la creatividad de los educandos, promueve la investigación y sitúa a los estudiantes en escenarios en los que se ven inmersos los científicos.

La principal ventaja de utilizar las secuencias didácticas para introducir la dimensión CTS en los cursos de ciencias, es que como enfoques instruccionales y

estrategias didácticas, no es necesario modificar los contenidos de los programas para transformar la práctica docente.

Finalmente concluimos que esta propuesta didáctica es coherente con los objetivos del bachillerato universitario así como con los principios básicos del movimiento CTS, creemos que, con la participación de nuestros compañeros profesores ésta y otras propuestas CTS irán tomando forma en el aula hasta hacer realidad esa transformación educativa tan anhelada por todos.

## **6.1 FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO**

El diseño de las secuencias didácticas es un arduo trabajo que requiere de tiempo, conocimiento e ingenio. En las dos secuencias que se describen en este proyecto de tesis, se invirtió aproximadamente un año de trabajo en escribir las lecturas, desarrollar los debates y adaptar las actividades experimentales a los temas del programa. Sin embargo, la realización de secuencias en la dimensión CTS implica fundamentalmente, un mayor entendimiento de la naturaleza de la ciencia y sus relaciones con la sociedad. Por lo que es indispensable fomentar la capacitación de los docentes no únicamente en la didáctica de la disciplina, sino también en la historia, sociología y filosofía de la ciencia.

Por otro lado es importante desarrollar nuevas formas e instrumentos de evaluación, conjuntamente con las secuencias. Instrumentos que permitan evaluar no únicamente los aprendizajes conceptuales sino también los procedimentales, las actitudes hacia la ciencia y el conocimiento científico, los valores, la capacidad de participación, crítica y reflexión, aunque sin duda esto no es nada fácil. Sin embargo se puede encausar la enseñanza de la química y de cualquier ciencia en la dimensión CTS, desarrollando materiales que permitan ir entretejiendo los contenidos conceptuales con los aspectos éticos, ambientales y sociales de la ciencia. Para ello se requiere de la experiencia y conocimiento de los profesores de asignatura y de carrera, porque como ya se mencionó, la elaboración de materiales

para la construcción de la secuencia implica tiempo. En este sentido los profesores podrían apoyarse en la creatividad y capacidad que tienen los estudiantes para escribir lecturas e investigar temas de actualidad que les sean de interés. Así mismo se les puede interrogar sobre las formas de evaluación del curso, para que juntos diseñen e integren los materiales necesarios para trabajar los contenidos del programa mediante secuencias didácticas que permitan la inserción de la dimensión Ciencia-tecnología-Sociedad en la enseñanza escolar de la ciencia.

Los usos que pueden dársele a las secuencias didácticas son muy variados, dependerá de los objetivos que establezca la enseñanza de la ciencia, ya que a través de este recurso se podría promover diversas habilidades, desde el aprendizaje de conceptos y procedimientos hasta la resolución de problemas. Exabe (2005) comenta que las secuencias didácticas deben fomentar el aprendizaje de habilidades de "razonamiento científico", enseñando a describir, explicar, hacer preguntas, dibujar, definir, usar códigos científicos o símbolos, justificar y argumentar cómo "hacer y pensar ciencia", las cuales son habilidades que los programas de estudio debiesen incluir como finalidades de la enseñanza de la ciencia. En conclusión, la estructuración de cualquier propuesta didáctica necesita de tiempo, ingenio y dedicación para desarrollar materiales, pero sobre todo, de ganas de transformar la enseñanza.

## BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, J. A. (1997) ¿Qué puede aportar la Historia de la Tecnología a la Educación CTS? Publicado originalmente con el título "Cómo puede contribuir la Historia de la Técnica y de la Tecnología a la educación CTS" en R. Jiménez y A. Wamba, Eds. *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 287-292. Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva. Una versión corregida y actualizada de este artículo puede consultarse en <http://www.oei.org/salactsi/acevedo3.htm> última fecha de consulta: el 21 de junio de 2005.

Acevedo, J. A. (1996). Cambiando la práctica docente en enseñanza de las ciencias a través de CTS, *Borrador* **13**, 26-30. Una versión corregida y actualizada de este artículo puede consultarse en <http://www.oei.org/salactsi/acevedo2.htm> última fecha de consulta: 21 de junio de 2005.

Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista electrónica de la Enseñanza de las Ciencias* **2** (3).

Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, **1**(1), 3-16.

Acevedo, J. A. (2005). TIMSS y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, **2**(3), 282-301. Se puede consultar en la URL <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm> accedida el 1 de enero de 2006.

Aceves, P. (2006). Desarrollo de la Química en México en la primera mitad del siglo XX. Institucionalización. *Simposio Conmemorativo del 50 Aniversario de la Fundación de la Sociedad Química de México. Y su relación con la Educación Superior*. México, D.F. Palacio de Minería, septiembre del 2006.

Aguilar, G. (2004). ¿Cómo se ha implementado el enfoque CTS en los programas de las asignaturas de Física, Química y Biología de ciencias Experimentales en el Colegio de Ciencias y Humanidades, un bachillerato de la UNAM? *V Cátedra del Enfoque CTS + I. OEI. UNAM. Facultad de Química. CNEQ.G*

Aikenhead, G. S. (1994). What is STS science teaching? En J. Solomon y G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*, pp. 47-59. New York: Teachers College Press.

Aikenhead, G. S. (2003) STS Education: A Rose by Any Other Name. In Cross, R. (ed). *A vision of Science Education: Responding to Peter Fensham's Work*. New York: Routledge Press. Pp. 59-75. Una traducción de este artículo apareció como Aikenhead, G. S. (2005a). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame, *Educación Química* **16**(2), 304-315.

Aikenhead, G. S. (2005b) Research into STS Science Education, *Educación Química* **16**(3), 384-397.

Bazán Levy, J. J. (2000). "Horizontes Actuales de la Educación media Superior" Folleto.

Bennet, J. y Holman, J. (2002). Context-based approaches to the teaching of Chemistry: What are they and what are their effects? En J. K. Gilbert *et al.* (eds). *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. Pp.165-184.

Buty, C., Tiberghien, A. y Le Maréchal, J. F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, **26**(5), 579-604.

Bybee, R. W. y Ben-Zvi, N. (1998). Transforming Goals to Practices. En Fraser, B.J. y Tobin, K.G. (Ed). *International Handbook of Science Education*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. Pp. 487-498.

Bybee, R. W. y Deboer, G. E. (1994). Research on Goals for the Science Curriculum. En D. L. Gabel (Edit.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: MacMillan. Pp. 357-383.

Caamaño, A., (2005) Tendencias curriculares de la química en la educación secundaria a principios del siglo XXI, IV Jornadas Internacionales para la Enseñanza Preuniversitaria y Universitaria de la Química, Noviembre 15 al 18 de 2005, Mérida Yucatán, México. Por publicarse con el título "Retos del currículum de química en la educación secundaria. La selección y contextualización de los contenidos de química en los currículos de Inglaterra, Portugal, Francia y España" en la revista *Educación Química* vol. **17** número especial, 2006.

CCH, Grupo de síntesis (1996). *Plan de estudios actualizado*. Cuadernillo número 70, México: Colegio de Ciencias y Humanidades.

Chamizo, J. A. y Sosa, P. (2002). La enseñanza de la química. 2ª parte. El ingreso al posgrado. *Educación Química* **13**(4), 254-258.

Chevallard, Y. (1991), *La transposición didáctica*, Buenos Aires: AIQUE, Pp 196.

Córdova Frunz, 1995, tesis doctoral, Esquemas de resolución de problemas de química general, aspectos gramaticales, lógicos y matemáticos, IPN, 1995.

Córdova, Frunz, JL. (2005). La enseñanza de las ciencias: Alfabetización científica o ciencia para futuros científicos, *Educación Química*, **16**(3). Pp 398 - 403.

Colegio de Ciencias y Humanidades (1996), *Programa de Estudios de Ciencias Experimentales*. México: CCH-UNAM.

Declaración de Budapest (1999). Marco general de acción de la declaración de Budapest. Consultada en la URL <http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestdec.htm> por última ocasión el 5 de octubre de 2005.

Dunbar, R. (1999). *El miedo a la ciencia*. Madrid, Alianza.

Etxabe, J. M. (2005). Relation between the development of competencies cognitive-linguistic and the methodological strategies when designing didactic sequences of science teachers under training, *Proceedings of ESERA-05*, Barcelona.

Fensham, P. J. (1988). Familiar but different: Some dilemmas and new directions in science education. In P. J. Fensham (Ed), *Developments and dilemmas in science education*. New York: Falmer Press, Pp. 1-26.

