

Ciencia, Tecnología, Sociedad (CTS) y Alfabetización Científica

Mónica Liliana Mejía Restrepo

Natalia Ortiz Espinal

**Asesora: María Mercedes Jiménez Narváez
Mg. en Educación**

**Universidad de Antioquia
Facultad de Educación
Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en
Ciencias Naturales y Educación Ambiental
Presencialidad Concentrada
Medellín
2007**

Ciencia, Tecnología, Sociedad (CTS) y Alfabetización Científica

Mónica Liliana Mejía Restrepo

Natalia Ortiz Espinal

**Investigación Monográfica para optar al título de
Licenciadas en Educación Básica con Énfasis en
Ciencias Naturales y Educación Ambiental**

**Asesora: Maria Mercedes Jiménez Narvéez
Mg. en Educación**

**Universidad de Antioquia
Facultad de Educación
Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en
Ciencias Naturales y Educación Ambiental
Presencialidad Concentrada
Medellín
2007**

*Educación es depositar en una
Persona toda la obra humana
Que le ha antecedido, es hacerle
Resumen del mundo viviente,
Hasta el día en que vive,
Es ponerla al nivel de su
Tiempo para que flote sobre
Él y no debajo de su tiempo,
Con lo que no podría salir a flote,
Es prepararla para la vida.*

José Martí (1968)

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Introducción	4
1. Planteamiento del problema.....	7
1.1 Pregunta de investigación.....	12
2. Objetivos	
2.1 Objetivo general.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. Metodología	
3.1 Fases de la investigación.....	15
3.2 Mapa de búsqueda.....	16
4. Estado del arte	
4.1 Origen del CTS y concepto de alfabetización científica.....	20
4.2 Necesidad e importancia de la alfabetización científica y tecnológica desde la enseñanza de las ciencias con enfoque CTS.....	24
4.3 Ventajas de una alfabetización científica como una posible solución al cambio actitudinal en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.....	29
4.4 Inclusión CTS en las clases de ciencias. Estrategias, metodologías, y contenidos.....	33
5. Conclusiones	44
6. Bibliografía	48
7. Anexos	
7.1 Fichas	51
7.2 Cronograma.....	52

INTRODUCCIÓN

La educación en sentido amplio, desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) se ha venido incorporando hace aproximadamente una década, coincidiendo con las reformas educativas planificadas, desarrolladas e implantadas en muchos países durante los 90`s bajo el lema de *alfabetización científica*, que tiene como objetivo formar una ciudadanía mejor preparada en temas que tienen que ver con ciencia y tecnología. Una sociedad transformada por las ciencias y las tecnologías requiere que los ciudadanos manejen saberes científicos y técnicos y puedan responder a necesidades de diversa índole, sean estas profesionales, utilitarias, democráticas, operativas e incluso lúdicas.

Profesionales, por cuanto se precisa aumentar y actualizar las competencias, más aún para investigadores. Utilitarias, al reconocer que todo saber es poder; por ejemplo, del control sobre el propio cuerpo. Democráticas, ya que la alfabetización puede instruir a la ciudadanía en modelos participativos sobre aspectos como el transporte, la energía, la salud, etc., y permite cuestionar la tecnocracia que maneja los aspectos públicos relacionados con el desarrollo tecnocientífico. También a través de la alfabetización se puede ayudar a las necesidades de tipo operativo en la medida que pueden tener componentes formativos hacia el uso de modelos, el manejo de información, la movilización de saberes, en fin, se trata del aprendizaje organizado. Por último, puede ser también un asunto lúdico, por cuanto puede ayudarnos a vivir mas placenteramente con la ciencia, en la medida en que nos formamos una comprensión mas amplia de la misma y ha saber vivir en el mundo en medio de numerosos interrogantes (Giordan, 1994)

Existen otras definiciones acerca de alfabetización científica, en este estudio adoptamos la cual, la define como un proceso de aprendizaje donde ayuda a que cada ciudadano pueda participar en los asuntos democráticos para promover una

acción ciudadana encaminada a la resolución de problemas relacionados con el desarrollo científico - tecnológico de las sociedades contemporáneas (Wacks, 1990).

Los enfoques CTS aspiran a que la alfabetización contribuya a la enseñanza de los estudiantes sobre la búsqueda de información relevante e importante sobre las ciencias y las tecnologías de la vida moderna, a la perspectiva de que puedan analizarla y evaluarla, a reflexionar sobre esta información, a definir los valores más implicados en ella para tomar decisiones al respecto, reconociendo que su propia decisión final esta, así mismo, basada en valores. (Cutcliffe, 1990)

El tema que aborda este estudio es Ciencia, Tecnología, Sociedad (CTS) y alfabetización científica para todas las personas. Nuestro objetivo principal es indagar acerca de cómo la educación en Ciencias Naturales desde el enfoque CTS, ha contribuido a la formación científica y ciudadana, ya que si bien es cierto que vivimos en la sociedad del conocimiento, caracterizada porque la base de la producción es en su gran mayoría la ciencia y la tecnología, también es importante reconocer que el bien maspreciado no son las consecuencias de los avances que estas tengan, sino las capacidades que tiene el ser humano para crear, y aplicar creativa, responsable y críticamente los conocimientos.

La investigación se desarrolló dentro del paradigma cualitativo, con la metodología de investigación documental siguiendo las fases sugeridas por la autora Hoyos, (2000). En el comienzo del estudio se realizó un cronograma que permitió tener una idea general de cómo se trabajaría desde el inicio hasta el final de la investigación, se plantearon unos objetivos, seguido a lo anterior se abordaron las fuentes de información para el rastreo bibliográfico y así extraer del material documental los datos pertinentes y someterlos a revisión, reseña y descripción. Luego se realizó la construcción teórica global en donde se hizo la selección de documentos encontrados en la consulta que se consideraron pertinentes para la investigación, para esto se hicieron lecturas exhaustivas y análisis riguroso de la

información para pasar a la producción científica escrita; por último, se realiza la publicación donde se comunica la información.

Se pudo evidenciar en nuestro estudio, donde países como Estados Unidos, Brasil, Argentina, y principalmente España son los que más han contribuido con los estudios y las aplicaciones de nuevos métodos de enseñar las ciencias con un enfoque científico y tecnológico; con lo cual se busca crear en los individuos, una conciencia y capacidad de decisión crítica, analítica donde ellos puedan generar propuestas frente a los fenómenos que se viven a diario en nuestra sociedad desde la escuela a todas las personas.

Se espera entonces, que este trabajo contribuya a que dentro del programa de la Licenciatura en Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental se comiencen a tener en cuenta las principales propuestas del movimiento educativo CTS y establecer las finalidades de la enseñanza de las ciencias de una forma mas amplia y así futuros maestros dotados con dicho conocimiento propongan alternativas para que sus estudiantes hagan mejor uso de los avances que nos ofrece la ciencia y la tecnología.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ciencia, Tecnología y Sociedad, CTS, corresponde al nombre que se ha venido dando a una línea de trabajo académico e investigativo, que tiene por objeto preguntarse por la naturaleza social del conocimiento científico-tecnológico y sus incidencias en los diferentes ámbitos económicos, sociales, ambientales y culturales de las sociedades occidentales principalmente en países como España y Estados Unidos. A los estudios CTS también se les conoce como estudios sociales de la ciencia y la tecnología.

Sus orígenes se remontan a la década de los 60's, con la movilización social por los problemas relacionados con el desarrollo tecnológico. La preocupación por la ciencia y la tecnología se venía manifestando desde la segunda guerra mundial, aquella que dejó más de 40 millones de muertos, con la posición de varios científicos que cuestionaron e incluso abandonaron sus experimentaciones en el campo de la energía nuclear, decepcionados por la forma como sus trabajos de investigación habían sido utilizados en la producción y utilización de la bomba atómica. Estos científicos buscaron otras ciencias como la biología, para trabajar desde allí por un conocimiento que contribuyera a la vida y no a la destrucción de la misma. La ciencia, sinónimo de razón y de verdad, de progreso de la humanidad, parecía señalar el límite de su utilización a través de la creación de la bomba.

La preocupación por el desarrollo tecno-científico creció y se multiplicó en los sesenta, bajo el escenario de la tensión internacional por la carrera armamentista y bajo el creciente deterioro del medio ambiente. En este contexto se generaron dos grandes tendencias en los estudios CTS. Una preocupada por los orígenes epistemológicos y sociales del conocimiento (sin mayor articulación con el mundo social) y otra de origen norteamericano que ha estado centrada en las

consecuencias de ese conocimiento en los diferentes espacios de la sociedad (González, et al., 1996).

Los estudios CTS se han concentrado sobre todo en tres campos (González, et al., 1996; Waks, 1990):

- En el de la investigación, promoviendo una visión socialmente contextualizada de la ciencia y la tecnología.
- En el de las políticas de ciencia y tecnología, defendiendo la participación pública en la toma de decisiones en cuestiones de política y de cuestión científico-tecnológica.
- En el educativo, tanto en la educación secundaria como universitaria, contribuyendo con una nueva y mas amplia percepción de la ciencia y la tecnología con el propósito de formar una ciudadanía alfabetizada científica y tecnológicamente.

Los antecedentes de la alfabetización científica como finalidad educativa tienen su historia en los procesos de reflexión de la educación científica (DeBoer, 2000; Hurd, 1998; Oliver et al., 2001), este tema lo aborda Maria Antonia Manassero en sus artículos y muestra que esta temática coincide con las reformas educativas proyectadas e implantadas en países como España y Estados Unidos, durante los años noventa, y se ha revitalizado el debate internacional, reivindicando con insistencia la necesidad de una alfabetización científica y tecnológica como parte esencial de la educación básica y general de todas las personas.

