

LA ASIGNATURA SELLO CTS+I: ESTRATEGIA PARA LA ALFABETIZACIÓN TECNOCIENTÍFICA

MARIA EVELINDA
SANTIAGO JIMÉNEZ*
GLORIA ARROYO**

Resumen

La crisis ambiental y social que aqueja al planeta hace urgente practicar y rescatar valores para que el pensamiento científico se construya con la gente y no para la gente (Funtowicz y Ravetz, 2000). La educación juega un papel importante en esta empresa por lo que debe renovar su contrato social para que sea catalizadora de reflexiones sobre los impactos de los productos científicos y tecnológicos en la sociedad. Una estrategia educativa es la alfabetización tecnocientífica con un enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) porque impulsa acciones ciudadanas que repercuten en el diseño de políticas sobre ciencia y tecnología.

Palabras clave: alfabetización tecnocientífica, ciudadanía, responsabilidad social y ecológica.

Abstract

The environmental and social crisis that the planet is suffering make us think carefully about rescuing and practicing values, in order to build scientific knowledge with people and not for the people (Funtowicz y Ravetz, 2000). Education plays an important roll in this matter, for this reason, it must renew its social contract as to be the catalyst for reflexions about the impact that scientific and technological products have in our society. Technoscientific literacy focussed on STS (Science, Technology and Society) turns out to be an educative strategy in order to encourage people behaviour to reflect this strategy for policies design about science and technology.

Key words: technoscientific literacy, citizenship, social and ecological responsibility.

* División de Estudios de
Posgrado e Investigación
Instituto Tecnológico de
Puebla

** Instituto Tecnológico
de Querétaro,
Departamento de
Ciencias Económico-
Administrativas
Correo e: levelinda@
avantel.net
Ingreso: 08/06/06
Aprobación con
correcciones: 27/04/07

Introducción

La ciencia y la tecnología han sido instrumentos poderosos de conocimiento y transformación de la naturaleza, ambas han tenido la capacidad de resolver problemas críticos como la escasez de recursos, el hambre en el mundo y procurar mejores condiciones de bienestar para la humanidad; dándole una característica especial al ser humano: la capacidad técnica para transformar el medio ambiente. Sin embargo, esta connotación adaptativa del medio a la vida humana se convirtió en una extrema dependencia en la tecnología, creando espacios difusos que no permiten discernir los vínculos o los límites existentes entre ciencia, tecnología y sociedad.

Por otro lado, si bien es cierto que el pensamiento científico ha abierto las posibilidades para un conocimiento colectivo a través de las tecnologías de la información, su disposición para privilegiar el interés político y económico ha comprometido la supervivencia de las diferentes formas de vida en el planeta. Sólo la sociedad puede modificar esa disposición ejerciendo su ciudadanía, manifestando su derecho a ser incluida en todas aquellas decisiones políticas en ciencia y tecnología que la afecten. Sin embargo, la sociedad aún no está preparada para llevar a cabo este derecho. Una estrategia para que aprenda a ejercer su ciudadanía es la educación, pero con un enfoque en los estudios en ciencia, tecnología y sociedad (CTS). Este tipo de educación tiene la característica de fomentar la educación tecnocientífica, pero dirigida al aprendizaje de la organización, la participación ciudadana y la responsabilidad social y ecológica.

Este documento presenta la Asignatura Sello CTS+I (Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación) como una propuesta significativa para orientar la educación tecnocientífica hacia el aprendizaje de la participación como elemento central de la educación ciudadana y alfabetizar

tecnocientíficamente a los alumnos del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica¹ (SNEST). Se describen las estrategias diseñadas para implementar la Asignatura CTS+I, denominadas como REPA (*Reflexionar, Examinar, Proyectar y Aplicar*) (Arroyo y Santiago, 2005), su orientación sustancial es el desarrollo de habilidades para el análisis y síntesis de información teniendo como eje el fomento y desarrollo de actitudes y valores, privilegiando los procesos del pensamiento. Esta experiencia se encuentra en su fase de aplicación en ciertos posgrados del SNEST a manera de prueba piloto.

La ciencia y la tecnología sin la sociedad

Hasta el día de hoy los avances científicos y tecnológicos han estado entretnejidos en la trama más fina de la ideología del progreso económico y del dominio de la naturaleza; el resultado de la sumisión de la ciencia y la tecnología a los intereses políticos y económicos de una pequeña minoría es la crisis ambiental que hoy vive el planeta, que no es otra cosa que la crisis de un modelo económico-tecnológico y cultural que ha depredado a la naturaleza y subyugado a las culturas alternas (Riechmann 2004: 16).

