

# Pamplona

43  
Años

Facultad de Estudios a Distancia

Programas de Educación a Distancia



## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

Presencia con Calidad e Impacto Social

**Pedro León Peñaranda Lozano**

Rector

**María Eugenia Velasco Espitia**

Decana Facultad de Estudios a Distancia

# Tabla de Contenidos

## Presentación

### UNIDAD 1: La Investigación en Colombia

#### Descripción Temática

#### Núcleos Temáticos y Problemáticos

##### 1.1 INVESTIGACIÓN, EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

###### 1.1.1 Ley de la Educación y la Ciencia y la Tecnología

###### 1.2 CIENCIA

###### 1.3 TÉCNICA Y TECNOLOGÍA

###### 1.4 LA EDUCACIÓN DEL SIGLO XXI

###### 1.5 EL CONCEPTO DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

###### 1.6 LA NECESIDAD DE UN NUEVO CONCEPTO DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

###### 1.7 EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

###### 1.8 LA CONSTRUCCIÓN TEÓRICA

###### 1.9 RUTAS HACIA LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA

###### 1.10 ACERCA DE LA HIPÓTESIS

###### 1.11 LA CUESTIÓN DEL MÉTODO

###### 1.11.1 Problemática sobre la Epistemología del Método

###### Proceso de Comprensión y Análisis

### ANEXO 1 La Ciencia y la Tecnología como Procesos Sociales. Lo que la educación Científica no Debería Olvidar

#### Bibliografía Sugerida

### ANEXO 2 El Papel de la Educación ante las Transformaciones Científico-Tecnológicas

#### Bibliografía Sugerida

### ANEXO 3 Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una Mirada desde la Educación en Tecnología

#### Bibliografía Sugerida

## Presentación

La educación superior se ha convertido hoy día en prioridad para el gobierno Nacional y para las universidades públicas, brindando oportunidades de superación y desarrollo personal y social, sin que la población tenga que abandonar su región para merecer de este servicio educativo; prueba de ello es el espíritu de las actuales políticas educativas que se refleja en el proyecto de decreto Estándares de Calidad en Programas Académicos de Educación Superior a Distancia de la Presidencia de la República, el cual define: "Que la Educación Superior a Distancia es aquella que se caracteriza por diseñar ambientes de aprendizaje en los cuales se hace uso de mediaciones pedagógicas que permiten crear una ruptura espacio temporal en las relaciones inmediatas entre la institución de Educación Superior y el estudiante, el profesor y el estudiante, y los estudiantes entre sí".

La Educación Superior a Distancia ofrece esta cobertura y oportunidad educativa ya que su modelo está pensado para satisfacer las necesidades de toda nuestra población, en especial de los sectores menos favorecidos y para quienes las oportunidades se ven disminuidas por su situación económica y social, con actividades flexibles acordes a las posibilidades de los estudiantes.

La Universidad de Pamplona gestora de la educación y promotora de llevar servicios con calidad a las diferentes regiones, y el Centro de Educación Virtual y a Distancia de la Universidad de Pamplona, presentan los siguientes materiales de apoyo con los contenidos esperados para cada programa y les saluda como parte integral de nuestra comunidad universitaria e invita a su participación activa para trabajar en equipo en pro del aseguramiento de la calidad de la educación superior y el fortalecimiento permanente de nuestra Universidad, para contribuir colectivamente a la construcción del país que queremos; apuntando siempre hacia el cumplimiento de nuestra visión y misión como reza en el nuevo Estatuto Orgánico:

**Misión:** Formar profesionales integrales que sean agentes generadores de cambios, promotores de la paz, la dignidad humana y el desarrollo nacional.

**Visión:** La Universidad de Pamplona al finalizar la primera década del siglo XXI, deberá ser el primer centro de Educación Superior del Oriente Colombiano.