Asumir esto en verdad implica que la enseñanza de las ciencias no puede ceñirse al conocimiento científico y tecnológico, sino que los objetivos y las capacidades a desarrollar en los estudiantes y maestros deben ser más holísticas y tener autentica relevancia social, incluyendo los valores éticos y democráticos que se ponen en juego cuando intervienen la ciencia y la tecnología en la sociedad. La tesis fundamental que se sustenta es que el paradigma CTS puede guiar mejor

que otros paradigmas educativos, la selección de contenidos básicos, relevantes y mas útiles para todas las personas, que se relacione con la vida cotidiana y puedan contribuir realmente a su alfabetización científica y tecnológica, así como dar pautas metodológicas para llevar a cabo esta importante innovación educativa (Acevedo, 1996).

Podríamos decir que los adelantos científicos se han convertido en el símbolo de esta sociedad. El desarrollo científico en este siglo se ha venido caracterizando por un crecimiento asombroso de los conocimientos científicos y tecnológicos, y en donde la investigación cumple un papel importante. Y es igualmente notable en nuestro tiempo, el acortamiento constante que separa un descubrimiento científico de su aplicación a gran escala. Las consecuencias que ha tenido esta “avalancha” tecnológica han producido muchas trasformaciones en casi todos los ámbitos: sociales, económico, cultural, político, ambiental, entre otros; la tecnología cada vez envuelve mas nuestra vida cotidiana. Sin embargo, se ha comprobado que los manejos que se le dan a la ciencia y a la tecnología producen, en muchas ocasiones consecuencias que se salen de su control, y producen efectos nocivos para la humanidad: deterioro del medio ambiente, guerras cada vez más devastadoras, conflictos sociales, entre otros.

Si bien es cierto que vivimos en una sociedad del conocimiento caracterizada porque la base de la producción es en su gran mayoría la ciencia y la tecnología, también es importante reconocer que el bien maspreciado no es la infraestructura, las máquinas y los equipos, sino las capacidades que tiene el ser humano para adquirir, crear, distribuir y aplicar creativa, responsable y críticamente los conocimientos, en un medio donde el rápido ritmo de la innovación científica y tecnológica los hace obsoletos en poco tiempo.

La escuela como estructura que tiene la sociedad para divulgar su cultura, incluida la cultura científica debe comenzar a adoptar un enfoque social en la enseñanza de las ciencias, e incluir en los currículos objetivos y contenidos que traten de

contextualizar más socialmente a las Ciencias Naturales. La inclusión de las relaciones CTS en la enseñanza da relevancia a las clases de ciencias puesto que por un lado atraen la atención de los estudiantes que quizás antes no habían visto la necesidad de estudiar ciencias, y por otro estimulan también la enseñanza de las ciencias al relacionarlas con las discusiones sobre cuestiones humanas, éticas y políticas, contribuyendo a la comprensión pública de las ciencias.

En un trabajo anterior realizado por Jordi Solbes y Amparo Vilches en el 2004, se planteó conocer hasta qué punto se está impulsando desde el currículum de ciencias la preparación de los estudiantes para la toma de decisiones (Aikenhead, 1985; Hodson, 1994), como aspecto relevante de la alfabetización científica y tecnológica, de la educación científica para una ciudadanía responsable frente a los graves problemas que afectan a la humanidad.

Los resultados obtenidos por estos investigadores hasta el momento les permiten afirmar que en general la enseñanza no presta atención a esta dimensión de la educación ciudadana, por lo que los estudiantes no son capaces de participar en la toma de decisiones en torno a los problemas que se plantean en nuestras sociedades, en particular, a los relacionados con la ciencia y la tecnología y sus implicaciones con la sociedad y el medio ambiente y, por tanto, participar en las acciones necesarias.

Nuestra investigación surge debido al interés que nos surge de conocer esta línea de investigación y más exactamente de su aplicación a través de la enseñanza de las ciencias naturales para la alfabetización científica, y esto debido a que ya sea como asignatura independiente o como recomendaciones que impregnan contenidos y enfoques dentro de las propias disciplinas científicas, nos parece que esta línea plantea nuevos desafíos y demandas para la educación específicamente de las ciencias naturales en nuestro país.

También nuestra investigación nace debido a que la concepción del papel que debe desempeñar la ciencia en la formación del individuo se ha ido modificando y ampliando con el tiempo a fin de responder al crecimiento de la ciencia y la tecnología a lo largo del siglo actual. Sin embargo con ella queremos ahondar un poco en un punto que nos parece importante y es el por qué si la ciencia y la tecnología contribuyen a configurar modos de vida en la sociedad moderna no ha sido captado, en la misma medida por su enseñanza; además es inquietante que en estos tiempos “solo una minoría de ciudadanos posee una comprensión adecuada de las necesidades de lo que significan estos campos del saber” (Prieto 1997).

Así mismo, queremos hacer esta investigación por dos razones principales, la primera de ellas es que en la Licenciatura no se han hecho estudios acerca de Ciencia, Tecnología y Sociedad y consideramos este tema muy actual y pertinente en nuestra área de formación; y la segunda, es que a través de nuestra consulta sobre este tema en fuentes como bases de datos y centros de documentación, nos hemos podido dar cuenta que para muchos autores, el analfabetismo científico-tecnológico de la mayoría de la población constituye un peligro que atenta contra las bases de la democracia, es decir, se teme que esta carencia facilite el camino a la manipulación de los ciudadanos en cuestiones de opinión sobre temas clave que pueden implicar intereses, valores y creencias y cuya comprensión requiere buenas dosis de conocimiento por que su nivel de decisión es político y social. Por esto nos interesa hacer una investigación que pueda servir como el principio, de ambiciosamente muchas otras investigaciones, que aboguen para que desde la escuela se comience a conseguir que todos “los ciudadanos adquieran por lo menos unos niveles mínimos aceptables de conocimientos sobre ciencia y tecnología, conectando el aprendizaje de las ciencias a la tecnología y ambas a sus relaciones sociales. Se trata de dar a los estudiantes una noción que no tiene su origen en las materias científico-tecnológicas sino en la comprensión del impacto que ambas tienen en todos los niveles de nuestra vida” (Prieto1997).

Finalmente, en nuestro contexto no conocemos suficiente sobre el enfoque CTS en educación y por ello, es necesario hacer una investigación que ayude a recoger esa información, que permita a los docentes asumir la necesidad de conectar los conocimientos científicos con el contexto tecnológico y sus correspondientes desarrollos e innovaciones, para dar así entrada en la enseñanza de las ciencias al olvidado papel de la tecnología.

Nuestro proyecto podría ayudar a comprender mejor el tema y abriría las puertas para futuras investigaciones de quienes se interesen por saber a profundidad más acerca de Ciencia, Tecnología y Sociedad en la enseñanza de las ciencias naturales para una alfabetización científica. Por tanto esta investigación se guiará por la siguiente pregunta problema:

¿Cómo la educación en ciencias, fundamentada en el enfoque CTS, ayuda en la formación científica y ciudadana?

2.1 OBJETIVO GENERAL

A través de una investigación documental, indagar cómo la educación en Ciencias Naturales desde el enfoque CTS ha contribuido a la formación científica y ciudadana.

2.2 Objetivos específicos

- * Elaborar un estado del arte que muestre las relaciones entre las experiencias de enseñanza de las Ciencias Naturales con enfoque CTS y la formación científica y ciudadana.

- * Explorar las limitaciones y posibilidades del enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias y la formación ciudadana.

3. METODOLOGÍA

Esta investigación es de corte cualitativo, para su proceso se escogió la investigación documental.

Podemos definir a la investigación documental como una estrategia donde se observa y reflexiona sistemáticamente sobre realidades (teóricas o no) usando para ello diferentes tipos de documentos (Hoyos 2000). Los investigadores Indagan, interpretan, presentan datos e informaciones sobre un tema determinado de cualquier ciencia, utilizando para ello, una metódica de análisis; teniendo como finalidad obtener resultados que pudiesen ser base para el desarrollo de la creación científica.

Siguiendo las ideas de Hoyos (2000) para la investigación documental los principios que orientan nuestra investigación son:

- *Principio de finalidad:* se refiere a los objetivos planteados de acuerdo a la necesidad de la investigación
- *Principio de coherencia:* es el proceso integro de la relación del desarrolla de las fases, las actividades y los datos que constituyen el fundamento de la investigación
- *Principio de fidelidad:* recolección rigurosa de la información y la transcripción fehaciente de los datos
- *Principio de integración:* evaluación cualitativa que se hace de cada unidad de análisis de los temas y el conjunto
- *Principio de comprensión:* hace posible la construcción teórica del conjunto en forma global, para poder ofrecer conclusiones de manera sintética sobre el estado general del tema desarrollado.

Para la realización ordenada y coherente de nuestra investigación llevando a cabalidad el desarrollo y ejecución de cada una de las fases nos trazamos un cronograma con las posibles fechas de ejecución de las mismas, para cumplir con el objetivo y hacer un adecuado uso del tiempo durante el desarrollo de nuestra investigación. (*Ver anexo 2 página 52*)

3.1 Fases de la investigación

3.1.1 Fase preparatoria (abordaje del tema)

- * En esta fase preparatoria se exploró la emergencia del enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias a nivel general, es decir, la mayoría de documentos que aparecieran al digitar CTS fueron revisados para luego ser mirados con más detalle.
- * Luego continuamos con el rastreo histórico del enfoque CTS y mayor profundidad lo que tiene que ver con la alfabetización científica y tecnológica.
- * Estudiamos las consecuencias que trae para la formación ciudadana la enseñanza de las ciencias bajo el enfoque CTS.