La tecnología, como pareja fiel de la ciencia la ha materializado en productos para la sociedad, muchos de ellos útiles, pero una gran mayoría suntuarios. En sí, su labor principal ha consistido en engullir a la naturaleza, transformarla y ponerla en vidrieras para que la sociedad la consuma, siendo finalmente desechada como basura tecnológica. Sin embargo, es importante hacer notar que la tecnología nunca ha pretendido definir a la sociedad, sino que la ha abrazado, la ha circundado, la ha rodeado (Beck, 1998; Martín Gordillo y López Cerezo, 2000; Waks, 1990) la ha seducido y se ha incrustado en su intimidad. Es decir, desde del ámbito hegemónico, la tec-

¹ Para mayor información visitar: <http://www.gdit.gob.mx/dgest/popaso.htm>

nología no sólo ha deteriorado sensiblemente la calidad ambiental al promover un manejo abrasivo de los recursos naturales, sino también ha restado bienestar a los pueblos tradicionales al avalar acciones económicas y políticas destructoras de sus proyectos de vida. Este documento no pretende satanizar a la ciencia y la tecnología porque sus contribuciones han beneficiado a la humanidad sobre todo en el ámbito de la salud y las comunicaciones.

Sin embargo, tanto los beneficios como los perjuicios ocasionados se han convertido en argumentos que hacen que la ciencia y la tecnología se encuentren debatiendo en dos frentes políticos, uno que las invita a seguir nutriendo la economía hegemónica y sus leyes de mercado y otro que las conmina a reorientar su producción hacia linderos más amables y suaves con la diversidad social y ecológica. Por otra parte, no obstante que los intereses de la ciencia y la tecnología están fincados en políticas hegemónicas, paradójicamente, gracias a su desarrollo la ciudadanía está más informada y preocupada por sus efectos. En este sentido, los ciudadanos hoy se plantean interrogantes singulares sobre *lo que somos* (cuando ya es posible la replica de seres vivos idénticos, *lo que comemos* (cuando ya es posible la creación de alimentos transgénicos), *lo que sabemos* (cuando las redes de comunicación casi han llegado a ser infinitos) (Martín Gordillo y López Cerezo, 2000: 1) y *lo que permaneceremos* (cuando el riesgo es la constante debido a la criminalidad, los desastres naturales provocados por el uso irreverente de la ciencia y la tecnología, y la globalización de los desastres tecnológicos). Ante todas estas interrogantes, la sociedad necesita respuestas, sin embargo, también necesita ser capacitada para entenderlas y encontrarlas por sí misma. Es decir, la sociedad requiere ser alfabetizada tecnocientíficamente para que realice las consultas adecuadas que develen las incógnitas referidas a las relaciones que se

dan entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. “En su versión [académica], el conocimiento científico y tecnológico [no ha estado orientado] a la formación de una ciudadanía capaz de comprender, de manejarse y de participar en el gobierno de un mundo en el que la ciencia y la tecnología son centrales (Martín Gordillo y Osorio, 2003: 3)” Esto no ha sido así porque tiene un reconocimiento social que no está puesto en duda, reconocimiento fortalecido por la creencia de que un currículo con más materias llenas de números más prestigio tiene la especialidad. Ante esta realidad construida, la ciudadanía no pone condiciones para que este conocimiento sea aplicado sin considerar sus limitaciones y los posibles riesgos para la sociedad. No se está sugiriendo la desaparición o disminución de asignaturas matemáticas, tecnológicas o biológicas, sino que a la par que el conocimiento es transmitido, también se reflexione acerca de los riesgos que pueden presentarse cuando éstos se ponen al servicio de intereses políticos y económicos no éticos y no empáticos con el resto de la sociedad.

Por otro lado, para que la sociedad ejerza su derecho ciudadano de ser incluido en la definición de políticas tecnocientíficas, debe aprender a participar, conocer y manejarse en un mundo en el que la ciencia y la tecnología vive en la intimidad de sus vidas. Es en este sentido que la educación tiene áreas de oportunidad para reinventar sus procedimientos y así hacerse más coherente con su compromiso con la sociedad, para ello se requiere una educación que enseñe a participar a la ciudadanía. Este proceso es posible a través de la aplicación de los estudios con un enfoque en ciencia, tecnología y sociedad (CTS) en un cierto número de asignaturas definidas para esa intención.