Fernández, I., Gil- Pérez, D., Valdés, P. y Vilches, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos. En Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. PP 29-62. Este libro está disponible gratuitamente en la URL [http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/como\\_promover\\_interes\\_cultura\\_cientifica.pdf](http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/como_promover_interes_cultura_cientifica.pdf)

Furió, C. y Vilches, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones ciencia, tecnología y sociedad. En del Carmen, L. (Ed), *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

Gallagher, J. J. (1971). A broader base for science education. *Science education*, 55, 329-338.

García P, González G, López C, Lujan J, Gordillo M, Osorio C y Valdés C (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*. OEI Madrid.

Garritz, A. y Chamizo, J. A. (1988) Una panorámica de la educación química en el bachillerato, *Perfiles Educativos* núm 41-42, 3-17.

Garritz, A. (1994). Ciencia-Tecnología-Sociedad a diez años de iniciada la corriente, *Educación Química* 5(4) 217-223.

Garritz, A. (2006). Desarrollo de la Química en México en la primera mitad del siglo XX. Educación. *Simposio Conmemorativo del 50 Aniversario de la Fundación de la Sociedad Química de México. Y su relación con la Educación Superior*. México, D.F. Palacio de Minería, septiembre del 2006.

Gervilla, E. (1993) Posmodernidad y educación. Valores y cultura de los jóvenes. Madrid: Dykinson.

Hodson, D. (1993). In Search of a Rationale for Multicultural Science Education. *Science Education* 77(6), 585-711.

Kabapinar, F. Leach, J. Scott, P. (2004). The design and evaluation of a teaching-learning sequence addressing the solubility concept with Turkish secondary school students, *International Journal of Science Education*, 26 (5) Pp.635-652.

Leach, J. y Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning, *Studies in Science Education*, **38**, 115-142.

Lijnse, P. (2000). Didactics of science: the forgotten dimension in science education research? En R. Millar, J. Leach, J. Osborne (eds.) *Improving science education: The contribution of research*, Buckingham: Open University Press. Pp. 308-326.

Meheut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education* **26**(5), 515-535.

Martín-Gordillo, M. y Osorio, C. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica, *Revista Iberoamericana de Educación*, Editada por la OEI, Número 32, 165-210. Una versión electrónica de este artículo está disponible en la siguiente URL: <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a08.pdf>, consultada por última vez el 1 de enero de 2006.

Martins, I. (2005), "La dimensión CTS como un elemento integrador de la educación química" Mesa redonda, IV Jornadas Internacionales para la Enseñanza Preuniversitaria y Universitaria de la Química, Noviembre 15 al 18 de 2005, Mérida Yucatán, México.

Membiola, P. (1995). Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales, *Alambique*, **3**, 7-12.

Membiola, P. (2005). Reflexión desde la experiencia sobre la puesta en práctica de la orientación ciencia-tecnología-sociedad en la enseñanza científica, *Educación Química* **16**(3), 404-409.

Moreira, M.A. (2000), Aprendizaje significativo y otros constructos, *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. España, Ed. Aprendizaje Visor.

Muñoz C, Ávila A, López G, López y Roman P y Chalini H, *Ingreso estudiantil al CCH* (2003), Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM. Pp 11-236.

Muñoz C, Ávila A, López G, López y L, Santillán R, *Ingreso estudiantil al CCH 2002-2005* (2005), Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM. Pp 9-121.

Quílez, J. (2005). Bases para una propuesta de tratamiento de las interacciones CTS dentro de un currículum cerrado de química del bachillerato, *Educación Química*, **16**(3), 416-436.

Rueda, C (2005). La dimensión ciencia-tecnología-sociedad en la educación de México: antecedentes, estado actual y perspectivas, *Educación Química* **16**(3), 442-449.