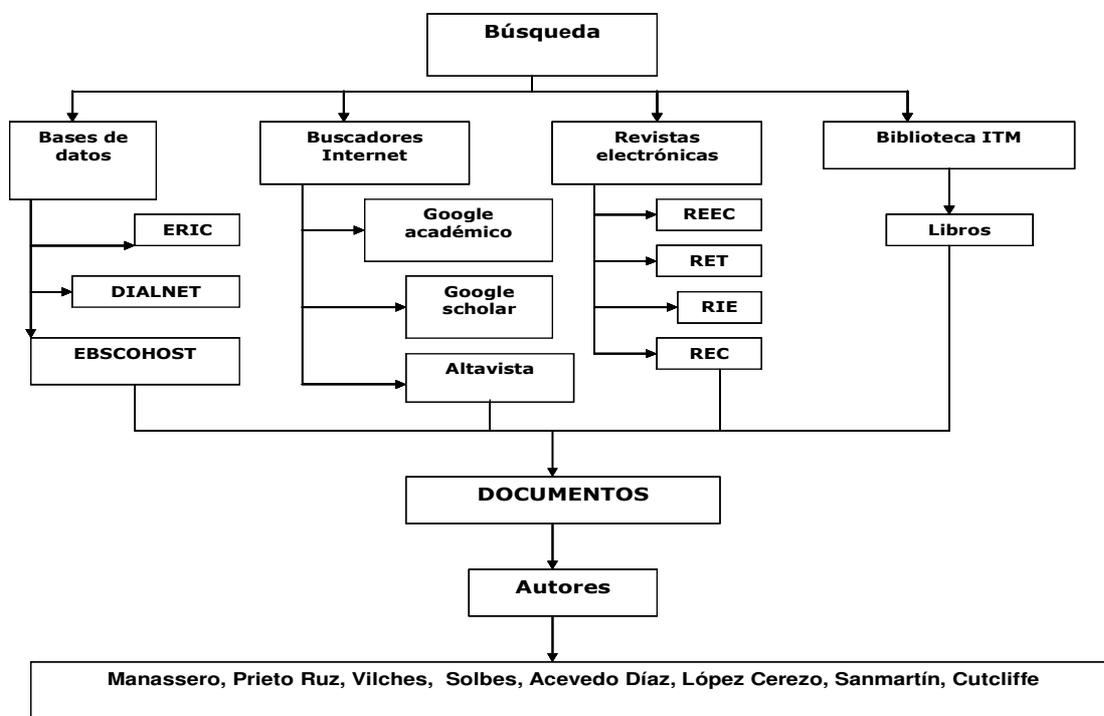
3.1.2 Fase descriptiva (Fuentes de información)

- * Para esta fase utilizamos diferentes bases de datos, entre ellas: Eric, Ebsco host, Dialnet, y buscadores en Internet como Google académico y Altavista.
- * Centramos nuestra consulta en la biblioteca de la Universidad de Antioquia y la biblioteca del Instituto Tecnológico Metropolitano de la ciudad de Medellín (ITM), aunque también hemos hecho búsqueda en otras bibliotecas como la de la UPB, La biblioteca de la Universidad de Antioquia, Biblioteca Pública Piloto, y la Biblioteca de EPM.

- * De los documentos encontrados se hizo una lectura rápida y fichas de contenido. (ver anexo1)

En el siguiente esquema se sintetiza las fuentes utilizadas para la búsqueda de información y los apellidos de los autores que más se encontraron en las referencias

3.2 Mapa de búsqueda



3.1.3 Fase de construcción teórica (Selección de documentos)

Para esta fase se utilizó el recurso de categorización, en el cual, de cada documento revisado se extrajeron conceptos comunes de cada autor o documento revisado, como primer criterio utilizado, dichos conceptos apuntan a la consecución de los objetivos planteados en nuestra investigación.

A partir del proceso de revisión y análisis en nuestra investigación surgen 4 categorías que son: *Orígenes del CTS y el concepto de alfabetización científica*; *Necesidad de una alfabetización científica*; *Ventajas y desventajas de una alfabetización científica*; y *Cómo, que incluye Metodologías, Estrategias y Recomendaciones para la inclusión de dicho enfoque en las clases de ciencias*.

Para la elección de las categorías realizamos varios ejercicios de lectura y una extracción de los conceptos que en los documentos eran repetitivos, comenzamos por hacer una lista de cada uno y observar la frecuencia con la cual aparecían y la forma que en que el autor lo utilizaba, es decir, el fin con el cual se menciona dicho concepto repetidas veces en diferentes documentos de distintos autores.

3.1.4 Fase de extensión y publicación (Tratamiento de la información)

* Análisis del contenido

Para el análisis de la información recopilada recurrimos a la constante comunicación con la asesora para la adecuada asimilación y descripción de la misma a la hora de comenzar a redactar, sin que nuestro trabajo se viera afectado por supuestos o sentimientos de las analistas estudiantes en su primer ejercicio concienzudo en el campo de la investigación para la construcción del estado del arte.

Realizamos alrededor de unas tres ó cuatro lecturas individuales de cada documento encontrado y luego una ó dos lecturas en equipo, según la necesidad o complejidad del texto leído; compartimos opiniones personales a favor o en contra para saber como percibíamos cada una el documento y luego nos dedicamos a escribir sin hacer intervenciones personales o mediadas por nuestros sentimientos como ya lo hemos mencionado anteriormente.

* Comunicación de la información

Durante la ejecución de la consulta bibliográfica y el proceso de investigación, realizamos tres presentaciones a manera de avances, para saber como íbamos con nuestra investigación. En estas presentaciones asistieron compañeros de la licenciatura y diferentes maestras asesoras de otros trabajos de investigación que aportaron con sugerencias y/o felicitaciones en algunos casos según la necesidad del trabajo expuesto.

4. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se presenta el análisis de 4 categorías producto de la consulta, la lectura, relectura, interpretación y el análisis documental.

En esta búsqueda se evidenciaron algunos de los países y autores más relevantes que escriben e investigan acerca del enfoque CTS. España, es uno de los países que mas investiga y promueve el enfoque CTS y la alfabetización científica dentro de las clases de Ciencias Naturales, es por esto que, los autores mas importantes y reiterativos de nuestra revisión bibliográfica provienen de este país: José Antonio López Cerezo, José Antonio Díaz Acevedo, José Sanmartín, Maria Antonia Manassero Mas, Amparo Vilches, Jordi Solbes entre otros.

En Colombia se encontraron a los autores Georlán Echevarria Patiño, profesor del Instituto Tecnológico Metropolitano ITM y a Carlos Osorio M, y los demás autores provienen de otros países como Estados Unidos y Argentina.

El periodo de tiempo de las bibliografías que se consultaron es relativamente reciente –considerando que esta corriente nació en los años 70's–; los textos utilizados van aproximadamente desde el año 1994 al 2003.

4.1 Orígenes del CTS y el concepto de alfabetización científica

Los orígenes del movimiento CTS relacionados con el ámbito educativo se dieron en la década de los 60's y principios de los 70's en universidades británicas y de Europa central y luego se traslada hacia Estados Unidos, en donde se consolida. López (1999), menciona que un concepto clave de ésta época es la *controversia* en la medida que éste refleja la flexibilidad interpretativa de la realidad y de los problemas que abordaban los científicos en la construcción del conocimiento.

La perspectiva del CTS también permea a la escuela desde la época de los 70's, en el marco de las propuestas denominadas "Alfabetización científica" o "Ciencia para todos"; las experiencias de esta incorporación se dan principalmente en instituciones educativas de países bajos y Estados Unidos, generalmente en los niveles de educación secundaria y superior.

Ciencia Tecnología y Sociedad es más que la mera yuxtaposición de esos tres conceptos. Se trata de una perspectiva o movimiento que pone el acento en la existencia de importantes interacciones entre ellos. A lo largo de la historia, la ciencia y la tecnología han tenido gran importancia en las formas de vida social (del mismo modo que, históricamente, las formas de vida social han sido también determinantes en el desarrollo tecnocientífico). Sin embargo, es en las últimas décadas cuando la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad es aun mas intensa y ha comenzado a construir un tema de reflexión sustantivo.

Ante esta situación se han dado actitudes radicalizadas y acríicas. Por un lado, hay quienes consideran a la ciencia y la tecnología como los verdaderos demonios de la modernidad. Frente a estos "tecnófobos" también hay quienes sostienen que todo mal en el mundo tendrá su solución tecnocientífica, por lo que lejos de ser algo diabólico, "la ciencia y la tecnología tienen las virtudes salvíficas que antes se le asignaban a los dioses" (Prieto, 1997)

Tecnofilia y tecnofobia son, por tanto, las dos actitudes sociales acríticas que se suscitan ante la ciencia y la tecnología. Frente a ellas la perspectiva CTS supone una nueva consideración de las relaciones entre esos tres conceptos que permitan una visión mas ajustada y critica de las mismas. Así mismo, los planteamientos CTS intentan promover la alfabetización científica para la participación pública de los ciudadanos en las decisiones que orientan el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

La perspectiva CTS se enfrenta a la visión tradicional o concepción heredada de la ciencia, según la cual la actividad científica tiene como fin el descubrimiento de nuevos conocimientos sobre la realidad, con lo que sería objetiva y neutral. Para ésta concepción, la historia de la ciencia consistiría en la acumulación constante de saberes de forma independiente de otros factores del entorno.