Este tipo de educación la ha venido promoviendo la Organización de Estados Iberoamericanos² (OEI) a través de sus cátedras

² Para una mayor información visitar: <http://www.oei.es>

en “Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS)”. El enfoque constituye un campo interdisciplinario centrado en el estudio sobre las relaciones de la ciencia y la tecnología con su entorno social, busca el objetivo de conciliar una orientación de la ciencia y la tecnología hacia la innovación productiva con la preservación de la naturaleza y la satisfacción de las necesidades sociales. El SNEST (Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica) toma como suya esta premisa y diseña la Asignatura Sello CTS+I (Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación) para sus posgrados. A través de la asignatura busca que el alumno genere su propio conocimiento por medio de lecturas discutidas y análisis de estudio para que más tarde, incluya variables sociales y ecológicas en la construcción de sistemas y aparatos tecnológicos; y principalmente se convierta en un ciudadano interesado en involucrarse en la toma de decisiones políticas basadas en ciencia y tecnología.

Los estudios CTS

Los estudios CTS son una alternativa que provee una conexión con el mundo real, desde las aulas de clase el proceso pretende darle al estudiante la práctica para identificar problemas potenciales, recolectar datos respecto al problema, considerar soluciones alternativas y las consecuencias basadas en una decisión en particular. Por otra parte, los estudios CTS establecen que una sociedad evolucionada por las ciencias y las tecnologías demanda que los ciudadanos manejen saberes científicos y técnicos, para que puedan responder a necesidades de diversa índole, sean estas profesionales, utilitarias, democráticas, operativas,

incluso metafísicas y lúdicas, Osorio (2002). Para que los ciudadanos manejen esos saberes es necesario dar a la sociedad pobladores alfabetizados tecnocientíficamente, es decir, gente que tenga la información que les permita participar en las decisiones que les impacten negativamente como ciudadanos, particularmente en las decisiones políticas concernientes a ciencia y tecnología; como por ejemplo, la ciudadanía podría develar el interés oculto sobre “El estudio del genoma de los mexicanos”. A partir de lo anterior, pueden nacer preguntas como: ¿El estudio servirá al pueblo o a las corporaciones? ¿Cuál será su uso? ¿Se podría utilizar para discriminar a personas con “errores” genéticos”? (Cabral, 2000; Servín, 2001) entre otras preguntas.

Dentro de las aulas, los programas CTS son un complemento curricular para estudiantes de diversas procedencias (Osorio, 2002); por un lado, se ofrece a los estudiantes de ingeniería y de ciencias naturales una formación humanística básica y por otro, a los estudiantes de humanidades un acercamiento holístico a la ciencia. En ambos casos se busca desarrollar una sensibilidad crítica sobre los impactos sociales y ambientales derivados de las nuevas tecnologías, enfatizando la naturaleza social de la ciencia y la tecnología, el rol político de los expertos y su propia posición en esas situaciones. Las formas en que la educación CTS se da van desde Injertos CTS y educación en valores; este esfuerzo reside en incorporar actitudes de responsabilidad personal y social en la evaluación científica y tecnológica. La orientación es lograr una enseñanza de calidad y mejores actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia y la tecnología³. En este sentido, CTS busca promover y desarrollar formas de análisis

³ Aquí se considera, por ejemplo, el ciclo de responsabilidad social de Waks (1990), que consta de las siguientes etapas: a) Formación de actitudes de responsabilidad personal en relación con el ambiente natural y con la calidad de vida; b) Toma de conciencia e investigación de temas CTS, enfatizando el bien individual y el bien común; c) Toma de decisiones en relación con estas opciones considerando factores científicos, tecnológicos, políticos, éticos y económicos; d) Acción individual y social responsable para llevar a la práctica el proceso de estudio y toma de decisiones; y, e) Generalización a consideraciones más amplias de teoría y principio incluyendo la naturaleza sistémica de la tecnología y sus implicaciones sociales y ambientales, la formulación de las políticas en las democracias tecnológicas modernas y los principios éticos que puedan guiar el estilo de vida y las decisiones políticas sobre el desarrollo tecnológico.

e interpretación sobre la ciencia y la tecnología dentro de un ambiente interdisciplinario, en donde se destacan la historia, la filosofía y sociología de la ciencia y la tecnología, así como la economía del cambio técnico y las teorías de la educación y del pensamiento político. Una de las herramientas que facilita la alfabetización tecnocientífica es la estrategia llamada Simulación Educativa con Enfoque en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) o Injerto CTS que se describe dentro de este documento.