# UNIDAD 1

## La Investigación en Colombia

### Descripción Temática

Un punto de partida que inicia la modernización de los procesos de investigación en Colombia es la MISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (1990) guiada por el Dr. Gabriel Misas. Esta misión es un diagnóstico sistemático que marcó las políticas sobre investigación en el país.

Por otra parte, la comisión de los sabios instalada bajo el gobierno Gaviria consolida y reformula el SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (1994).

En materia de cifras hay que señalar que en 1993 Colombia invirtió cien mil millones de pesos, lo cual equivale al 0.1% del PIB del país. En 1996 la suma se eleva a 250 mil millones de pesos, lo cual equivale al 0.3% del PIB.<sup>1</sup> A pesar de haber duplicado su inversión, Colombia es uno de los países latinoamericanos que menos invierte en investigación. (Hay países que invierten hasta el 1.5% del PIB)

La investigación en educación ha iniciado un proceso de cambio a raíz de la promulgación de la constitución de 1991, la ley 30 (o ley de Educación Superior) de 1992, la Ley 115 (o Ley General de la Educación) de 1994 y sus decretos reglamentarios como el 709 de 1996 y el 272 de 1998.

La Ley 30 le asignó como actividad propia de las universidades la de investigar, al plantear que "son universidades aquellas que acrediten su desempeño con criterios de universalidad en las siguientes actividades: Investigación Científica y Tecnológica". (Art. 19, Ley 30).

Por otra parte, el Decreto 709 de 1996 (reglamento general para el desarrollo de programas de formación de educadores), introdujo un elemento muy importante: en su artículo 8 establece que "todos los programas de formación de educadores se estructurarán teniendo en cuenta en especial, el desarrollo armónico de los siguientes campos: formación científica e investigativa que brinde los fundamentos

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

y la práctica para la comprensión y aplicación científica del saber y la capacidad para innovar e investigar en el campo pedagógico”.

---

Rebeca Puche Navarro. Algunas Notas para Empezar la Investigación en Colombia. Bogotá, 1992  
Este decreto establece como programa de formación de educadores al “conjunto de procesos y estrategias, orientadas al mejoramiento continuo de la calidad y el desempeño del docente, como profesional de la educación” (Art. 2).

Posterior a este decreto, aparece uno nuevo que esta revolucionando los procesos educativos en la educación superior, las facultades de educación y las normales del país. El Decreto 272 de 1998 (establece los requisitos de creación y funcionamiento de los programas académicos de pregrado y postgrado en educación).

En su artículo 4, el Decreto 272, establece que los programas académicos en educación se organizarán teniendo en cuenta núcleos del saber pedagógico básicos y comunes en donde dado el carácter teórico-práctico de la formación de educadores, el desarrollo de las actitudes y competencias investigativas debe estar presente durante todo el programa de formación (parágrafo Art. 4, Decreto 272).

En consecuencia, se considera la investigación como principio básico de la formación de los profesionales de la educación.

Esto implica intervenir sustantivamente el modelo formativo actual para crear alternativas que cultiven la capacidad de asombro, la duda, la sospecha y otras formas de interrogación como elementos estructurantes de la formación del nuevo profesional de la educación para Colombia.

Para efectos de organización del sistema de investigación se han estructurado núcleos de formación. Los procesos de selección de conocimientos/problemas, tanto del campo específico como del campo pedagógico conducen a la organización y distribución en grupos, conjuntos o bloques de conocimientos/problemas que, para efectos metodológicos, se denominan núcleos.

Dicho de otra manera, los núcleos implican el agrupamiento de conjuntos de conocimientos/problemas que se seleccionan según los grados de pertinencia o relevancia a partir de los cuales estos se constituyen o se construyen (Díaz-López, 1999).

En su sentido pragmático a través de ellos, se busca constituir grupos de investigadores que asuman problemas de análisis del desarrollo de la educación.

Se pretende que en la discusión en torno al núcleo problemático se reconozcan o establezcan las tensiones que hacen posible una relación dialógica y constructiva entre los diferentes elementos y/o agentes educativos que pueden hacer posible el desarrollo de una educación de calidad.