Por último, desde esos planteamientos la tecnología no sería más que la aplicación a la práctica de los conocimientos producidos por la ciencia. El autor López (2001), plantea que por el contrario la perspectiva CTS defiende otra consideración de las relaciones entre ciencia y sociedad que podría ser resumida en tres premisas. La primera afirma que la actividad tecnocientífica es también un proceso social como otros; la segunda pone de manifiesto los efectos para la sociedad y la naturaleza de la actividad tecnocientífica; la tercera premisa supone la aceptación de la democracia. De estas premisas se deriva una conclusión final: es necesario promover una alfabetización científica que permita la evaluación y el control social de la actividad tecnocientífica.

Desarrollando la segunda y la tercera premisa del enfoque CTS, podemos decir, que los planteamientos mas prácticos de este movimiento tienden a reclamar la presencia del público, en los procesos de toma de decisiones sobre el desarrollo tecnocientífico. La influencia de las tecnologías en la vida social es, hoy mas que nunca, de gran intensidad. Por ello, debe ponerse en primer plano a la propia

sociedad como protagonista en la orientación del desarrollo de las actividades tecnocientíficas.

Sin embargo, los planteamientos de la evaluación de tecnologías que se iniciaron en los años 60's buscaron solamente el asesoramiento técnico, por parte de expertos, acerca de las consecuencias sociales (los impactos) de una nueva tecnología. Más recientemente se han defendido otros modelos de participación pública en la evaluación de la tecnología que, como los congresos de consenso integran a ciudadanos tanto expertos como profanos y pretenden dar mayor amplitud a la acción democrática de la toma de decisiones sobre los desarrollos científicos tecnológicos.

Con el fin entonces de que los ciudadanos ejerzan mejor la ciudadanía, el enfoque CTS propone una alfabetización científica para todas las personas. La alfabetización científica consiste en que los ciudadanos tengan unos conocimientos mínimos aceptables acerca de ciencia y tecnología y puedan participar así en la toma de decisiones, y para esto, se recomienda que el aprendizaje de la ciencia este conectado al de la tecnología, y ambas a las relaciones sociales.

La alfabetización científica es la forma que tienen los individuos para desarrollar la capacidad de evaluar los beneficios y costes de la tecnología y para llevar a cabo una acción efectiva en el terreno de la discusión política, en acción legislativa o en cualquier otra parte, para colocarlas bajo el control de la comunidad. Estar alfabetizado científica y tecnológicamente es adquirir habilidades integradas con los conocimientos que uno posee y lograr sintetizar múltiples perspectivas, ser sensible a las relaciones e interconexiones sutiles en la naturaleza y en el mundo hecho por el hombre, ser cada vez mas conciente del desarrollo de los puntos de vista propios y aprender a expresarlos, comunicárselos a otros y negociar soluciones positivas para problemas comunes. (Waks 1990).

Se trata en primer lugar, de una propuesta que tiene la finalidad de hacer frente a las necesidades y creencias con las que se encuentra la sociedad debido al rápido avance científico-tecnológico. La omnipresencia de la tecnología unida a su mayor complejidad, da lugar a una situación bastante problemática.

El movimiento CTS y su propuesta alfabetizadora intentan poner un remedio a este tipo de cosas y ha pretendido materializar la creencia ampliamente extendida de que es a través del ámbito educativo y en especial desde la educación en ciencias experimentales que es como debe enfrentarse a esta situación problemática que involucra a todas las personas.” Es por esto que la alfabetización científica y tecnológica es una de las finalidades planteadas en muchas reformas curriculares que se están llevando a cabo en numerosos países, con el fin de incluir en el currículo diversos aspectos que orienten la enseñanza de las ciencias y tratan de relacionarla con el propio estudiante”. (Vilches y Furió, 1999)

En este sentido, se tiene que el CTS es un campo de estudio e investigación fructífero, que busca que la educación fundamentada en esta perspectiva, ayude a comprender mejor la ciencia y la tecnología en el contexto social en el cual se desarrolla, así como sus relaciones. Además, al pensar en CTS como una propuesta educativa general, se identifica que esta perspectiva aporta en el planteamiento de los currículos escolares y apunta hacia la formación de conocimientos y valores de participación ciudadana y de democracia responsable.

4.2 Necesidad e importancia de la alfabetización científica y tecnológica desde la enseñanza de las ciencias con enfoque CTS

Muchas veces se identifica la escuela con la planta física, pero la escuela es ante todo comunidad educativa (educandos, educadores, padres de familia, directivos, docentes, administradores...), que a su vez está inmersa en una comunidad mas grande, regulada por normas establecidas por ella misma bajo el marco orientador de la sociedad y el Estado.

Entre las misiones de la escuela está la de construir, vivificar y consolidar valores y en general la cultura. La escuela aprovecha el conocimiento común y las experiencias previas de los alumnos para que estos, en un proceso de transformación construyan conocimiento científico. Por tanto, la escuela da acceso a los diferentes saberes para socializarlos y ponerlos al servicio de la comunidad.

Precisamente debido a que la ciencia es hecha y permeada por la sociedad, la ciencia y la tecnología han estado dirigidas y utilizadas por diferentes grupos sociales que le han dado uso de acuerdo con sus intereses. Por una parte el propósito y valoración que tiene los científicos y los tecnólogos de sus aportes para el bien social, es diferente al uso que hacen los dirigentes políticos o grupos con intereses económicos particulares. Este hecho causa muchas veces alteración en el orden social y natural. Por ejemplo, el conocimiento científico ha sido utilizado para producir armas que les permiten a pueblos que las tienen utilizarlas y dominar a otros que no las tienen.

El poder industrial ha generado a corto plazo un gran progreso para la humanidad pero a largo plazo a repercutido en perjuicios irreparables al medio natural. El hombre no ha llegado a una reflexión seria y colectiva sobre ciertas consecuencias nocivas que trae consigo la aplicación de la tecnología puesto que no ha logrado conciliar las leyes sociales establecidas con las leyes de la naturaleza. (Ministerio de Educación Nacional, 1998)

Mediante la inadecuada aplicación de la tecnología y el desconocimiento de la misma, se ha llegado a poner en riesgo el equilibrio del planeta Tierra. Ahora bien, sólo de la reflexión racional y de la conciliación entre las leyes sociales, y de la adecuación y respeto hacia las leyes naturales, dependería la conservación de los ecosistemas y la supervivencia de la humanidad.

El manejo desequilibrado de la ciencia y la tecnología también ha sido causante de injusticia social, puesto que muchos de sus beneficios llegan sólo a grupos privilegiados, dejando de lado a una gran parte de la población. La desigualdad social y cultural de los pueblos disminuirá progresivamente en la medida que tenga acceso a la ciencia y a la utilización racional de los avances científicos y tecnológicos, mediante los cuales se logran mejores condiciones de vida para la humanidad.

Como se plantea en los lineamientos curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental del Ministerio de Educación Nacional MEN (1998): “la política educativa, el currículo en general y la escuela como institución, no deben ser ajenas a la problemática social que generan la ciencia y la tecnología y su influencia en la cultura y en la sociedad. Por tal razón, la escuela debe tomar como insumo las relaciones que se dan entre ciencia, tecnología, sociedad, cultura y medio ambiente, con el fin de reflexionar no sólo sobre sus avances y uso, sino también sobre la formación y desarrollo de mentes creativas y sensibles a los problemas, lo cual incide en la calidad de vida del hombre y el equilibrio natural del medio ambiente”

Evidentemente los métodos y tendencias epistemológicas usadas por la escuela al igual que el ritmo lento con el que marcha, no responden a la realidad social configurada por los veloces cambios del conocimiento científico-técnico, filosófico, cultural y, lo que es más grave, no se relaciona de forma eficiente con el conocimiento de lo cotidiano. Por tanto, podemos deducir que, una de las posibles

causas del desinterés hacia las ciencias y su estudio y de las actitudes negativas de los estudiantes es la desconexión entre la ciencia que se enseña y el mundo que les rodea, y su falta de aplicaciones prácticas, es decir, la ausencia de las interacciones CTS.

De hecho, en investigaciones realizadas a profesores y estudiantes por investigadores de esta tendencia como Amparo Viches y Jordi Solbes en los años 1992, 1995 y recientemente en el 2004, han podido concluir la importancia de dichas interacciones para lograr un mayor interés en el alumnado hacia el estudio de las ciencias, además, en el análisis de cursos de ciencias que se llevaron a cabo en estas investigaciones, y que han sido considerados excelentes por los estudiantes norteamericanos, señalaron que las relaciones ciencia, tecnología y sociedad, constituían una parte central de los cursos mas valorados. Comprobaron, así mismo, que cursos con estas características a demás de favorecer el interés, mejoraban los resultados de los exámenes oficiales.

De ahí la importancia que cobra el propósito de este enfoque y su promoción que hace de la alfabetización científica y tecnológica para formar a los ciudadanos y los capacite para participar en el análisis, evaluación y finalmente como alcanzar una decisión respecto a la acción apropiada de problemas relacionados con la tecnología en la sociedad industrial.

Sin embargo, tal y como se refiere el MEN 1998 “el énfasis de las clases de ciencias en los aspectos académicos, sean científicos, tecnológicos y humanísticos casi no han dejado lugar para las actividades que afianzan el ejercicio de los derechos fundamentales y el desarrollo de las habilidades sociales o el problema de la formación de valores ciudadanos que dan consistencia al tejido social.” Valores que son tomados de la vida familiar, del contexto escolar, de la red social, de la experiencia educativa y de la organización sociopolítica del país y que convergen y generan múltiples configuraciones que se vuelven dinámicas formando un sistema de valores en cada individuo.