La asignatura CTS+I

El Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica está constituido por Institutos Tecnológicos del Mar, Agropecuarios e Industriales. En marzo de 2004 el SNEST saca a la luz el Modelo Educativo para el Siglo XXI en el que dice que toma la decisión “[...] de convertirse en un actor comprometido y destacado de esta nueva era, en la que la capacidad de reflexión ideológica y el acceso al conocimiento, así como la competencia para generarlo y aplicarlo en beneficio del ser humano y la preservación de la naturaleza serán los principales componentes de la identidad de las naciones y su viabilidad en la historia (SNEST, 2004: 10)”. Siendo el Sistema un organismo federal avocado mayormente –desde hace más de 60 años– a la formación de ingenieros para fortalecer el desarrollo industrial del país, reconoce la importancia del impacto que tiene en la vida social y ecológica de México por lo que decide reestructurar las curricula de las diferentes licenciaturas y posgrados e incluir materias que induzcan a los alumnos a reflexionar sobre su compromiso social y ecológico no sólo como ciudadanos sino en el ejercicio de su profesión.

Para los posgrados del SNEST se elabora la llamada Asignatura Sello CTS+I, colocándola como obligatoria y al inicio de cualquier estudio de posgrado. El diseño de la Asignatura Sello CTS+I tiene diferentes momentos históricos que inician en abril de 2004 y terminan en agosto

del mismo año. Es importante hacer notar que esta asignatura fue elaborada por un grupo de profesoras y profesores de diferentes disciplinas, adscritos a tecnológicos ubicados en distintas partes de la República. Además, tenían la característica de haber sido alfabetizados a través de los ocho módulos de la Cátedra CTS+I, capítulo México, auspiciada por la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).

La asignatura incluye seis grandes temas: a) Introducción a los estudios de la ciencia y la tecnología; b) CTS+I y su Historia; c) Sistemas de Innovación Nacionales y Regionales; d) Ciencia y tecnología para el desarrollo sostenible; e) Políticas públicas y evaluación de la ciencia y la tecnología y, f) Gestión del conocimiento. A su vez, cada uno de estos temas está compuesto por subtemas que están interconectados entre sí y que inducen al alumno a explorar su área del conocimiento con una visión que integre a la sociedad y al medio ambiente. En este sentido, la materia busca catalizar una actitud crítica, responsable y propositiva en el egresado, específicamente cuando se encuentre frente a situaciones que impliquen decisiones tecnológicas que puedan impactar severamente a la diversidad social y ecológica. Si bien es cierto que los alumnos al egresar reconstruyen su visión del mundo, específicamente cuando se adhieren a una corporación como trabajadores; sin embargo, se espera que contemplen que al final de la jornada se convierten en ciudadanos comunes y corrientes propensos a ser afectados por posibles situaciones riesgosas provocadas por la empresa en la que trabajen. Esto no deja de ser un predicamento porque las necesidades inmediatas, como alimentar a sus familias, se convierten en prioridad antes de volverse un activista social o ecológico. Sin embargo, el alumno debe conocer que al aliarse como trabajador a una empresa que no practique éticamente la responsabilidad social y ecológica se convierte en corresponsable de los riesgos creados por los procesos productivos que conlleve elaborar un producto o servicio. De esta manera el alumno podrá tomar decisiones

acordes a sus prioridades y sus intereses, pero si fuera necesario podría acudir al Principio de Precaución, si él considera que el riesgo previsto causará daños incalculables

Implementación en el aula

Regularmente los alumnos que incursionan en los posgrados del SNEST son personas que se encuentran trabajando en alguna corporación de la región o del país. Bien podría decirse, ante este panorama, que buscan estudiar un posgrado para lograr, entre otras metas, un ascenso dentro de la corporación en la que trabajan. Indudablemente, están empapados de la filosofía que mueve a la empresa; esto hace difícil hacerles ver los posibles riesgos que implica su trabajo para la sociedad y los ecosistemas. Por lo tanto, el reto de la asignatura es provocar un análisis endógeno que, principalmente, emane de la internalización de la alfabetización tecnocientífica. Una herramienta CTS para catalizar ese análisis en el alumno es la Simulación Educativa con Enfoque CTS que a continuación se describe.

La Simulación Educativa con Enfoque CTS o Injerto CTS es una modalidad de trabajo que es especialmente útil para abordar una temática dentro de un curso de ciencias o de tecnología. Se trata que a una asignatura tecnológica o científica, se le introduzca un tema CTS. Regularmente este tema tiene que ver con la naturaleza de la ciencia y sus implicaciones con la tecnología y la sociedad, así como del papel de los científicos y de los ciudadanos en las decisiones relacionadas con el desarrollo tecnocientífico. La estrategia consiste en darle a una asignatura tecnológica una visión CTS donde se resalte la naturaleza de la tecnología, las interacciones entre tecnología y sociedad, y entre tecnología y ciencia (Acevedo,

1996), además de las preocupaciones acerca de los fines de los sistemas tecnológicos y la forma como nos afectan en la vida personal, familiar y social.

