

SECUENCIAS DIALÓGICAS, LA DIMENSIÓN CTS Y ASUNTOS SOCIO-CIENTÍFICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Blanca Estela Zenteno-Mendoza¹ y Andoni Garritz²

¹Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Sur, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: blancaestela.zenteno@cch.unam.mx.

²Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: andoni@unam.mx.

[Recibido en Mayo de 2009, aceptado en Julio de 2009]

RESUMEN

Este trabajo describe el uso de secuencias de enseñanza y aprendizaje como una estrategia, basada en asuntos socio-científicos (ASC) y argumentación, para introducir la dimensión CTS en un curso de química. En un aula-laboratorio del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) fueron aplicadas dos secuencias a un grupo de 30 estudiantes del tercer curso de bachillerato (17-18 años): la primera, sobre toxicología de metales pesados, en la unidad "Industria minero-metalúrgica: herencia no aprovechada" y la segunda sobre síntesis de polímeros en la unidad "El mundo de los polímeros". El trabajo describe las secuencias de enseñanza-aprendizaje utilizadas en el aula y brinda algunas recomendaciones didácticas para su ulterior utilización como estrategia de enseñanza. Finalmente analiza la utilidad de este tipo de secuencias para la introducción de la dimensión CTS y de ASC vía la argumentación como una forma de enseñar en los cursos de química.

Palabras clave: *Dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad; bachillerato, secuencias de enseñanza-aprendizaje; enseñanza de la química; asuntos socio-científicos; argumentación.*

OBJETIVO DE ESTE TRABAJO

Este trabajo se propone insertar en la enseñanza cotidiana de la química la dimensión CTS mediante el tratamiento de asuntos socio-científicos y la utilización de secuencias de enseñanza-aprendizaje como estrategia, con la argumentación incluida como elemento dialógico. Los autores piensan que no obstante la carga conceptual del currículo de esta ciencia, la transformación de las formas de enseñanza es fundamental para alcanzar los nuevos objetivos de la educación científica —la mejora del razonamiento cognitivo; el desarrollo de la comprensión conceptual; el incremento de la comprensión de los estudiantes acerca de la naturaleza epistémica de la ciencia; y la proporción de una experiencia afectiva que es tanto positiva como atractiva— y que pueden todos ellos ser facilitados a través de la argumentación (Osborne, 2009).

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

CTS se basa en el desarrollo de actividades enfocadas hacia *"la toma de decisiones sobre aspectos sociales del mundo-real que tienen un contenido importante de ciencia y de técnica. El contenido científico se construye sobre una base de necesidad-de-conocer, que también provee al alumno de la capacidad de razonamiento crítico para considerar otros aspectos que serán de importancia en el siglo XXI"* (Archer, 1994).

En el ámbito educativo los estudios CTS implican un cambio de paradigma respecto a la educación tradicional, porque tanto su visión como sus fines conducen a una transformación radical en la enseñanza de la ciencia; de aquí que Garritz (1994: p. 218) 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".

Este cambio ha dado lugar al desarrollo de proyectos (Salters de Hill et al., 1989; Chemistry in the Community de la ACS, 2006; por dar sólo dos ejemplos), propuestas y estrategias didácticas que orientan la enseñanza de la ciencia al logro de nuevas metas educativas, como son: la comprensión pública de la ciencia y el fomento de la participación ciudadana en la valoración de la ciencia, la tecnología y sus productos.

Al respecto, Glen Aikenhead (2003) ha descrito ampliamente el devenir de esta corriente educativa y ha resaltado los resultados positivos de su evaluación en términos de su relevancia, del aprendizaje estudiantil y de las actitudes y orientaciones de los profesores hacia un currículum de este tipo (Aikenhead, 2005; ver también Solbes y Vilches, 1997; Bennett, Lubben y Hogarth, 2007; Kaya, Yager & Dogan, 2009).

A nuestro juicio, las aportaciones más sobresalientes de la dimensión CTS son: Impulsar la participación ciudadana en la evaluación y control de los desarrollos tecnológicos; promover el razonamiento crítico entre los estudiantes y futuros ciudadanos para valorar las limitaciones y beneficios de la ciencia; y extender la alfabetización científica a la ciudadanía desde la enseñanza de la ciencia en las escuelas (Gordillo y Osorio, 2003).

En este sentido, es fundamental entrenar a los estudiantes en la argumentación, la escuela resulta el mejor lugar para hacerlo; ya que en comunidad los estudiantes pueden apoyar, seguir o contradecir ideas al desarrollar habilidades de razonamiento dialógico (Newton, Driver y Osborne, 1999).

Para desarrollar la argumentación se pueden aprovechar los casos simulados (Gordillo y Osorio, 2003) y el planteamiento de problemas socio-científicos (Zeidler et al., 2003). En ambos se propicia la participación ciudadana, ya sea por la solución de un caso ficticio o por el planteamiento de un problema real de actualidad.

A diferencia de los problemas de contenido científico, los problemas socio-científicos están sujetos a debate desde diferentes perspectivas y pueden proponerse diversas soluciones en donde el razonamiento de los estudiantes juega un papel fundamental. Estos problemas plantean dilemas sociales asociados a conceptos, procedimientos o

tecnologías científicas en donde el estudiante deberá valorar causas, consecuencias, ventajas y desventajas, pros y contras de la posición que asumirá.

Kolstø (2001) provee un marco de 8 tópicos de "contenidos trascendentes" (de la "a" a la "h" en lo que sigue) para examinar la dimensión científica del papel de los asuntos socio-científicos en la educación en ciencias. Estos tópicos incluyen actividades que se centran en cuatro elementos:

1. La ciencia como un proceso social

Se ha argumentado con razones como la ciudadanía, la toma de decisiones y la participación democrática para defender la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (NdC, en adelante). No obstante, todavía no hay un acuerdo de científicos, filósofos o educadores de la ciencia acerca de los puntos más importantes a abordar sobre la NdC en el aula (nos dice Niaz, 2004 que se ha logrado cierto grado de consenso sobre una decena de puntos relativos a ella).