La ciencia, la tecnología y la educación ambiental no son ética y políticamente neutras, sino que están impregnadas de valores contextuales (éticos, estéticos, cívicos, culturales...). Pero la toma de decisiones depende más de los valores contextuales que de la información científica” (MEN, 1998)

El autor Goffin (1995) propone cuatro valores que podrían contribuir a una interacción armónica entre la ciencia y la tecnología y su contexto natural, social y cultural, dentro de un enfoque que integra el pensamiento ético en la educación ambiental. Su propuesta puede resumirse así:

- *Solidaridad*: puesto que el ambiente es el resultado de las interacciones entre los sistemas naturales y sociales, no es suficiente responder ante él sólo individualmente. La actitud solidaria es fundamental y necesaria en la comprensión y búsqueda de solución de problemas ambientales y la prevención de problemas futuros.
- *Tolerancia*: en la búsqueda de soluciones a la problemática ambiental juega un papel muy importante, debido a que dichos problemas obligan a que en su análisis participen diversas perspectivas derivadas de diversas disciplinas y de diversas experiencias, lo cual implica el reconocimiento y el respeto por las diferencias si se quiere llegar exitosamente a acciones y planes concertados mediante el consenso.
- *Autonomía*: entendida como la capacidad individual y colectiva para influir responsablemente sobre el medio ambiente. La autonomía implica la participación en la toma de decisiones para buscar y seleccionar alternativas adecuadas a su realidad, que les permita conservar y mejorar su medio ambiente y concretar soluciones a sus problemas específicos.
- *Responsabilidad*: los tres valores anteriores (solidaridad, tolerancia, autonomía) son interdependientes y su práctica conlleva a que los individuos y las comunidades construyan una nueva manera de ver

el mundo, basada en el profundo respeto por si mismo, por los demás y por la naturaleza, generando actitudes responsables en el manejo de su entorno y garantizando una mejor calidad de vida.

Goffin sostiene que la esencia de la educación está en los valores y que estos no pueden convertirse en comportamientos sin la internalización de las actitudes. De ahí que la construcción de una nueva ética ambiental debe apoyarse en la formación de actitudes y valores como mediadores conscientes de las relaciones ciencia, tecnología y sociedad con el fin de que los sistemas tanto naturales como sociales tengan un manejo responsable.

Por esto es importante hacer hincapié en una formación de actitudes, en un desarrollo de habilidades que capaciten al individuo en el ejercicio de un papel activo en la sociedad. Esos conocimientos y actitudes que serían fomentados a través de la alfabetización tendrán como fin fundamental la formación de una capacidad crítica respecto a la ciencia y a la tecnología (Ilerbaig y Gómez 1990).

4.3 Ventajas de una alfabetización científica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Desde la revisión bibliográfica es recurrente la presencia de “ventajas” como posibilidades que brinda el enfoque CTS y la alfabetización científica en lo que se refiere a destrezas en lo actitudinal, procedimental y conceptual del proceso formativo de los estudiantes.

Por ello en algunos de los textos observamos que “es frecuente, por ejemplo, escuchar que los estudiantes llegan desmotivados y sin interés a las clases de ciencias, sin embargo, es difícil encontrar en nuestros programas, referencias directas o indirectas a objetivos o actividades de tipo actitudinal que ayuden a paliar este problema” Vilches y Furió (1999).

Solbes y Vilches (1992), Penick y Yagger (1986) citado por Vilches y Furió (1999) han señalado a partir de investigaciones llevadas a cabo con profesores y estudiantes, que una de las posibles causas del desinterés hacia las ciencias y su estudio y de las actitudes negativas de los estudiantes es la desconexión entre la ciencia que se enseña y el mundo que les rodea, su falta de aplicaciones prácticas, es decir, la ausencia de las interacciones CTS.

Una de las causas que puede dar relevancia al tratamiento de las interacciones CTS en la enseñanza se sugieren en el primer congreso internacional “Didáctica de las ciencias” y en el VI Taller internacional sobre la enseñanza de la física (1999), es la imagen de la ciencia que tienen algunos estudiantes y su actitud frente en las clases: ya se ha señalado que a muchos estudiantes la enseñanza de las ciencias puede parecerles poco interesante, esto es comprensible si se tiene en cuenta que frecuentemente se presentan las materias científicas de forma que los alumnos las ven como algo abstracto y puramente formal, sobretodo en el caso de la física y la química. Pero basta con fijarse en la historia de la ciencias para darse cuenta de que el desarrollo científico ha venido marcado por la controversia, las luchas por la libertad de pensamiento, las persecuciones, la

búsqueda de soluciones a los grandes y pequeños problemas que la humanidad tenía planteados, y todo ello está lejos de resultar aburrido y monótono.

De ahí la necesidad de recuperar los aspectos socio históricos, de relación CTS, que permiten una visión mas contextualizada de la ciencia y proporcionan un elevado potencial motivador. La discusión del papel social de la ciencia, del mito de la neutralidad del científico, de los espectaculares avances del siglo XX, que permiten contraponer los medios para salvar y mejorar la vida, con los medios para destruirla, así como del cada vez mayor conocimiento de nosotros mismos y de nuestro universo, o de los condicionamientos del desarrollo científico y tecnológico y sus consecuencias, deben suministrar a la enseñanza de las ciencias el potencial e interés del propio desarrollo científico enmarcado en un progreso social sostenible (Catalan y Catany, 1986 citado por Furió y Vilches, 1999).

La inclusión de las relaciones CTS en la enseñanza da relevancia a las clases de ciencias, ya que, por un lado, atraen la atención de los estudiantes que quizás no habían visto la necesidad de estudiar ciencias y por otro, estimulan también la enseñanza de las ciencias, al relacionarlas con las discusiones sobre cuestiones humanas, éticas e incluso políticas, contribuyendo a la comprensión pública de la ciencia.

El tratamiento de estos aspectos permitirá también salirle al paso de aquellas actitudes entre los estudiantes de rechazo a toda actividad científica, al confundir la ciencia y la tecnología con las consecuencias mas negativas de algunos desarrollos, como el deterioro del medio ambiente o la carrera armamentista, y al pensar que la solución de muchos problemas sociales, relacionados con la ciencia, dependen únicamente de un mayor conocimiento científico y de tecnologías mas avanzadas. Así se ayudará a hacer comprender a los estudiantes que la toma de decisiones no constituye a una cuestión puramente técnica como lo dice Aikenhead (1985) citado por López (2001). Se contribuirá a valorar el

desarrollo científico y tecnológico y sus consecuencias, considerando ventajas e inconvenientes, contribuyendo así a generar actitudes “críticamente” positivas hacia la ciencia y la tecnología.

Por otro lado, cada vez mas las interacciones CTS se plantean como una relación necesaria entre el aprendizaje de las ciencias y el entorno de quien aprende, es decir, una profundización en el conocimiento científico, en los problemas asociados a su construcción, ya que el trabajo científico, o cualquier otra actividad humana, no tiene lugar aisladamente sino en un determinado medio social que afecta necesariamente a dicho trabajo. Del mismo modo las circunstancias históricas del momento en que se desarrollan influyen en el mismo. Por tanto el conocer la relación del desarrollo científico con el exterior, los problemas que el desarrollo científico y tecnológico genera o resuelve, va permitir a los estudiantes y, en su caso, a los futuros científicos, tener una visión de la ciencia mas completa y contextualizada socialmente.

Los cambios que se han venido dando en nuestras sociedades, los nuevos riesgos a escala planetaria de algunos desarrollos, el papel de la ciencia y la tecnología como elementos estratégicos (Alto nivel de inversiones públicas y privadas, creciente gestión estatal de la innovación etc.), motivan cada vez más los estudios en ciencia y tecnología y su evaluación. La comprensión de las complejas interacciones CTS se convierte en algo necesario si se pretende, pues, que en el futuro, las personas tengan que tomar decisiones, adoptar actitudes responsables frente al desarrollo y las consecuencias que de el se derivan.

Es por esto que en la actualidad se considera a la alfabetización científica como parte esencial de la educación básica y en general de todas las personas, por lo cual “el analfabetismo científico tecnológico es mucho mas peligroso que en cualquier situación anterior. Es peligroso que las personas ignoren lo que significa la contaminación atmosférica, el calentamiento global, la desaparición de especies, los problemas asociados al uso de diferentes fuentes de energía, a la

seguridad, a las comunicaciones, a la solución de enfermedades del hombre, de las condiciones de vida de los mas pobres. ¿Cómo podrían tomar decisiones, incidir en las políticas de sus países si desconocen todos estos y muchos otros problemas y su impacto en el futuro?” Furió y Vilches (1999).

Se puede decir que la inclusión de los programas CTS en la enseñanza va a contribuir no sólo a mejorar la actitud y a aumentar el interés hacia la ciencia y su aprendizaje, sino también va a permitir a aprender más ciencia y saber más sobre la ciencia al mostrar una imagen mas completa y contextualizada de la misma.

4.4 Inclusión CTS en las clases de ciencias. Estrategias, metodologías, y contenidos

El campo de estudios en educación bajo el enfoque CTS se ha incorporado tanto en la educación secundaria como en la formación universitaria en EEUU, Europa occidental, Canadá, Australia, Nueva Zelanda y sur América (Waks, 1990; Gonzáles, 1996; citados por Osorio, 2002). Con todo en América Latina la tradición de estudios CTS ligados a los procesos educativos no parece tener mayor desarrollo, si se compara con lo que en CTS se ha alcanzado en otros campos.