Los injertos o los estudios de caso, sean estos reales o simulados, resultan ser una herramienta importante para problemas locales, son de gran utilidad para provocar en los estudiantes conciencia sobre las implicaciones de la ciencia y la tecnología. Esta estrategia de aprendizaje se enfoca a los conceptos centrales y principios de una disciplina, involucra a los estudiantes en la solución de problemas y otras tareas significativas, les permite trabajar de manera autónoma para construir su propio aprendizaje y culmina en resultados reales generados por ellos mismos. Para lograr el aprendizaje es imperativo que los estudiantes manejen una diversidad de fuentes de información y disciplinas que son necesarias para resolver problemas o contestar preguntas que sean realmente relevantes.

El maestro presenta una situación real en forma de noticia local⁴, los estudiantes deben *reflexionar* sobre tal noticia y fijar su postura que expresan en un breve escrito y comentan en clase. El maestro solicita que sean identificados el problema y las posibles causas, invitándolos a investigar buscando hechos relacionados. Al presentar los resultados de su indagación, se discuten grupalmente y se privilegia el proceso de *examinar* los hechos, datos, etc., relacionándolos con principios científicos y tecnológicos presentes. Se orienta e incita a profundizar la búsqueda de los principios, teorías, hipótesis, señaladas por los estudiantes y una vez hecho esto, se les pide propongan una solución y la *proyecten*; el paso final es que el estudiante *actúe*, es decir, lleve a la práctica, en lo posible, la solución al problema planteado; asuma una posición frente a ese hecho, piense y sienta y actúe diferente, tome conciencia.

⁴ Originalmente se pensó en una noticia ficticia, como lo hace el Grupo Argo (<http://www.grupoargo.org>) pero dado que en nuestro país son muy frecuentes las noticias que ponen de manifiesto algún desastre ecológico natural o bien atentados contra el medio ambiente se sugiere trabajar con noticias reales.

Una vez efectuado lo anterior, los procesos mentales que han intervenido en estas acciones, se traducen en un producto que no es totalmente predecible, pero sí vinculado con el entorno real y laboral del estudiante, convirtiéndolo en un verdadero actor del ser y devenir de su entorno. De esta manera, se fomenta que el alumno investigue utilizando las técnicas propias de las disciplinas en cuestión, llevándolo así a la aplicación de estos conocimientos a otras situaciones, en las que puedan participar maestros y otras personas involucradas a fin de que el conocimiento sea compartido y distribuido entre los miembros de la “comunidad de aprendizaje”. Al mismo tiempo, se desarrollan una variedad de habilidades sociales relacionadas con el trabajo en grupo y la negociación, se promueve la asimilación de conceptos, valores y formas de pensamiento. Se provoca la creación de un clima en donde los estudiantes puedan “aprender a desaprender para volver a aprender”; desarrollar la iniciativa propia; y la persistencia y la autonomía, entre otros. De esta manera se suscitará y ayudará a desarrollar en el educando habilidades metacognitivas como la autodirección y autoevaluación ocasionando un aprendizaje significativo que integra conceptos de diferentes materias. Las condiciones para que se dé la estrategia son: flexibilidad, apertura, libre expresión de ideas, en breve, crear un ambiente favorable para la participación individual y grupal y por ende la posibilidad de aprender tanto de errores como de aciertos.

Esta estrategia supone la definición de nuevos roles para el alumno y para el profesor, muy diferentes a los ejercidos en otras técnicas y estrategias didácticas. El maestro está continuamente monitoreando la aplicación en el salón de clase, obser-

vando qué funcionó y qué no, volviéndose estudiante al aprender cómo sus alumnos aprenden; lo anterior, le permite determinar cuál es la mejor manera en que puede facilitarles el aprendizaje, actuando como un proveedor de recursos y en un participante de las actividades de aprendizaje. Los estudiantes lo consideran un asesor o colega más que un experto, porque les motiva a una participación activa en la construcción y refinamiento de los aprendizajes, tanto procedimentales como actitudinales (Bruner, 1996).

La estrategia anterior podría generar entre los profesores una serie de conflictos si el grupo consta de un solo alumno, pero se sugiere que a la Asignatura Sello CTS+I concurren alumnos de los diferentes posgrados. La diversidad de conocimiento hace que los análisis, debates y el foro final estén matizados por un flujo de saberes multidisciplinarios que enriquece no sólo la experiencia académica, sino contribuye a impulsar una participación ciudadana en la vida real.