- a) *La construcción de la ciencia y el papel del consenso en ciencia:* Cuando aparece un nuevo descubrimiento, lo primero que deseamos es que haya consenso entre los científicos alrededor del punto. Dentro de este tópico se pretende, por una parte, que el estudiante visualice que es algo normal que el conocimiento se construya con el desacuerdo y el debate entre científicos; al igual que la discusión acerca de las diversas formas de obtener datos empíricos y las metodologías utilizadas para su derivación.

2. Las limitaciones de la ciencia

La ciencia nos proporciona respuestas para una amplia gama de preguntas, pero hay muchas cuestiones a las que, por diferentes razones, no se han dado respuestas consensuadas.

- b) *La ciencia como uno de varios dominios sociales:* debemos hacer conciencia en el estudiante de que existen diversos factores, (políticos, éticos, religiosos, militares, económicos y culturales, etc.), además de las consideraciones científicas, que pueden ser relevantes a la hora de formular posiciones y proponer decisiones con respecto a asuntos socio-científicos (ASC en adelante).
- c) *Descripción y normativa de las afirmaciones (científicas):* es necesario que el estudiante sepa detectar los sesgos y las ideologías subyacentes con las que se examina la credibilidad de la evidencia empleada para sostener decisiones, en pocas palabras, aprender a reconocer cómo los valores científicos que hay detrás influyen sobre visiones científicas particulares. Debe reconocer y separar lo que es descriptivo y lo que es normativo.
- d) *Demandas para el apuntalamiento de la evidencia:* el estudiante debe ser capaz de examinar el estatus epistemológico del conocimiento declarado y evaluarlo por el grado de sustento de estas declaraciones, hechos, evidencias y su consenso. La objetividad y la neutralidad son difíciles de alcanzar en la toma de decisiones políticas, pero deben ser valores e ideales irrenunciables para el científico.
- e) *Modelos científicos con sus contextos limitados:* El estudiante debe descubrir que las restricciones de contextos específicos limitan la aplicación de un conocimiento teórico general. Por ejemplo, los resultados de una línea de investigación o de un modelo particular pueden tener un contexto de

verificación que permite que sean probados por ciertas observaciones, pero no necesariamente aplicarse o transferirse a un conjunto particular de situaciones del complejo mundo real.

3. Valores en la ciencia

Los valores forman una parte intrínseca de la ciencia. No obstante, la disputa sobre su valor contextual no se ha resuelto en términos de intereses y demandas para apuntalar la evidencia.

- f) *Evidencia científica*: El alumno debe comprender los criterios de lo que cuenta como varios tipos de evidencia: científica, estadística y anecdótica, en cuanto explore ASC.
- g) *Suspensión de creencias*: El estudiante debe darse cuenta de normas y valores en ciencia, tales como evitar contradicciones lógicas, aceptar la evidencia basada en afirmaciones por conocimientos consensuados, coherencia, relevancia, originalidad, honestidad y sinceridad, así como del papel de escepticismo y de la importancia de que los científicos no saquen conclusiones hasta tener evidencias persuasivas y convincentes que garantizan una decisión.

4. Actitud crítica

La crítica y la argumentación son actividades comunes en las disputas científicas. Sin embargo, hay que tener cuidado porque también son comunes en los razonamientos pseudocientíficos.

- h) *Escudriñar las afirmaciones científicas*: Poco a poco, el alumno debe aprender a evaluar la importancia de los factores contextuales para las afirmaciones científicas, tales como la significación de los estatus sociales, la lealtad institucional o distinguir las aseveraciones pseudocientíficas de las evidencias científicas que guardan relación con el aspecto bajo consideración.

Hasta aquí los ocho tópicos de Kolstø. La argumentación de ASC, además de ayudar al entendimiento de la NdC, mejora el razonamiento cognitivo de los estudiantes y brinda una mayor comprensión conceptual, lo que facilita la alfabetización tecnocientífica de la ciudadanía (Osborne, 2009).

Desafortunadamente se dedica poco tiempo a la argumentación en el aula, debido en parte a la poca disponibilidad de tiempo y a la falta de técnicas o instrumentos que permitan su evaluación, pero es importante que este tipo de actividades se incorporen paulatinamente en el salón.

Zeidler, Sadler, Simmons & Howes (2005) hacen una crítica a la dimensión tradicional CTS en la enseñanza, cuando dicen (p. 359) que "La educación CTS tradicional solamente 'apunta' dilemas éticos o controversias, pero no necesariamente explota el poder pedagógico inherente del discurso, la argumentación razonada, la consideración explícita de la NdC y las conexiones emotivas, culturales, epistemológicas y del desarrollo dentro de los mismos asuntos tratados". Por esa razón en este trabajo se ha tenido en consideración la presentación de la dimensión CTS basada en el dominio de los ASC, que considera cuatro áreas de importancia pedagógica como centrales en la enseñanza:

- (1) *Aspectos de NdC* (Las orientaciones epistemológicas relacionadas con la NdC influyen sobre cómo los estudiantes ponen atención a la evidencia que

- soporta, o que está en conflicto, con su sistema de creencias previas sobre los ASC);
- (2) *Aspectos del discurso en el aula* (El impacto sobre el razonamiento y la interacción dialógica con sus pares es de una importancia fundamental para el aprendizaje);
 - (3) *Aspectos culturales* (La presencia de éstos implica que el profesor de ciencia admita, reconozca y maximice las oportunidades de comentar sobre las diversas culturas, las capacidades variadas de desarrollo y las cuestiones relativas al género, hacia el entendimiento intercultural) ; y
 - (4) *Aspectos basados en casos* (Los ejemplos de comidas genéticamente modificadas, ingeniería genética humana, experimentación con animales y dilemas ambientales son claros casos que pueden tratarse en el aula como controversiales para adoptar las habilidades del razonamiento crítico y el desarrollo ético y moral de los estudiantes) (Zeidler *et al.*, 2005; Pp. 361-371).

Los Planes de Estudio de la Institución donde desarrollamos las secuencias de enseñanza-aprendizaje en la dimensión CTS (El Colegio de Ciencias y Humanidades, CCH), revelan una componente CTS dentro de los objetivos Institucionales cuando al describir el perfil del egresado se menciona lo siguiente:

- 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).