Aunque existen trabajos sobre este tema (Bazzo, 1998; Sutz, 1998; Santander, 1998; citados por López, 2001) parece que los esfuerzos están mas enfocados hacia aspectos de política científica, estudios sobre indicadores, estudios sobre gestión de la innovación y cambio técnico, estudios sobre fundación de disciplinas y comunidades científicas, aspectos sobre la relación universidad-empresa, prospectiva tecnológica (Vaccarezza, 1998; citado por Osorio, 2002). Existe escasez de trabajos relacionados con el tema ambiental, con la divulgación y aprobación social del conocimiento, y, en general, con la variable social como categoría cognitiva, según lo afirma Osorio, 2002.

Estrategias:

A nivel de educación secundaria, los diferentes programas CTS pueden clasificarse en tres grupos (Waks, 1990; Kortland, 1992; Sanmartín y Luján, 1992; citados por Osorio 2002): injertos CTS, Ciencia y tecnología a través de CTS, y CTS pura.

- Injertos CTS

La modalidad de injertos es especialmente útil para abordar una temática de un curso de ciencias o de tecnología y, como dice el autor Osorio (2002), es la estrategia mas viable para ser aplicada en los currículos de la educación secundaria de los países latinoamericanos si tenemos en cuenta la dificultad de modificarlos por su actual atomización (Cabal y Valencia, 2000 citado por Osorio, 2002). Se trata de que a una asignatura de ciencias, se le haga un añadido temático CTS, el cual debería tener siempre que revisar la naturaleza de la ciencia y sus implicaciones con la tecnología y la sociedad, así como el papel de los científicos y los ciudadanos en las decisiones relacionadas con el desarrollo tecnocientífico.

Para implementar los injertos, los estudios de caso, sean estos reales o simulados resultan ser una herramienta importante para problemas relacionados con aspectos que lleven a los estudiantes a ser mas conscientes de las implicaciones de la ciencia y la tecnología, se cree que dichos estudios de caso deberían estar relacionados con situaciones que involucren un conocimiento local de los problemas. Ejemplos internacionales conocidos de esta línea de trabajo son los proyectos de elaboración de materiales educativos, Science in a Social Context (SISCON), diseñados tanto para la educación universitaria como para secundaria, y el proyecto SATIS también en esta misma línea. SISCON es un proyecto que usa la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia y la tecnología para mostrar como han abordado en el pasado cuestiones sociales vinculadas a la ciencia y la tecnología, o como se ha llegado a cierta situación problemática en el presente.

- Ciencia y tecnología a través de CTS

Consiste en la estructuración de los contenidos de las asignaturas de tipo científico y tecnológico con orientación CTS. Constituyen una alternativa para los estudiantes poco atraídos por la ciencia. En principio, bajo esta modalidad se parte del mismo esquema de trabajo alrededor del injerto CTS, al usar problemas como la lluvia ácida, los desechos radioactivos, etc. Antes de iniciar la estructura tradicional de contenidos de un curso de ciencias. Como dice el autor Osorio (2002) este problema puede ser objeto de un curso o de varios cursos, si se trata de un diseño curricular transdisciplinario. Un ejemplo del primer caso es el programa de neerlandés conocido como Proyecto de desarrollo curricular en física, PLON, en el que en cada unidad se toma un problema básico relacionado con los papeles futuros del estudiante (como consumidor, como ciudadano, como profesional); a partir de ahí se selecciona y se estructura el conocimiento científico y tecnológico necesario para que esté capacitado para entender un artefacto, tomar una decisión o entender un punto de vista sobre un problema social relacionado de algún modo con la ciencia y la tecnología (González, 1996; citado por Osorio, 2002).

Algunas de las virtudes de los cursos de ciencia a través de CTS son las siguientes (Waks, 1990; citado por Osorio 2002): Los alumnos con problemas en las asignaturas de ciencias aprenden conceptos científicos y tecnológicos útiles partiendo de este tipo de cursos; el aprendizaje es más fácil debido a que el contenido está situado en el contexto de cuestiones familiares y está relacionado con experiencias extraescolares de los alumnos; el trabajo académico está relacionado directamente con el futuro papel de los estudiantes como ciudadanos.

- CTS pura

Quizás el ejemplo de CTS pura más cercano que se conoce según los autores, lo constituye la experiencia del bachillerato en España (Resolución del 29 de diciembre de 1992 de la dirección general de renovación pedagógica). El Ministerio de Educación y Ciencia de España propuso unos materiales didácticos en los que se sugieren posibles ejes de desarrollo. El primero de estos ejes hace referencia a la delimitación y presentación histórico-evolutiva de una serie de hechos y acontecimientos que permiten incorporar conjuntos de conceptos, por ejemplo, la técnica y el nacimiento de la ciencia en el antiguo mundo egipcio y presocrático, la técnica en la primera revolución de la ciencia, la interacción técnica y de ciencia en las revoluciones industriales, el papel de la ciencia en las dos guerras de siglo XX, el papel de la tecnología en la tecnociencia actual y en la estructuración de las relaciones humanas, entre otros posibles temas. Mas que una historia dura de hechos y acontecimiento lo que se busca es proponer unos cuatro o cinco momentos históricos que puedan mostrar una relación entre el actuar (la tecnología), el saber (La ciencia) y su incidencia en la sociedad.

Un segundo eje es desarrollar una perspectiva microsistémica del fenómeno científico-tecnológico a la luz de diversos marcos comparativos. Por ejemplo, bajo una perspectiva internalista, el sistema tecnocientífico puede ser aislado del sistema natural y del sistema social, lo cual trae ya consecuencias que habría que subrayar, mientras que una perspectiva externalista debe abogar por involucrar estos sistemas estableciendo las interrelaciones entre el actuar y el saber con los contextos sociales y naturales. O bien, de modo mas significativo para los estudiantes, se parte de algunos impactos negativos de la acción de la tecnociencia y se reconstruye el proceso de relación entre la ciencia y la tecnología con la sociedad.

El tercer eje que sugiere esta propuesta española, corresponde al de las responsabilidades. En tal caso se aboga por la comprensión del sistema estudiado

a la luz de las políticas tecnológicas, y se espera que el estudiante asuma concientemente lo aprendido y lo aplique responsablemente en las acciones de su ejercicio ciudadano.

El autor Osorio (2002), presenta un ejemplo específico de esta implementación. Se trata de un curso CTS promovido por un grupo de docentes de la región española de Asturias denominado proyecto Argo. En este caso se parte de una conceptualización de lo que es la ciencia, la tecnología, la sociedad, y los estudios CTS. En cada uno de estos capítulos se presentan conceptos de diversos saberes humanistas, acompañados de lecturas cortas, temas de reflexión y actividades propuestas. La segunda parte del curso comprende el desarrollo de la construcción histórica de las relaciones entre la ciencia, y la sociedad; y una tercera consiste en el tema de la evaluación y control social de las decisiones tecnocientíficas. En este punto se sirven de estudios de caso, a partir de simulaciones didácticas en temas controvertidos sobre el medio ambiente, la salud, la educación y el medio humano.

Osorio (2000) opina que, a su juicio, el aspecto más importante de esta experiencia asturiana consiste en el desarrollo de controversias CTS como casos simulados en el aula. La base epistemológica de esta didáctica es la Evaluación Constructiva de Tecnologías, (ECT). La ECT es una propuesta alternativa a la tradicional evaluación centrada en los costos y los beneficios. La evaluación de tecnologías, en su acepción clásica, se entiende como un conjunto de métodos para analizar los diversos efectos o impactos de la aplicación de tecnologías, identificando los grupos sociales afectados y estudiando además las consecuencias de posibles tecnologías alternativas Sanmartín y Ortíz, (1992) citado por Acevedo (1996). Este mismo autor señala que el llamado análisis costo-beneficio "...parte de una premisa simple: que un proyecto sólo debe acometerse si todos sus beneficios suman mas que todos sus costes".

La llamada evaluación constructiva de tecnologías (ETC), examina tanto los efectos negativos como los potenciales elementos positivos y las acciones alternativas de ejercicios de lectura y análisis a partir de casos simulados. La ETC ayuda a la formulación de necesidades y demandas de tecnologías que están todavía por ser desarrolladas e implantadas, de modo análogo como se da en un sistema tecnológico. En la ETC los intereses de las distintas partes del enfoque CTS son reconocidos y, a partir de allí, se identifican las posibles soluciones como algo determinante.

Las simulaciones educativas constituyen una de las didácticas más atractivas para el aprendizaje del debate, la argumentación y la participación (Osorio, 2002), además rompen con la rutina del trabajo en el aula a través de situaciones donde surgen las posiciones de cada rol, y, con ello, la controversia acerca de sus valores frente a un determinado desarrollo o innovación tecnológica con implicaciones sociales y ambientales comprometidas. “la discusión pública, el intercambio de diálogo, la confrontación de datos, informaciones, argumentos y prospectivas de cada rol, sirven para escenificar una posible evaluación constructiva acerca de un desarrollo tecnológico dado” (Osorio, 2002).

A partir de todo esto podríamos decir entonces que, los enfoques CTS, no precisan hacer del currículo un asunto difícil y complejo para poder ser implementados. Se insertan implícitamente bajo modalidades tan accesibles como pueden ser pequeños debates, por ejemplo, un análisis en clase sobre los efectos y las responsabilidades de los deslizamientos de las basuras y rellenos sanitarios de una ciudad, o la pérdida del empleo del padre de un alumno por el cierre de la fábrica al no poder competir con productos importados tras la globalización de los últimos años, etc. “Tales injertos los puede hacer cualquier docente de secundaria siempre que quiera y se proponga a estudiar sobre las interacciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad” (Acevedo, 1996).