Como lo marca el programa, a medida que evolucione el semestre se les hacen llegar lecturas que no sólo tengan que ver con el temario de la materia, sino con problemáticas sociales y ecológicas provocadas por la aplicación de ciencia y la tecnología, de modo que estas lecturas sean comentadas en clase. Y, para dar una visión más amplia de los impactos de la tecnología, se sugiere invitar a colegas expertos en temas de contaminación para que dicten una charla; además, que se proyecten películas con contenido referente a los temas que la materia sugiere y se realicen visitas a centros donde se estén llevando a cabo recuperaciones de la diversidad social y ecológica, a través de procesos productivos sustentables, como por ejemplo, el “Museo del Agua” (www.alternativas.org.mx) y “Las Cañadas” (www.bosquedeniebla.com.mx).

Evaluación

La asignatura no está diseñada para que el alumno sea sometido a una serie de exámenes que comprueben el conocimiento adquirido sino que, se busca que la información transmitida por el profesor y la investigada por él mismo, sean parte de su memoria, aquella que logra trascender en acciones congruentes con la preservación de la vida. Por tal razón, después de cada una de las actividades se sugiere se les haga llegar un cuestionario con no más de diez preguntas para que el profesor y el mismo alumno conozcan el grado de apropiación de la información a través de respuestas que sean producto de una reflexión más que de una respuesta mecanizada. Dentro de las formas de evaluación el alumno debe escribir un artículo y someterlo a evaluación a una revista arbitrada, ya sea de divulgación o de rigor científico. En el artículo debe reflexionar sobre el entretendido político y económico que su investigación provocará en la sociedad y el medio ambiente. Es decir, evaluar su trabajo bajo la luz de los Estudios CTS.

La Simulación Educativa con enfoque CTS se ha estado utilizando como herramienta en el Instituto Tecnológico de Puebla en cursos de licenciatura, con resultados interesantes que están siendo recopilados como parte de un proyecto de investigación y no son incluidos en este documento por estar en proceso. En este caso específico, además de que se desarrollan las actividades antes mencionadas, al iniciar el curso se les presenta la estructura de lo que será el injerto CTS. Éste consiste en una noticia relevante que es analizada durante todo el semestre, dándoles oportunidad de investigar para crear una postura al respecto. Hasta este momento se han desarrollado tres Simulaciones Educativas CTS: Desastre ecológico causa Pemex por fuga de gasolina en Xicotepec de Juárez, Puebla (Santiago, 2005) –caso real ocurrido en agosto de 2005– La Escuela en la red (Martín Gordillo, 2004) y AIDS 2001: la vacuna

contra el sida (Martín Gordillo, 2001). Para el injerto, los alumnos forman equipos simulando ser cada uno de los actores que están implicados en el problema. Durante varias semanas se llevan a cabo debates donde cada actor presenta su postura, el resto hace preguntas y opina a favor o en contra. A final del semestre los alumnos organizan un foro donde hacen el último debate y llegan a una propuesta concertada y definida por todos los que participan. Como actividad de cierre se les aplica de nuevo el cuestionario que se relacione con la alfabetización tecnocientífica adquirida durante el curso para conocer el grado de aprendizaje.

A modo de evaluación, se reflexiona sobre la actuación de cada alumno como es la responsabilidad, la profundidad en la investigación sobre el actor que les tocó, la ética y cooperación dentro del equipo y con el grupo, entre otros valores. Con la finalidad de que ellos mismos emitan una opinión sobre su participación en la asignatura, se tiene una plática con cada uno de los equipos para que ellos evalúen su participación y comenten sobre qué aprendieron y qué les faltó hacer para que por ellos mismos obtuvieran un mejor resultado.

Es importante hacer notar que el acto de valorar el aprendizaje implica considerar de inicio, la estimación de los *resultados* de los estudiantes y la evaluación de la efectividad del proyecto en general, es decir, una evaluación multidimensional. El primer tipo de evaluación considera los resultados del proceso (las competencias, estrategias, actitudes y disposición de los alumnos) adquiridas durante su participación en el curso. La *auto evaluación* que los estudiantes hacen de sus resultados y productos incluye tanto una evaluación de resultados como del proyecto elaborado. Una *retroalimentación* puede ser realizada inmediatamente por parte de los compañeros, maestros, expertos, etc., en aras de mayor efectividad, pues brinda la oportunidad de recibir y aprender de la misma considerada como una parte natural de las actividades del desempeño.