Esto impulsó la inserción de la dimensión CTS a partir de secuencias de enseñanza – aprendizaje que integran aspectos socio-científicos.

¿QUÉ SON LAS SECUENCIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE?

Meheut y Psillos (2004) las definen como actividades o enfoques instruccionales inspirados en la investigación educativa con el objetivo de ayudar a los alumnos a comprender el conocimiento científico. Las secuencias se aplican después de planteamientos teóricos constructivistas en que los estudiantes hicieron explícitas sus concepciones sobre cierto fenómeno o concepto. Otros autores como Buty, Tiberghien y Le Marechal (2004) comentan que el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje requiere tomar en cuenta: el conocimiento, el aprendizaje y la enseñanza, aspectos que tienen su marco teórico en la epistemología, la psicología y la didáctica. Resaltan la importancia de considerar la naturaleza de la institución donde las actividades de aprendizaje tienen lugar y los artefactos que sirven de medio para llevar a cabo dichas actividades.

Linjse (2000) recomienda que la estructura de las secuencias de enseñanza-aprendizaje transite en tres niveles: el de contenido, el motivacional y el nivel de reflexión; para ello es importante incluir dentro de la secuencia toda una serie de

estrategias, técnicas y actividades recomendadas en la literatura (Soledad, 2003; Membiela, 1995 y 2005), que permitan alcanzar los objetivos. Éstas se pueden agrupar de acuerdo con la tabla 1.

Tipo (con base en la participación)	Ejemplos de estrategias, técnicas y actividades
Autoaprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio individual • Búsqueda y análisis de información • Elaboración de ensayo • Historietas • Mapas mentales • Investigaciones
Aprendizaje interactivo	<ul style="list-style-type: none"> • Conferencias • Entrevistas • Visitas guiadas a museos, industrias y laboratorios • Juegos y simulaciones • Debates y juicios • Seminarios
Aprendizaje colaborativo	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de casos • Método de proyectos • Aprendizaje basado en problemas • Discusión y debates

Tabla 1. *Tres tipos de aprendizaje y ejemplos de estrategias, técnicas y actividades.*

Estudios recientes indican que las secuencias de enseñanza-aprendizaje más exitosas son aquellas en las que el(la) profesor(a) se involucra con el pensamiento de los estudiantes en el tópico y elabora una secuencia que logra un mayor interés y satisfacción intelectual en sus alumnos. De aquí que Leach y Scott (2002) argumenten que el papel del(a) profesor(a) y del contexto social del salón de clases es algo a remarcar en la eficacia de las secuencias; señalan que antes de desarrollar una secuencia se debe:

- Identificar el conocimiento de ciencia escolar que se va a enseñar;
- Tomar en cuenta cómo este área de la ciencia es conceptualizada en el lenguaje social de todos los días de los estudiantes;
- Identificar la «demanda de aprendizaje», al considerar la diferencia entre los primeros dos puntos mencionados arriba.

Para alcanzar estas metas, la experiencia y creatividad del(a) profesor(a) son indispensables; porque es el(la) profesor(a) quien deberá planear las situaciones de aprendizaje, seleccionar y organizar las estrategias, técnicas y actividades adecuadas para llegar a los objetivos propuestos. Así mismo, el(la) profesor(a) deberá guiar y apoyar al estudiante durante el proceso enseñanza-aprendizaje, trabajo que requiere el conocimiento de la didáctica y la pedagogía.

ELEMENTOS CONTEXTUALES DE LAS SECUENCIAS DIDÁCTICAS DE ESTE ESTUDIO

Las secuencias fueron aplicadas a un grupo de 30 estudiantes de tercer curso de bachillerato (17-18 años) en un aula-laboratorio del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

De acuerdo con las recomendaciones citadas, el diseño de las secuencias didácticas aplicadas en este trabajo en la dimensión CTS, consideró:

- Metas de aprendizaje apegadas a los programas del bachillerato y a la enseñanza de la ciencia en la dimensión CTS;
- Los principios del modelo educativo del CCH de la UNAM, así como la naturaleza de las aulas-laboratorios existentes;
- Los recursos materiales de los que se dispone;
- Las ideas innovadoras de la dimensión CTS y las experiencias de los investigadores que han trabajado en el diseño y evaluación de secuencias de enseñanza-aprendizaje.

Como un primer paso, se ubicó el contexto educativo que enmarca la enseñanza-aprendizaje de la química en el CCH, bachillerato universitario¹ que promueve en sus egresados una cultura integral básica con una visión humanística y científica del conocimiento. Los planes de estudios y la filosofía de enseñanza en el Colegio, 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 de enseñanza y aprendizaje, quien centra la atención en el estudiante como actor principal del proceso. Insertar las secuencias didácticas en la dimensión CTS en estos cursos, resultó relativamente sencillo, ya que los planes de estudio del CCH tienen un sabor CTS pleno, como puede constatarse en los nombres de las unidades de los planes de estudios de los cuatro cursos semestrales de química (ver la Tabla 2), los cuales tienen mucho más que ver con asuntos y problemas sociales que con contenidos de química. A los contenidos disciplinarios se les da importancia, pero dentro del desarrollo de los problemas sociales que se refieren en esa Tabla.

Por otro lado, la estructuración de las secuencias contempló la motivación del estudiante como uno de los rasgos importantes del diseño, debido a que el desinterés por los cursos de química y las carreras científicas, también son un hecho que se encuentra presente en las instituciones educativas de México.

Por esta razón, en la selección de los temas tratados en las secuencias se involucró a los educandos, al escuchar su opinión a través de cuestionarios, con el propósito de conocer los temas de su interés con relación a los programas de Química III y IV del plan de estudios. Todo esto con la finalidad de satisfacer la curiosidad de los estudiantes y de presentar actividades atractivas para ellos. La preferencia por los dos temas: «Polímeros» y «Contaminación por metales» fue lo que decidió a los autores de este trabajo a desarrollar las dos secuencias que se aplicaron:

¹ El término de "bachillerato universitario" es común en México, donde diversas instituciones universitarias tienen dentro de su organización un nivel de bachillerato que se ofrece a sus estudiantes. En el CCH uno de sus lemas es: *aprender a aprender, aprender a hacer, aprender a ser*.