Otra de las modalidades más complejas de educación CTS corresponde a enseñar ciencia o tecnología desde un problema directamente asociado a los desequilibrios del desarrollo científico-tecnológico. “En ese caso el trabajo en equipo puede ser un gran remedio para abonar la discusión sobre el tipo de problema así para el análisis del sistema tecnológico que puede involucrar. En grupo se enfrentan mejor las incertidumbres en la escuela. Por último, un curso específico de CTS no parece muy cercano a los docentes de América latina, al menos por ahora, debido a los currículos existentes. Por eso sería ideal explorar en ese sentido” (Osorio, 2002).

Metodología:

Uno de los aspectos más positivos desde el enfoque CTS, desde el punto de vista didáctico, es su potencial para desarrollar una serie de enfoques innovadores que pueden suscitarse reiterativamente en el contexto de otras disciplinas (Prieto, 1997).

Estos enfoques se fundamentan en la interdisciplinariedad, requieren la aplicación de conocimientos y habilidades aprendidos en el contexto de disciplinas muy diversas y de la vida diaria, y abarcan tanto la organización de los contenidos como la forma de trabajarlos en el aula.

Los materiales curriculares y las unidades didácticas CTS deberán mostrar cómo se materializan en la práctica todas estas aportaciones, prestando especial atención en las actitudes que son parte fundamental en esta disciplina.

Con respecto a las actitudes, se centran en: a) el desarrollo de valores morales, b) la respuesta por la ética cuando se han de tomar decisiones sobre temas complejos que no se puedan eludir de una sociedad democrática y c) la responsabilidad cívica, como individuo y como agente social, frente a la propia sociedad y al ecosistema. Así mismo, se enfatiza la disposición hacia la acción

individual y colectiva responsable y para colaborar con grupos comunitarios de diferente naturaleza (talleres científicos, grupos ecologistas, etc.).

La autora Prieto (1997), sugiere algunas formas de materializar estos enfoques:

- Partir de los intereses de los alumnos y de lo que es relevante para sus vidas
- Identificar ejemplos, ya sean de la historia o del presente, que ilustren el papel jugado por personas o instituciones en decisiones o acciones sociales que afectan el bienestar de la población, de la nación o del planeta
- Explorar problemas de actualidad en los que se pongan especialmente de manifiesto las funciones de las instituciones sociales en los ámbitos político, económico y cultural
- Utilizar, siempre que sea posible recursos locales
- Argumentar sobre objetivos, prioridades y necesidades de naturaleza muy diversa, que responden a puntos de vista diferentes orientados por diferentes valores culturales, morales, religiosos, etc., e incluir respuestas y razones de todo tipo.
- Preparar planes de acción para incidir sobre los problemas, que tengan en cuenta: posibles alternativas y consecuencias, objetivo de los planes, relevancia de los valores e intereses de cada colectivo implicado, y recursos disponibles para llevar a cabo el plan.

En estas actividades, sigue resultando fundamental la elicitación previa de las ideas y actitudes de los alumnos sobre un problema determinado y la posibilidad de que las discutan y pongan en cuestión valorando diferentes posturas ante el mismo. También hay que asegurarse de que se han tratado los contenidos científicos básicos que permiten una comprensión adecuada de las principales cuestiones implicadas en el tema.

Contenidos:

No resulta difícil proponer temas para ser incluidos en la enseñanza con enfoque CTS, sin embargo, además de muchos donde elegir, existen diversos criterios sobre lo que es considerado importante. No obstante, algunos contenidos gozan ya de un alto grado de consenso (Prieto 1997). Así, en un documento del National Council for the Social Studies 1990 (NCSS), se proponen una serie de nociones básicas a adquirir por los alumnos de clases con enfoque CTS. Los siguientes ejemplos y directrices están incluidos:

- Desarrollar los conceptos de ciencia, tecnología y sociedad, a través de diferentes definiciones sobre las mismas y del conocimiento de las interacciones e interdependencia entre ellas.
- Conocer la naturaleza de la ciencia y la tecnología modernas y sus incidencias en la existencia humana tanto en el ámbito público como en el privado, en el ejercicio de la profesión o en el ocio, etc.
- Conocer la incidencia de la ciencia y la tecnología en la configuración de diferentes tipos de sociedades y la incidencia de los valores y creencias, que una determinada sociedad sostiene, en las decisiones que afectan a la ciencia y la tecnología.
- Recurrir a temas cuya procedencia abarque una amplia diversidad de fuentes (locales, regionales, nacionales e internacionales). Por ejemplo: recursos (energía, alimentos, materias primas, suelos) y sus usos; aspectos de problemas políticos y sociales que requieren el uso de la tecnología para su solución; necesidades humanas (transporte, comunicaciones, alimentación, vestido, vivienda, trabajo comercio e industria) y su relación con los avances científico tecnológicos.

Algunos de los proyectos que incorporan temas o estudios CTS en un curso de ciencias entre los que se puede mostrar sin alterar el programa habitual, se puede

destacar: Harvard Project Physics (EE.UU), que integra breves estudios CTS, introduciendo en particular aspectos históricos en la exposición de temas científicos.

SATIS (Science and Technology in Society, Reino Unido) que inserta temas relevantes de CTS en momentos adecuados de un curso de ciencias y fue promovido por la Association for Science Education en 1984. Este proyecto presenta una serie de unidades didácticas elaboradas en niveles distintos para estudiantes de 8 a 19 años. La ciencia a través e Europa propone temas CTS conectados con los programas escolares con los que además se pretende introducir una dimensión europea en la enseñanza de las ciencias. Esta ha propuesta sido imitada por países asiáticos y de EE.UU. En esta estructura también se encontraría la propuesta de incluir los contenidos CTS como temas transversales de currículo.

Todo ello ha llevado a los investigadores ha seguir profundizando en el estudio de algunos de estos aspectos de la dimensión CTS, “no solo por constatar su mayor o menor incorporación en la enseñanza de las ciencias, si no sobretudo por desarrollar actividades y propuestas que permitan a estudiantes y profesores modificar su imagen empobrecida de la ciencia “Solbes y Vilches (2004), con la inclusión adecuada de la dimensión CTS en la enseñanza, prestando atención a aquellos aspectos relativos a la formación de futuros ciudadanos y ciudadanas.

Recientemente se ha venido observando en el mundo una evolución positiva en cuanto a la atención prestada a las relaciones ciencia, tecnología y sociedad CTS en la educación científica. Son ahora numerosas, las incorporaciones explícitas en el currículo de objetivos y contenidos CTS para la primaria y el bachillerato en países como España y países de América como EEUU y Argentina. Así también, ha sido el impulso que han supuesto las numerosas investigaciones y propuestas en este campo de la investigación didáctica.

Así, por ejemplo, algunos trabajos han detectado una mayor atención a estos aspectos en los libros de texto y materiales de secundaria, sobre todo en lo que se refiere a las aplicaciones de la ciencia y a sus relaciones con el medio ambiente. Coherentemente, esta atención se ha visto reflejada también en los resultados encontrados al estudiar las visiones de los estudiantes de secundaria acerca de las relaciones CTS en comparación con años atrás en donde no se le prestaba demasiada importancia a dichas interacciones. “Actualmente los estudiantes muestran un mayor conocimiento de las “aplicaciones” tecnológicas de la ciencia o su impacto medioambiental”. (Solbes y Vilches, 2004).

Pero, a la vez, en estos trabajos no se insiste en que la situación, a pesar de los avances, no es del todo lo positiva que debería ser, “ya que esta dimensión de la educación científica, es considerada fundamental por la investigación didáctica y siguen sin ser tenida en cuenta de forma adecuada, cuando no completamente ignorada”. (Solbes y Vilches, 2004).

Los investigadores Solbes y Vilches, señalan en sus trabajos recientes las mejoras significativas detectadas en muchos de los materiales publicados tras las reformas educativas hechas en España, allí se destaca la atención prestada a las interacciones ciencia-medioambiente o a las aplicaciones de muchos conocimientos científicos y a la relación de la ciencia y la tecnología con la vida cotidiana. Pero también se señala una escasa presencia en algunos aspectos CTS, como los relacionados con la toma de decisiones, las valoraciones críticas, o los aspectos históricos (raras veces se refieren a las controversias que tanto han marcado al desarrollo científico). El análisis de esta cuestión permitirá a los docentes darse cuenta de que aun queda mucho por hacer en este campo, a pesar de la existencia de numerosas propuestas y de proyectos innovadores para la educación en CTS en secundaria

5. CONCLUSIONES

En este capítulo presentamos la síntesis derivada del tratamiento de los datos obtenidos; tomando como guía de orientación la pregunta problema y los objetivos del estudio planteado. En estas afirmaciones se condensa el conocimiento adquirido durante la investigación ensamblando de nuevo los elementos diferenciados en el proceso analítico para reconstruir un todo estructurado y significativo:

- En las experiencias identificadas sobre alfabetización científica y CTS se puede decir que, éste enfoque ha contribuido a formar ciudadanos conscientes de la necesidad de luchar por una sociedad mejor y, se sientan capaces de participar y ser protagonistas activos de los cambios que conducen a ella.
- En las experiencias identificadas sobre alfabetización científica y CTS se puede decir que coinciden en tener como propósito la formación de un ciudadano consciente de luchar por una sociedad mejor y capaz de participar en los cambios que se requieren para lograrlo. En suma, la prioridad es una formación dirigida a fundamentar principios como la libertad, la búsqueda del conocimiento, el compromiso con el progreso y la necesidad de encontrar una sociedad mas justa.
- A partir de los documentos revisados podemos decir que, la alfabetización en CTS se constituye en una posibilidad interesante para el ámbito educativo porque permite dar respuesta adecuada a las finalidades de la enseñanza en general y de las ciencias naturales en particular. Incluir el enfoque CTS en las escuelas, propicia que la ciencia escolar tenga

realmente en cuenta las experiencias y los intereses personales y sociales de los estudiantes, así como la contextualización social y tecnológica de los propios contenidos científicos. De esta manera se favorece que pueda afrontarse mejor y de manera más ajustada a las necesidades sociales el reto de una alfabetización científica para los alumnos, tal y como se recoge en gran parte de las recomendaciones internacionales más recientes sobre la educación científica.