La evaluación basada en el desempeño se centra en los proyectos considerados como producto, éstos muestran una tendencia a tomar su propio rumbo, por eso es importante evaluarlos de acuerdo con la efectividad del mismo en la medida que se desarrolla y a su conclusión. Durante el desarrollo del proyecto, las señales de avance y los resultados de mediano plazo pueden ser usados para medir el progreso y decidir si es necesario encausarlo. Otro aspecto a considerar de este trabajo, es la difusión al interior de las escuelas, en especial al docente, debido a la resistencia del cambio de paradigma: es más importante la ganancia económica que cuidar el ambiente y servir democráticamente a la sociedad.

La Asignatura CTS+I ya se ha iniciado en algunos institutos tecnológicos y se espera obtener resultados positivos, mismos que sólo se podrán conocer al darle seguimiento a los alumnos que hayan incursionado en ella. Finalmente, se han desarrollado acciones complementarias que han incluido capacitación a los maestros que estarán al frente de la asignatura; ejemplo de lo anterior son los Talleres Simulación Educativa con enfoque CTS+I que fueron diseñados e impartidos por las autoras en fechas recientes.

Conclusiones

Históricamente se ha observado que la ciencia y la tecnología evolucionan a medida que tienen la capacidad de responder a los principales desafíos de cada época. Los de la nuestra conciernen al riesgo ambiental global y a la equidad entre los pueblos (Funtowicz y Ravetz, 2000). Esta situación mundial plantea que la ciencia y la tecnología debe discernir entre: a) seguir al servicio de los intereses políticos y económicos creados dentro de la estructura hegemónica, pensando que tiene el control y la verdad absoluta o, b) reconocer que debe trabajar dentro de los linderos de la democracia, la pluralidad, lo impredecible y la inexistencia de un control

completo. Es en la primera premisa que ha prevalecido en los sistemas educativos, pero las manifestaciones sociales y ecológicas que en los últimos años se han venido presentando han hecho que el pensamiento sobre cómo educar a la sociedad cambie. Es en esta realidad, donde se puede observar que no existe ninguna tradición cultural que tenga la capacidad de anunciar las respuestas que exigen los problemas del planeta, que nacen los Estudios Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) donde no se trata de discutir la importancia de la ciencia y la tecnología para la sociedad, sino que la discusión se centra en los objetivos que las enmarcan; de dónde proviene el financiamiento para que sean posibles; quiénes definen los mecanismos de evaluación y control; y sobre todo quién las gobierna. Dentro de esta disciplina se busca superar la concepción lineal de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, de las que se puede decir que la sociedad es sólo una receptora y escenario para “valorar” los productos –tecnología– y conocimientos –ciencia–, formándose así un eslabón de tres componentes lineales. Sin embargo, las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad tienen un carácter más impredecible, por lo que se vuelven complejas y dinámicas. Esta relación, por lo tanto, debe ser reflexionada con mayor profundidad y responsabilidad para que puedan entrecruzarse las consecuencias de la actividad tecnocientífica en la sociedad y los ecosistemas.

Es en esta corriente que el Sistema de Educación Superior Tecnológica (SNEST) decidió incluir dentro de las currículas de sus posgrados una asignatura que le diera un sello a los egresados como ciudadanos social y ecológicamente responsables. Empresa por demás difícil porque, como en todos los ámbitos científicos y tecnológicos, existe una renuencia a reinventar patrones disciplinarios edificados en la concepción de que la ciencia tiene una relación lineal con la sociedad. Sin embargo, se espera que la impartición de talleres con un enfoque CTS produzca un movimiento que logre imprimirle un sello de responsabilidad social y ecológica a

las investigaciones y productos científicos que se generen en el SNEST.

La Asignatura CTS+I (Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación) busca darle argumentos a los alumnos para que construyan sistemas productivos alternativos que favorezcan la solución de problemas reales de la sociedad de la que ellos forman parte. Como estrategia para impartirla se sugiere la herramienta REPA (Reflexionar, Examinar, Proyectar, Aplicar) que se fundamenta en la recreación de la realidad dentro de las aulas. Es decir, tanto el alumno como el maestro deberán llevar a discusión problemas que impliquen el contexto social y ecológico de manera integral; además, crea un ambiente altamente propicio para la adquisición y el desarrollo de conocimientos, habilidades y actitudes en todos los participantes. Algunas de las habilidades y competencias que REPA busca desarrollar son las sociales, relacionadas con el trabajo en grupo y la negociación, así como habilidades asociadas

con la planeación, conducción y la evaluación de una variedad de procesos que involucren la resolución de problemas y los juicios de valor, pero de manera muy especial, fomentar las habilidades para “aprender a aprender”, las habilidades tecnológicas, las metacognitivas como son la autodirección y autoevaluación y de manera sustancial, la integración de conceptos transdisciplinarios. La incorporación de la Asignatura Sello en los posgrados del SNEST, representa un reto y una oportunidad para el docente quien debe ser un verdadero promotor del cambio frente a las demandas de la productividad, pero imbricadas dentro de la sustentabilidad.