1. «La espuma que le ayudó al hombre a llegar a la luna»;
2. «Contaminación con metales pesados, una llamada de alerta».

Química I

Primera Unidad. Agua, compuesto indispensable

Segunda Unidad. Oxígeno, componente activo del aire

Química II

Primera Unidad. Suelo, fuente de nutrimentos para las plantas

Segunda Unidad. Alimentos, proveedores de sustancias esenciales para la vida

Tercera Unidad. Medicamentos, productos químicos para la salud

Química III

Primera Unidad. La industria química en México

Segunda Unidad. Industria minero-metalúrgica: herencia no aprovechada

Tercera Unidad. Fertilizantes: productos químicos estratégicos

Química IV

Primera Unidad. Las industrias del petróleo y de la petroquímica

Segunda Unidad. El mundo de los polímeros

Tabla 2.- Nombres de las unidades de los programas de estudios de la Química I a IV del CCH.²

Seleccionado el tema se procedió a dar sustento a los contenidos disciplinarios, al considerar sus aspectos epistémicos y orientar las metas de aprendizaje a los objetivos establecidos en los programas. Para ello se llevó a cabo una investigación de los contenidos disciplinarios, de los asuntos científicos y tecnológicos involucrados, así como de las características y tipos de materiales curriculares CTS, existentes en el medio educativo. Ambas secuencias pueden consultarse en un capítulo del trabajo de tesis de Zenteno (2007).

La estructura de las secuencias fue pensada para transitar en los tres niveles de Linjse (2000), el de contenido, el motivacional y el de reflexión por lo que se incluyeron técnicas y actividades variadas entre las que destacan las siguientes:

- Redacción de lecturas que narran ASC y/o anécdotas históricas relacionadas con la temática del programa de química;
- Estructuración de casos de roles o tipo juicio, que permiten la participación y el debate entre los estudiantes respecto a la problemática planteada;
- Actividades experimentales; adaptadas para las secuencias;
- Elaboración de un miniproyecto;
- Construcción de cuestionarios guía que fomentan la reflexión respecto a los temas involucrados.

A cada una de las secuencias se incorporó una actividad experimental, se aprovecha que en el CCH las clases se realizan en aulas-laboratorio, las cuales están

² Los cursos semestrales I y II se llevan el primer año del bachillerato mexicano (con alumnos entre 15 y 16 años); y los III y IV son del tercer año (con alumnos entre 17 y 18 años)."

aconditionadas con mesas de trabajo para 5 estudiantes. Cada una de las mesas cuenta con llaves de agua, conexiones eléctricas y de gas, además cada aula-laboratorio dispone de televisión, DVD, proyector de acetatos, cámara de video y videoflex para proyectar imágenes. Estas aulas-laboratorio quedan saturadas con 30 estudiantes, por lo que se tiene un tamaño de grupo bastante apropiado para trabajar ese tipo de actividades.

Respecto a los contenidos del programa de química y los aspectos epistémicos de la disciplina, se tomó en cuenta que tanto el tema de metales pesados como el de reacciones de polimerización tienen cierta complejidad en la enseñanza. En particular resulta crucial el de polimerización, porque implica desplazar al estudiante en los tres niveles en los que la química se estructura (Johnstone, 1991): 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), el nivel nanoscópico (que implica el entendimiento del mecanismo de reacción de la polimerización) y el nivel macroscópico (el cual incluye poder brindar una explicación sobre lo que se observa al realizar la reacción química en el laboratorio).

DESCRIPCIÓN DE LAS SECUENCIAS DIDÁCTICAS

El tema de la primera secuencia "La espuma que le ayudó al hombre a llegar a la luna" trae a colación un hecho que fue todo un hito en su momento, 1969, pero que no fue vivido por los estudiantes.

Recordar esos años de la carrera espacial y todas las tecnologías que se vieron involucradas en su desarrollo, tiene 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 relación con dicha carrera espacial, al introducir esencialmente la historia de la ciencia de los materiales y, en particular, de los polímeros sintéticos; ya que en una nave espacial el 25% de los materiales interiores está constituido por poliuretano en sus diversas presentaciones, debido a que éste es un polímero compacto y espumado que puede ser flexible, semiflexible, semirígido o rígido.

Para que los alumnos adquieran 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 curiosidad y perseverancia. Bayer obtuvo inicialmente una masa elástica a base de poliéster y diisocianatos, la cual presentaba tantas burbujas que fue devuelta por el Departamento de Control de Calidad como propia solamente para elaborar "queso gruyere". Continuó con su investigación al aprovechar la liberación controlada de dióxido de carbono gracias a la adición de más o menos agua, hasta obtener un polímero espumado, en 1947.

Respecto a la estructura de la secuencia, ésta se inicia con una actividad experimental que plantea la síntesis "accidental" de un material desconocido y a través de un cuento, los estudiantes, realizan la síntesis del poliuretano sin saberlo. Posteriormente los alumnos se dan a la tarea de proponer alguna estrategia efectiva para

comercializar el producto obtenido, con la respectiva investigación sobre propiedades y usos vinculada al análisis de la estructura física y química del material³.

Finalmente dentro de esta secuencia se plantea un foro de discusión mediante el cual los estudiantes opinan acerca del impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad. En esta misma discusión, se aborda el tema de contaminación ambiental por residuos poliméricos, el reciclaje de los mismos y las medidas que como consumidores podemos tomar para contribuir en la solución de este problema.

Para esta secuencia se plantearon las siguientes metas de aprendizaje:

- Valorar el conocimiento químico que permite diseñar materiales que respondan a muy diversas necesidades;
- Conocer un ejemplo de síntesis de polímeros (Poliuretano);
- Explicar algunas características de los polímeros en relación a su biodegradabilidad;
- Reconocer la trascendencia del trabajo científico en la vida diaria;
- Desmitificar el trabajo científico;
- Reflexionar respecto al uso y producción de polímeros, y considerar sus efectos sobre el medio ambiente.