- Secretaría de Educación Pública (1994), *Plan y Programas de Estudio de la Educación Básica Secundaria*. SEP, México.
- Solbes, J. y Vilches, A. (1997). STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry, *Science Education*, **81**(4) 377 – 386.
- Soledad, E. (2003). La Perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Volumen 2, No. 3.
- Solbes, J., Vilches, A. y Gil, D. (2001). Epílogo: El papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias, en Pedro Membiela (Ed), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. Madrid: Narcea. Capítulo 15 (pp. 221-231).
- Talanquer, V. (2000). El movimiento CTS en México, ¿Vencedor vencido?, *Educación Química*, **11**(4) 381 – 386.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol 4, No 2. Consultada por última ocasión el 1 de enero de 2006 en la URL:  
[http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART5\\_Vol4\\_N2.pdf](http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N2.pdf)
- Vilches, A. y Furió, C. (1999). Ciencia, Tecnología, Sociedad: Implicaciones en la Educación Científica para el Siglo XXI. Trabajo presentado en el I Congreso Internacional "Didáctica de las Ciencias", del 6 al 10 de diciembre 1999 en el Centro de Convenciones Pedagógicas Cojimar, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Waks (1990), Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales, en Medina, M. y Sanmartín, J. (Eds). *Ciencia, Tecnología y sociedad. Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*. Anthropos: Barcelona, pp. 42-75.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. and Novak, J. D. (1994). Research on Alternative Conceptions in Science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York, Macmillan, pp. 177-210.
- Yager, R. (1996). *Science/Technology/Society as a reform in science education*. Nueva York: State University of New York Press.
- Ziman, J. (1980). *Teaching and learning about science and society*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zoller, U., Donn, S., Wild, R. y Beckett, P. (1991). Teachers' Beliefs and Views on Selected Science-Technology-Society Topics: A probe into STS Literacy Versus Indoctrination. *Science Education* **75** (5), 541-561.

## ANEXO :

### CUESTIONARIO # I

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

#### CUESTIONARIO #1 ¿QUÉ TEMAS SON DE TU INTERÉS?

1. *Escribe una lista de los temas de tu interés o sobre aquellos que te gustaría saber más.*
2. *Por lo que se refiere a la asignatura de química, ¿cuáles son los temas en los que requieres material de apoyo o simplemente deseas contar con una mayor información? No olvides que la asignatura de Química III y IV contempla este programa:*

Química III	Química III	Química III	Química IV
Unidad 1 La Industria Química en México	Unidad 2 Industria minera metalúrgica	Unidad 3 Fertilizantes, productos químicos estratégicos	Unidad 3 y 4 Industria del Petróleo y de la petroquímica. El mundo de los Polímeros
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ramas y productos de la industria química</li> <li>• Desarrollo económico de la industria química en México</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas mineras de México y recursos minerales</li> <li>• Etapas en la producción de metales</li> <li>• Propiedades físicas y químicas de metales</li> <li>• Contaminación por metales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué son los fertilizantes?</li> <li>• Síntesis de los fertilizantes químicos</li> <li>• Impacto socioeconómico y ambiental de la producción y uso de los fertilizantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Por qué son importantes los productos de la industria del petróleo?</li> <li>• ¿Qué son los polímeros y por qué son importantes?</li> </ul>

3. *Si se elabora una lectura relacionada con alguno de los temas del programa de química, ¿qué características deberá cubrir para que sea de tu agrado?*

## CUESTIONARIO II

### COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL SUR

#### ENCUESTA DE OPINIÓN SOBRE EL TEMA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS

Alumno:

Grupo.

Fecha:

1. Define con tus palabras lo que es la ciencia
2. Dibuja o describe con palabras cómo son los científicos, donde trabajan y para qué trabajan?
  1. ¿Qué es la tecnología?
  2. Escribe dos razones por las que crees que los desarrollos científicos y tecnológicos afectan a la sociedad
  3. ¿Qué es lo mínimo que debe saber un consumidor informado sobre los metales pesados?
  4. Enlista cinco razones por las cuales se dice que la química de los metales es una química de la vida cotidiana

### Cuestionario # III

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**

***Cuestionario para la secuencia de polímeros***

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_ grupo: \_\_\_\_\_

5. Define con tus palabras lo que es la ciencia
6. Dibuja o describe con palabras cómo son los científicos, donde trabajan y para qué trabajan?
7. ¿Qué es la tecnología?
8. Escribe dos razones por las que crees que los desarrollos científicos y tecnológicos afectan a la sociedad
9. ¿Qué tienen los polímeros sintéticos que no pueden igualar a los naturales?
10. Durante la polimerización, los monómeros se unen entre sí para formar polímeros sin que las moléculas pierdan átomos. Éste es el proceso por:  
a) Condensación    b) Sustitución    c) Adición    d) Desplazamiento
7. ¿Qué medidas puedes tomar como consumidor para remediar el problema de contaminación por polímeros?