- A través del rastreo bibliográfico se encontraron diversos significados para la expresión “alfabetización científica”, en esta investigación finalmente se concibe como la identificación y definición de los objetivos a conseguir para que todos los ciudadanos adquieran unos niveles mínimos de conocimiento sobre ciencia y tecnología. A partir de esto podemos decir entonces, que alfabetizar científica y tecnológicamente a nuestros estudiantes es prepararlos para la sociedad en la que van a vivir; dotarles de ciertos conocimientos, habilidades y actitudes que van a necesitar para hacer frente a una sociedad en continuo cambio, en la que van a crecer y a formarse.
- La alta consideración del papel que juegan las actitudes de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias o de cualquier materia dista mucho de ser una moda pasajera. No es un problema nuevo la dificultad que las disciplinas científicas tienen para muchos alumnos. A unos simplemente no les gustan, o no les gustan tal y como se vienen enseñando. La enseñanza de las ciencias con enfoque CTS permite que los estudiantes se interesen más por temas relacionados con la ciencia y la tecnología adoptando una actitud crítica, preparándolo así para el ejercicio ciudadano en la toma de decisiones que tengan que ver con estos temas.
- Las clases de ciencias naturales con enfoque CTS apoyan especialmente las necesidades de la persona que no va a desarrollar una actividad

científica o tecnológica específica en la sociedad, y también contribuye a incrementar el interés de la población en general hacia la ciencia. Desde este punto de vista, la ciencia es considerada un pilar de la educación y debe actuar como potenciadora de conciencia y generadora de responsabilidad humana del alumno. Una enseñanza de las ciencias con este enfoque busca que los contenidos conceptuales tengan igual importancia que los actitudinales, los primeros son el conocimiento que permitirá a los estudiantes tomar decisiones, y los segundos permitirán formar personas responsables y capacitadas para dirigir su vida según criterios propios y tomar decisiones sobre diferentes problemas de naturaleza compleja.

- La alfabetización con enfoque CTS puede incluirse a través de diferentes estrategias dentro del plan de estudios de ciencias naturales. Se considera que la opción de “Ciencia y Tecnología a través de CTS”, es una propuesta interesante para procesos de inclusión en el currículo y parece ser la que por ahora mejor se ajusta al contexto latinoamericano, ya que no requiere que se anexe un nuevo curso dentro del currículo, sino que dentro de los mismos cursos de ciencias y en las unidades propuestas dentro de plan de estudios para cada nivel, se trabajan actividades CTS.
- Aunque dentro de nuestra consulta se encontraron diversas propuestas para llevar a cabo la alfabetización científica, al parecer no son garantía de que el enfoque está permeando los espacios educativos. Uno de los requisitos para que cualquier cambio educativo trascienda, implica involucrar activamente a los docentes. Será necesario que el profesorado se forme en estas nuevas vertientes para que se apropie y comprenda la importancia de los nuevos objetivos y finalidades de la educación científica, imprescindibles para afrontar el reto de la formación de los futuros ciudadanos del siglo XXI.

- En cuanto a la metodología utilizada en este estudio, se considera que para la investigación documental, las fichas bibliográficas son un recurso útil, debido a que en ellas se describen las características generales, ubicación y un breve resumen del contenido de cada uno de los documentos electrónicos o impresos consultados, lo cual, permite ordenar la información de forma sistemática, permitiendo mayor rigurosidad en el manejo de la información y facilidad en encontrarla cuando se requiere.
- El Instituto Tecnológico Metropolitana ITM, debido a su interés de formar ciudadanos alfabetizados científica y tecnológicamente desde sus pregrados y en sus grupos de investigación en CTS inscritos en Colciencias, fue uno de los sitios que aportó mayor cantidad de material bibliográfico impreso para la investigación.
- Dentro de las fuentes electrónicas consultadas que aportaron mayor cantidad de material a la investigación fueron la OEI-Revista Iberoamericana de Educación y en la Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias REEC.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO Díaz, José Antonio; MANASSERO Mas, Maria Antonia y VASQUEZ Alonso, Ángel. Orientación CTS de la alfabetización tecnológica de la ciudadanía: un desafío educativo para el siglo XXI.

AIBAR, Edgard y QUINTANILLA, Miguel Ángel. Cultura Tecnológica: Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Barcelona. ICE Universitat Barcelona; Barcelona: Horsori, 2002

CEBRIAN De La Serna, Manuel y GARCÍA Galindo, Juan A. Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una aproximación multidisciplinar. Editorial ICE y servicio de publicaciones e intercambio científico de la universidad de Málaga. 1997

ECHEVARRIA Patiño, Georlán. Cátedra de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Medellín Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) Escuela de Servicios académicos. 2001

ECHEVARRIA Patiño, Georlán. Compilación ciencia, tecnología y sociedad. ITM 2^{da} Edición 2001

PATÍÑO Villa, Milena; PATÍÑO Villa, Carlos y CATAÑO Rojas, Gabriel. Ensayos sobre tecnología y sociedad. ITM. Centro de tecnología, sociedad y ciencia. 1^{ra} Edición, Agosto 2002

FURIÓ, Carlos; VILCHES, Amparo. "La enseñanza de las Ciencias a las puertas del siglo XXI" 6 al 10 de diciembre 1999 Centro de convenciones pedagógicas Cojimar, Ciudad de La Habana, Cuba Ciencia, Tecnología, Sociedad:

Implicaciones en la Educación Científica para el siglo XXI. Revista Iberoamericana de Educación. 2000.

GOFFIN, L., "Formación de actitudes y valores en educación ambiental", en: Formación de dinamizadores en educación ambiental, memorias del segundo encuentro internacional realizado en Cartagena en 1995

GONZÁLEZ García, Marta Inés, LÓPEZ Cerezo, José Antonio y LUJAN López, José L. Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Editorial Techos S.A., 1996. Madrid

HOYOS, Botero Consuelo. Un modelo para Investigación documental. Señal editora. Primera edición 2000

IBARRA, Andoni y OLIVÉ. Cuestiones éticas de la ciencia y la tecnología en el siglo XIX. Editorial Biblioteca Nueva S.L., Madrid 2003

IBARRA, Andoni; LOPEZ Cerezo, José Antonio. Desafíos y tensiones actuales en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Editorial Biblioteca Nueva, S.L; Madrid. 2001 (Ilerbaig y Gómez 1990).

LÓPEZ Cerezo, José Antonio y SÁNCHEZ Ron, José M. CTS y Cultura en el cambio del siglo. Madrid: Biblioteca Nueva 2001

LÓPEZ Cerezo, José Antonio. La democratización de la ciencia. Temas de ciencia, tecnología, cultura y sociedad. Colección Poliedro. 2003

MARTINEZ SALVÁ, F.A. y LATORRE, A. La alfabetización científica de personas adultas: un enfoque comunicativo. Investigación Didáctica. Revista Enseñanza de las Ciencias, 1998, 16 (2), 251-260

MEDINA, Manuel; SANMARTÍN, José. Ciencia, Tecnología y Sociedad. Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública. Barcelona: Anthropos; Leiona (Vizcaya). Universidad del País Vasco, 1990. p.; 222

MARTIN-Díaz, María Jesús. ESPAÑA, Jorge Manrique. El papel de las Ciencias Naturales en la educación a debate. Revista Iberoamericana de Educación

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 2 Nº 2 (2003)

SANMARTÍN, José e HRONZSKY, Imre. Superando Fronteras. Estudios Europeos de CTS y evaluación de tecnologías. Editorial Anthropos. 1994

SOLBES, Jordi y VILCHES, Amparo. Preparación para la toma de decisiones y relaciones CTSA. Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la didáctica de las Ciencias.

URSUA, L. Nicanor. Alfabetización científico-tecnológica. (La ciencia y el público. Algunos aspectos de la construcción histórica de estas dos categorías y algunas reflexiones con relación a la participación ciudadana) 2001.

ANEXOS

Anexo 1 Fichas Bibliográficas

Anexo 2 Cronograma

Fases	Actividad	Fechas por meses											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Preparatoria	Elección del tema	√	√										
	Rastrear información del enfoque CTS	√	√										
	Explorar emergencia del enfoque CTS en la enseñanza de las Ciencias Naturales	√	√	√	√	√							
Descriptiva	Estudiar consecuencias que trae para formación ciudadana	√	√	√	√	√							
	Búsqueda en bases de datos: Eric, Ebscohost, Dialnet, entre otros	√	√	√	√	√	√	√	√	√			
	Centros de documentación y bibliotecas			√	√	√	√						
	Sistematización de fichas								√	√			
	Lectura exhaustiva de los documentos								√	√			
Construcción teórica	Producción científica escrita									√	√	√	
	Análisis y conclusiones										√	√	
Extensión y publicación	Presentación del primer avance						√						
	Presentación final											√	√