La segunda secuencia «Contaminación con metales pesados, una llamada de alerta», hace alusión a la noticia que hizo eco en el 2004 en Estados Unidos y México, sobre la presunta contaminación con plomo de dulces mexicanos de tamarindo. También se retoma el problema de contaminación ambiental por metales pesados en Torreón, Coahuila, por la presencia de la compañía fundidora Peñoles. Ambas problemáticas son investigadas por los estudiantes y representadas por ellos en un juicio-debate que pretende dar respuesta a estos casos al considerar a todos los sectores de la sociedad.

La representación de ambos casos en un juicio-debate tiene como objetivo primordial entrenar a los estudiantes para participar en la argumentación y la toma de decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología que afectan a la sociedad. Durante el juicio-debate se pone un énfasis especial en el entramado legal de la demanda hecha por los productores de dulces estadounidenses a través de las agencias "Food and Drug Administration" (FDA) y el "U.S. Department of Homeland Security" (DHS), así como en los argumentos que el gobierno y los empresarios mexicanos brindan como defensa a este caso. En este mismo sentido, se escucha y argumenta la postura de los demás sectores involucrados en el problema, que son los consumidores, padres de familia y médicos los cuales exponen los riesgos de contaminación con plomo, los empresarios mexicanos dueños de las fabricas de dulces, a los trabajadores de estas empresas, afectados por el asunto, todo ello con la intención de ver la problemática desde diferentes ángulos, ya que finalmente los estudiantes emitirán un veredicto.

Son varios los autores que señalan que la escuela es el mejor lugar de entrenamiento para promover la argumentación de ASC relacionados con la NdC (Zeidler, Walker, Ackett, & Simmons, 2002) o la problemática de la sostenibilidad (Vilches y Gil, 2003;

³El poliuretano es un polímero que se obtiene mediante condensación de dioles (compuestos con dos grupos alcohol, -OH) que se hacen reaccionar con diisocianatos (compuestos con dos grupos isocianato, -N=C=O). Hay que insistir a los estudiantes en que éstos no deben tocarse ni llevarse a la boca, debido a su toxicidad.

Murga, 2008). En este sentido, la habilidad para argumentar viene a ser central en el aprendizaje de la ciencia, además de ser un componente medular de la alfabetización científica (Zeidler, Osborne, Erduran, Simmons y Monk, 2003; Osborne, 2009). Sin embargo la experiencia docente indica que, en general, se dedica poco tiempo a la reflexión y a la argumentación de problemas sociales que tienen que ver con la ciencia; tal vez porque la estructura curricular no lo permite o porque las funciones del(a) profesor(a) son tantas que no se da tiempo para promover este tipo de habilidades en el aula.

Posteriormente ya que los estudiantes se encuentran inmersos en toda esta problemática real, sienten la necesidad de corroborar si efectivamente los productos que consumen se encuentran contaminados con plomo, y es en este momento, cuando resplandece la importancia del análisis químico en la resolución de problemas sociales cotidianos. En este punto los estudiantes investigan y proponen una metodología 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.

La secuencia va a integrar todas estas técnicas y actividades que fomentan la observación, la imaginación, la participación y la investigación, en apartados llamados "Retos", los cuales motivan al estudiante a avanzar en la resolución del problema planteado.

Las metas de aprendizaje para esta secuencia son:

- Reconocer la importancia biológica de los metales;
- Conocer cómo es que los metales pesados contaminan el ambiente y dañan la salud;
- Cuestionar el impacto de la industria minero metalúrgica en la salud y el medio ambiente;
- Valorar la importancia del análisis químico para la identificación de metales pesados en productos de uso diario;
- Poner en tela de juicio la información no validada por un medio certificado;
- Fomentar el debate y la argumentación en asuntos 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.

Es importante aclarar que el orden en que se plantea la realización de las actividades en las secuencias, no es el mismo para cada caso. La secuencia sobre metales pesados se inicia con una lectura, le sigue una investigación documental y la realización de un juicio-debate, finalmente se concluye con la realización de una actividad experimental que tiene como objetivo valorar la importancia del análisis químico en la resolución y toma de decisiones en problemas de ASC. Por lo que respecta a la secuencia que aborda el tema de los polímeros, ésta inicia con una

actividad experimental que plantea la síntesis accidental del poliuretano, continúa con una investigación y la estructuración del debate sobre una estrategia para comercializar el producto obtenido por síntesis y concluye con una lectura que hace referencia a la historia de los polímeros y al reciclaje de estos materiales.

La intención en ambas secuencias didácticas, es la de motivar al estudiante a adquirir y valorar el conocimiento científico, por esa razón el estudio de los contenidos disciplinarios se realiza a partir del planteamiento de un problema social, en uno de los casos, y en el otro a partir de una serendipia que conduce al estudiante a ponerse en los zapatos del científico. Posteriormente, y acorde a la instrucción en CTS, la secuencia integra los asuntos tecnológicos y científicos que permiten el entendimiento y la resolución de los problemas planteados.

APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS SECUENCIAS

La valoración del efecto que tuvo la aplicación de las secuencias en la comprensión de los temas planteados en ellas se midió a partir del alcance logrado en los objetivos generales, ya que las dos secuencias de enseñanza-aprendizaje se estructuraron para atender varios aspectos de la enseñanza de la ciencia, entre los que destacan:

- El aprendizaje de contenidos científicos, en este caso relacionados con la contaminación por metales pesados y la producción de polímeros;
- La comprensión de las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad;
- La importancia de la participación ciudadana en temas científicos y tecnológicos que afectan a la sociedad.

Evaluar todos estos aspectos resulta complejo, por ello se integraron varios instrumentos de evaluación como cuestionarios y observaciones video grabadas de los juicio-debates, 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 de enseñanza-aprendizaje para introducir la dimensión CTS y los ASC en la enseñanza escolar.

Al contrastar algunas de las preguntas de los cuestionarios, en las que se hace alusión a los contenidos disciplinarios, se advierte una notoria mejoría 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 mayoría se preocupa por métodos de obtención, producción, rendimientos, reacciones químicas y usos de dichos metales. 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 (ver la tabla 3).