Esta experiencia ha sido complementada con el diseño de varios talleres denominados Simulación Educativa bajo el enfoque CTS+I, en los que han participado maestros que estarán al frente de la Asignatura CTS+I y que están sirviendo como prueba piloto. Mucho camino queda por recorrer redoblando esfuerzos y generando sinergias.

Referencias

ACEVEDO, José Antonio (1996). “Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS”. *Revista Borrador*. Vol. 13, 26-30. Disponible a texto completo en: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo2.htm>> Consultado el 28 de abril de 2006.

ARROYO, Gloria; Evelinda Santiago (2005). “Estrategia REPA para la formación en Desarrollo Sustentable y Productividad en el Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica” *3^{me} Congrès de l'ADERSE*. à Lyon. France. Congrès de l'Association pour le Développement de l'Enseignement et de la Recherche sur la Responsabilité Sociale de l'Entreprise 18 et 19 octobre (2005).

BECK, Ulrich (1998). *Sociedad del Riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona, Ediciones Paidós Ibérica.

BRUNER, Jerome (1996). *The Culture of Education*. Cambridge, MA, Harvard University Press.

CABRAL R. Antonio (2000). “El genoma humano”. *Lunes de la Ciencia*. Suplemento: *La Jornada* del 2 de julio de 2000. Disponible a texto completo en: <<http://www.jornada.unam.mx/2000/07/04/cien-genoma.html>> Consultado el 1o de mayo de 2007.

FUNTOWICZ, Silvio O.; Jerome R. Ravetz (2000). *La Ciencia Posnormal. Ciencia con la Gente*. Barcelona, Icaria editorial.

MARTÍN GORDILLO, Mariano (2001). *AIDS-2001: la vacuna contra el sida. Simulación educativa de un caso CTS sobre salud*. Madrid, Organización de Estados Iberoamericanos.

——— (2004). *¿La escuela en la red? Simulación educativa de un caso CTS sobre la educación y nuevas tecnologías*. Seminario-taller sobre Materiales Didácticos CTS en la Enseñanza Media. La Antigua, Guatemala, Organización de Estados Iberoamericanos.

MARTÍN GORDILLO, Mariano; Carlos Osorio (2003). “Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica”. En: *Revista Iberoamericana de Educación. Escuela y medios de comunicación*, Número 32. Mayo-agosto. Disponible a texto completo en: <<http://www.rieoei.org/rie32a08.htm>> Consultado el 24 de marzo de 2006.

MARTÍN GORDILLO, Mariano; José Antonio López Cerezo (2000). “Acercando la Ciencia a la sociedad. La perspectiva CTS su implantación educativa”. En: *Ciencia, tecnología/naturaleza, cultura del siglo XXI*, Coordinadores: M. Medina y T. Kwiatkowska, Barcelona, Anthropos-UAM.

OSORIO, Carlos (2002). “La Educación Científica y Tecnológica desde el enfoque en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Aproximaciones y Experiencias para la Educación Secundaria”. En: *Revista Iberoamericana de Educación. Enseñanza de la Tecnología*, Número 28. Enero-abril. Disponible a texto completo en: <<http://www.rieoei.org/rie28a02.html>> Consultado el 25 de abril de 2005.

RIECHMANN, Jorge (2004). *Ética Ecológica. Propuesta para una reorientación*. Uruguay, Editorial Nordan-Comunidad.

SANTIAGO, Evelinda (2005). *Desastre ecológico causa PEMEX por fuga de gasolina en Xicotepac de Juárez, Puebla. Simulación educativa CTS sobre desastres ecológicos y ciudadanía*. Documento de trabajo.

SERVIN, Mirna (2001). “Discutir el derecho genómico”. *Lunes de la Ciencia*. En: La Jornada del 19 de marzo de 2001. Disponible a texto completo en: <<http://www.jornada.unam.mx/2001/03/19/cien-servin.html>> Consultado el 1o de mayo de 2007.

SNEST (2004). *Modelo Educativo para el Siglo XXI*. México, CoSNET.

WAKS, Leonard (1990). “Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos intelectuales”. En: M. Medina y J. Sanmartín (Eds.): *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Barcelona, Anthropos.