Asunto	Pre	Post
Son tóxicos	12%	70%
Métodos de obtención y propiedades	28%	12%
Usos de los metales pesados	40%	17%
No contestó	20%	1%

Tabla 3.- *Respuestas a la pregunta ¿Qué es lo mínimo que debe saber un ciudadano informado sobre los metales pesados?, antes y después de la aplicación de la secuencia didáctica sobre «contaminación por metales pesados, una llamada de alerta».*

Por otro lado, el análisis del proceso enseñanza-aprendizaje que resulta de las observaciones registradas en los videos (método etnográfico), demuestra que las actividades que conforman la secuencia didáctica fomentan la investigación como una de las habilidades fundamentales a desarrollar 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 juicio-debate despierta el interés en los estudiantes para continuar en la indagación 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 al llevar a cabo 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, se propicia la crítica, la reflexión y la revaloración del conocimiento como medio de acceso a la participación ciudadana. Todas estas son bondades que pueden reunirse en la formación estudiantil, gracias a la estrategia de la argumentación.



Figura 1.- *Representación del juicio-debate del caso de dulces contaminados. En la primera foto los alumnos que asumen el papel de la Procuraduría Federal del Consumidor mexicana; en la segunda los de la "Food and Drug Administration", a falta de un organismo similar en México; en la tercera los consumidores de dulces.*

Otro de los aciertos que tuvo la secuencia sobre ASC 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 de entender cómo los desarrollos científicos y tecnológicos afectan de una u otra forma a la sociedad. 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 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, o 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 ...

...nuestra culpa es estar mal informados creo que debemos desarrollar una conciencia social. Esto [el juicio-debate] nos ayudó a encontrar el matiz del problema desde todos los puntos de vista...

Una vez que los estudiantes ubican la intoxicación 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, deciden indagar la forma analítica de identificar la presencia de plomo en la alfarería vidriada que utilizan en sus casas, en pinturas, en juguetes 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, a diferencia de cuando la actividad experimental se presenta fuera de contexto, es decir cuando no se toma como referencia algún problema social o cotidiano. Este punto ha sido tratado ya por varios autores (King, Bellocchi y Ritchie, 2008) en los que se hace énfasis en la importancia del contexto y la vinculación de conceptos con el mundo real para un mayor y mejor aprendizaje.

Por lo que respecta a la secuencia didáctica "La espuma que le ayudó 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, que busque explicación a lo que observa y procure 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 entusiasman al presentar la publicidad 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 él se pueden incrustar lápices, plumas, flores...

Polipractic: 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 éstos los alumnos citan:

- √ 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.

Después de realizar la actividad experimental, se procede a plantear la ecuación química que representa la reacción de polimerización del poliuretano, en este punto los estudiantes ya se han preguntado varias veces qué sustancias son las que reaccionan y cómo es que se forma el material. La curiosidad manifestada por los estudiantes, es aprovechada para brindar una explicación sobre el mecanismo de polimerización del poliuretano y la producción de gas durante la reacción. En este caso se observa que los estudiantes están más receptivos y que este clima en el aula favorece el aprendizaje, a diferencia de la enseñanza tradicional en donde las actividades experimentales son más bien recetas que pretender apoyar y/o corroborar el conocimiento teórico el cual se encuentra aislado de su contexto histórico-social.

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 había iniciado la síntesis "artesanal" de polímeros (como la bakelita, hace un siglo) y no se tenían en mente tantas aplicaciones como hoy en día se observan. Esta experiencia permite que

los estudiantes tengan una visión más real de cómo se construye el conocimiento científico y de cómo se entrelaza con la tecnología y la sociedad.

Junto con la lectura se discute un cuestionario que nuevamente retoma asuntos 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.



Figura 2. Alumnos durante la síntesis de poliuretano (arriba a la izquierda; ver las caras de sorpresa que ponen) y en las discusiones de sus aplicaciones prácticas.

Estas son algunas de las respuestas que los estudiantes dieron en 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....

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 éstos...

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 CTS.

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.

ANÁLISIS FINAL

El diseño de las secuencias didácticas es un arduo trabajo que requiere de tiempo, conocimiento y creatividad. En las dos secuencias que se describen, 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 sobre ASC implica fundamentalmente un mayor entendimiento de la NdC y sus relaciones con la sociedad. Por ello 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 (Acevedo *et al.*, 2002).

El diseño de estrategias didácticas que facilitan la inserción de la dimensión CTS como son las secuencias elaboradas en este trabajo, debe contemplar también nuevos métodos de evaluación más acordes con este tipo de enseñanza y con los objetivos educativos. Por lo pronto en este trabajo retomamos las técnicas de evaluación en el aula, TEA (llamadas CATs por las siglas en inglés de "Classroom Assessment Techniques"; Angelo y Cross, 1993) como una buena opción para evaluar de forma rápida el aprendizaje de contenidos conceptuales entre los estudiantes en cada una de las sesiones, con la intención de corregir concepciones erróneas y promover la autoevaluación, la reflexión y la crítica entre los estudiantes. Se incluye una tabla con su descripción como anexo al final de este artículo.

En cuanto a las técnicas, métodos y actividades que integran una secuencia de enseñanza-aprendizaje en la dimensión CTS, deberán promover varios de los propósitos de la enseñanza de la ciencia CTS, 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 la participación ciudadana en la evaluación de tecnologías y el control de la ciencia. En este sentido podemos decir que tanto las lecturas que se elaboraron para cada uno de los temas del programa de química del

bachillerato, como los casos que se diseñaron para su representación en debates, permiten alcanzar varias de las metas de la enseñanza CTS y de los ASC.

Las lecturas contienen aspectos disciplinarios y plantean problemas sociales de actualidad, pero también narran anécdotas históricas. Resulta valioso atender la opinión de los expertos que indica que referirse a la historia de la ciencia 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 los conocimientos y las tecnologías que hoy disfrutamos.

Por otro lado la representación de los juicios-debates, promueve la investigación y propicia la participación de los educandos en la evaluación de los desarrollos tecnológicos.

Por lo que respecta a las actividades experimentales integradas en las secuencias, éstas contribuyen a valorar, por un lado, la importancia del análisis químico como una herramienta que aporta elementos indispensables para la toma de decisiones y, por el otro, resalta la importancia de la síntesis química en el diseño de nuevos materiales, medicamentos, en fin, una gran diversidad de productos. Con ello los estudiantes se llevan la idea de la importancia de la química para la vida cotidiana.

En cuanto a la efectividad de las secuencias en la dimensión CTS podemos decir que vistas como enfoques instruccionales, éstas mejoran el proceso de enseñanza-aprendizaje al detectar los puntos de anclaje entre los contenidos conceptuales de los programas de química y los ASC que se ven involucrados, lo que da como resultado un aprendizaje de la ciencia más atractivo y contextualizado sin la obligación de sobrecargar los contenidos del currículo.

Creemos que la principal ventaja de utilizar las secuencias didácticas para introducir la dimensión CTS y los ASC en los cursos de ciencias, es que no es necesario modificar los contenidos de los programas para transformar la práctica docente; porque las técnicas y materiales que las conforman permiten relacionar los contenidos disciplinarios con el contexto apropiado. Finalmente concluimos que la estructuración de cualquier propuesta didáctica necesita de tiempo, conocimiento e ingenio para desarrollar materiales, pero sobre todo, de ganas de transformar la enseñanza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2002). Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente. *Revista electrónica de la Enseñanza de las Ciencias* 1 (1). Consultada por última ocasión el 4 de junio de 2009 en la URL: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero1/Art1.pdf>.
- ACS, American Chemical Society (2006). *Chemistry in the Community*, 5th edition, Washington D.C.: W. H. Freeman & Co.
- Aikenhead, G. S. (2003). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame, *Educación Química* 16(2), 304-314, 2005. Traducción del capítulo 5 'STS education: A rose by any other name' en Roger Cross (ed.) *A vision for science education. Responding to the work of Peter*

- Fensham, New York: RoutledgeFalmer, 2003. Disponible en la dirección http://garritz.com/andoni_garritz_ruiz/documentos/ciencia_sociedad/Aikenhead%20%27a%20rose%20by%20any%20other%20name%27%20EQ%202005.pdf. La última consulta se hizo el 4 de junio de 2009.
- Aikenhead, G. S. (2005). Research Into STS Science Education. *Educación Química*, 16(3), 384-397. Una versión electrónica de este artículo está en http://garritz.com/andoni_garritz_ruiz/documentos/ciencia_sociedad/Aikenhead%20Research%20into%20STS%20Educ%20EQ%202005.pdf. La última consulta se hizo el 4 de junio de 2009.
- Angelo, T. y Cross, P. K. (1993). *Classroom Assessment Techniques, a handbook for College Teachers*. San Francisco: Jossey-Bass Inc.
- Archer, R. D. (1994). Foreword. En A. T. Schwartz, D. M. Bunce, R. G. Silberman, C. L. Stanitski, W. J. Stratton y A. P. Zipp, *Chemistry in Context. Applying Chemistry to Society*, Dubuque, IA, USA: American Chemical Society.
- Bennett, J., Lubben, F. y Hogarth, S. (2007). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching, *Science Education*, 91, 347-370.
- 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.
- CCH (1996). Plan de Estudios actualizado. Grupo de síntesis, cuadernillo No. 70. México: Colegio de Ciencias y Humanidades-UNAM.
- Garritz, A. (1994). Ciencia-Tecnología-Sociedad a diez años de iniciada la corriente, *Educación Química*, 5(4), 217-223. Una versión electrónica de este artículo puede obtenerse en la URL <http://www.oei.es/salactsi/quimica.htm>. Disponible también en la URL del Seminario de Investigación Educativa <http://depa.pquim.unam.mx/sie/Documentos/054-bach.pdf>. La última consulta de ambos se hizo el 4 de junio de 2009.
- Haugen, L. (1999). *Classroom Assessment Techniques (CATs)*, Iowa, USA: Center for Teaching Excellence, Iowa State University.
- Hill, G., Holman, J., Lazonby, J., Raffan, J. y Waddinston, D. (1989). *CHEMISTRY. The Salters' Approach*, Oxford: Heinemann Educational group.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83.
- Kaya, O. N., Yager, R. & Dogan, A. (2009). Changes in Attitudes Towards Science-Technology-Society of Pre-service Science Teachers, *Research in Science Education*, 39, 257-279.
- King, D, Bellocchi A, Ritchie S, 2008. Making connections: Learning and teaching Chemistry in contex, *Research in Science Education*, 38, 365-384.

- Kolstø, S. D. (2001). Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues, *Science Education*, 85, 291-310.
- 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. Algunas de sus secuencias de enseñanza-aprendizaje pueden consultarse de la URL siguiente, se ha hecho la última el 5 de junio de 2009. <http://www.education.leeds.ac.uk/research/cssme/projects.php?project=44&page=1>
- 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.
- 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.rieoei.org/rie32a08.pdf>, consultada por última vez el 4 de junio de 2009.
- 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.
- Membela, P. (1995). Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales, *Alambique*, No. 3, 7-12.
- Membela, 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.
- Murga Menoyo, M. A. (2008). Percepciones, valores y actitudes ante el desarrollo sostenible: Detección de necesidades educativas en estudiantes universitarios, *Revista Española de Pedagogía*, 66(240), 327-343.
- Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science, *International Journal of Science Education*, 21(5), 553- 576.
- Osborne, J. (2009). Hacia una pedagogía más social en la educación científica: el papel de la argumentación, *Educación Química*, 20(2), 145-154. Apareció originalmente como Osborne, J. (2007). Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(1) Fue consultado el 4 de junio de 2009 en la URL <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revista/index.html>
- Solbes, J., y Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81, 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. Consultada por última ocasión el 4 de junio de 2009 en la URL: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero3/Art11.pdf>.
- Vilches y Gil (2003), *Construyamos un futuro sostenible (Diálogos de supervivencia)*, OEI, Cambridge University press.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A. & Simmons, M. L. (2002). Tangled Up in Views: Beliefs in the Nature of Science and Responses to Socioscientific Dilemmas, *Science Education*, 86(3), 343 – 367.
- Zeidler, D., Osborne, J., Erduran, S., Simmons, M. y Monk, M. (2003). The role of argument during discourse about socioscientific issues, en D.L. Zeidler (ed.), *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (Chapter 5, Pp. 97-116), Dodrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377.
- Zeidler, D. L., Osborne, J., Erduran, S., Simon, S. & Monk, M. (2003). The role of argument during discourse about socioscientific issues. En D.L. Zeidler (ed.), *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education*, (Chapter 5, Pp. 97-116). Dodrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Zenteno, B. E. (2007) *Secuencias didácticas en la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad para la educación media superior de la química*, Tesis para obtener el grado de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior. El capítulo que contiene las dos secuencias de este trabajo fue consultada por última ocasión el 4 de junio de 2009 en la URL http://garritz.com/andoni_garritz_ruiz/documentos/zenteno-garritz_2007.pdf

ANEXO

Diversas evaluaciones propuestas por Angelo y Cross (1993) y Haugen (1999) para los "CATs" o Técnicas de Evaluación de Aula "TEA", como puede traducirse al español.

Clase de evaluación	Nombre	¿Cómo se hace?	¿Cómo utilizarla?
Para evaluar conocimientos y habilidades en un curso	<i>"Un minuto para escribir"</i>	En los últimos minutos de la clase pedir a los estudiantes que en media hoja de papel escriban lo que les pareció más importante de la clase y lo que más entendieron.	Para aclarar y corregir algunos planteamientos o concepciones que pudiesen ser erróneas o mal entendidas en la clase.
	<i>"El punto más lodoso"</i>	En una hoja de papel pedir a los alumnos que escriban qué fue lo más difícil de entender del tema visto ese día o lo que simplemente no entendieron. También se les pide que aporten algunas ideas que pudiesen apoyar al mejor entendimiento del tema.	Esta técnica se utiliza para aclarar y corregir concepciones erróneas o aproximaciones pedagógicas poco efectivas, ya que si varios estudiantes tienen el mismo problema deberá probarse otra aproximación de enseñanza-aprendizaje.
	<i>"Cadena de notas"</i>	Pasar un sobre que contenga preguntas acerca de la clase. Cada uno de los estudiantes escribirá una respuesta corta y la depositará dentro del sobre. El sobre pasará por cada una de las mesas hasta que todos escriban y den respuesta a las preguntas.	Clasificar las respuestas por tipo de respuesta (para obtener ideas generales de los alumnos sobre ese tema). En la próxima clase utilizar estas respuestas para discutir las diversas formas de entendimiento del tema.
	<i>"Artículo de aplicación"</i>	Durante los últimos 15 minutos de clase, solicitar a los estudiantes que escriban un artículo corto de una noticia en el cual se observe o describa una aplicación cotidiana (del mundo real) de los principales aspectos vistos en la clase.	Clasificar los artículos y seleccionar algunos para ser leídos en la próxima clase. Hacer referencia a la profundidad de las aplicaciones planteadas así como a la creatividad de los estudiantes.
	<i>"Generando preguntas en el estudiante"</i>	Dividir la clase en grupos y asignar un tema o tópico a cada grupo, del cual deberán elaborar y responder una pregunta que se incluirá en el próximo examen. Cada estudiante deberá asegurarse de obtener el derecho de colocar cuando menos una pregunta para el examen.	Utilizar varias de las preguntas, en cuanto sea posible combinar las que sean similares.
Para actitudes, valores y el autoconocimiento	<i>"El periódico"</i>	Pedir a los alumnos que preparen un periódico que detalle sus reflexiones y opiniones sobre la clase; Deberán registrar actitudes, valores y el conocimiento de sí mismos.	El periódico se turnará a los estudiantes varias veces durante el semestre con la intención de trazar los cambios y el desarrollo que se da dentro del grupo.

Clase de evaluación	Nombre	¿Cómo se hace?	¿Cómo utilizarla?
Las reacciones a los métodos de instrucción	<i>“Evaluación del examen”</i>	Seleccionar un examen que se utilice regularmente, adicionar algunas preguntas al final. Preguntar a los estudiantes en qué medida el examen mide sus conocimientos y habilidades adquiridas.	Realizar cambios razonables al examen. Supervisar las respuestas de los estudiantes.
	<i>“Representantes de grupo”</i>	Solicitar a los estudiantes que en pequeños grupos de trabajo discutan el progreso del curso, lo que ellos aprenden, así como algunas sugerencias para mejorar el curso.	Algunos de los comentarios estarán dirigidos al maestro otros a los estudiantes pero todo ello sirve para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
	<i>“Caja de sugerencias”</i>	Colocar una caja en la entrada del salón de clases y motivar a los estudiantes a que depositen una nota sobre cualquier problema o sugerencia surgida en clase.	Revisar las notas y responder, aclarar o resolver las dudas expuestas por los alumnos en la clase siguiente.
	<i>“Revisión por pares”</i>	Trabajar junto con otro docente para que entre colegas se intercambien opiniones acerca de la clase, su interacción con los estudiantes y las estrategias métodos o técnicas de enseñanza-aprendizaje aplicadas.	Discutir los métodos y la planeación de las clases con el colega.

DIALOGIC SEQUENCES, STS DIMENSION AND SSI IN CHEMISTRY TEACHING

SUMMARY

This work describes the use of teaching and learning sequences as a strategy based in socio-scientific issues (SSI) and argumentation to introduce the Science-Technology-Society (STS) dimension in a chemistry course. Two sequences were used with a group of 30 Chemistry students (last year of high school) in a classroom-laboratory of 'Colegio de Ciencias y Humanidades', at the National University of Mexico. The first sequence, concerning the toxicology of heavy metals was presented in the curricular unit "Mining-metallurgical Industry: non exploited heritage". The second sequence was about polymer synthesis and was part of the unit "The world of polymers". This work describes the teaching and learning sequences used in the classroom and it offers some didactic recommendations for further use as a teaching strategy. Finally it portrays an analysis of the utility of this kind of sequences for the introduction of STS dimension and SSI through argumentation as a way of teaching in chemistry courses.

Key words: Science-Technology-Society dimension; high school; teaching-learning sequences; chemistry teaching; socio-scientific issues; argumentation.