## **Núcleos Temáticos y Problemáticos**

Investigación, Educación, Ciencia y Tecnología  
Ciencia  
Técnica y Tecnología  
La Educación del Siglo XXI  
El Concepto de Educación Tecnológica  
La Necesidad de un Nuevo Concepto de Educación Tecnológica  
El Proceso de Investigación  
La Construcción Teórica  
Rutas hacia la Explicación Científica  
Acerca de la Hipótesis  
La Cuestión del Método

Se pretende que en la discusión en torno al núcleo problemático se reconozcan o establezcan las tensiones que hacen posible una relación dialógica y constructiva entre los diferentes elementos y/o agentes educativos que pueden hacer posible el

### **1.1 INVESTIGACIÓN, EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

#### **1.1.1 Ley de la Educación y la Ciencia y la Tecnología**

A continuación se enumeran los artículos de la ley de educación y decretos reglamentarios que se relacionan con la formación básica en Ciencia y Tecnología:  
Artículo 20: Objetivos Generales de la Educación Básica

Son objetivos generales de la educación básica:

- Propiciar una formación general mediante el acceso, de manera crítica y creativa, al conocimiento científico, tecnológico, artístico y humanístico y de sus relaciones con la vida social y con la naturaleza, de manera tal que prepare al educando para

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

los niveles superiores del proceso educativo y para su vinculación con la sociedad y el trabajo.

• Fomentar el interés y el desarrollo de actitudes hacia la práctica investigativa.

Articulo 21: Objetivos Específicos de la Educación Básica en el Ciclo de Primaria

• La asimilación de conceptos científicos en la áreas de conocimiento que sean objeto de estudio, de acuerdo con el desarrollo intelectual y la edad.

Articulo 22: Objetivos Específicos de la Educación Básica en el Ciclo de Secundaria

- La iniciación en los campos más avanzados de la tecnología moderna y el entrenamiento en disciplinas, procesos y técnicas que le permitan el ejercicio de una función socialmente útil.

### 1.2 CIENCIA

Ciencia es un transformar y controlar, instrumento creado por el hombre para comprender la realidad. Un concepto interesante, pero nos lleva a otra discusión más interesante aún ¿Qué es realidad?

Ciencia es el conocimiento sistemático y racional de la realidad. Concepto también interesante pero incompleto. ¿Es ciencia el conocimiento mismo?, ¿Nada tiene que ver la forma como se adquiere ese conocimiento?

Ciencia es el proceso por medio del cual nos proponemos un problema de conocimiento y tratamos de encontrarle solución racional por medio de un método (científico). Un concepto más completo pero quedará más claro si ahondamos en el concepto de proceso.

Precisemos que no son los procesos:

- No son elaboraciones conceptuales.
- No son series de etapas, fases.
- No son secuencias de actividades.
- No es posible imponerlos (implantarlos).

Los procesos son acciones que dan paso a transformaciones. Son las transformaciones, que producen las acciones, el elemento que nos permitirá entender los procesos. Las transformaciones (cambios) se dan en quien conoce, en lo que se conoce y en el contexto en donde se llevan a cabo las acciones.

Cuando usted asiste a un seminario es posible que como resultado de las acciones que allí se realizan usted cambie su comportamiento, que modifique los conceptos que tenía antes del seminario y que como consecuencia de ello usted modifique su práctica pedagógica, de manera que usted influya sobre el comportamiento y el

conocimiento de sus alumnos.

Un concepto interesante planteado por Humberto Maturana es:

“La ciencia moderna es un dominio peculiar de explicaciones y de afirmaciones derivadas acerca de la praxis del vivir que es definida y constituida por el observador, en la aplicación del criterio particular de validación de las explicaciones que lo definen. Yo llamo a este criterio de validación de explicaciones, el criterio de validación de las explicaciones científicas”.<sup>2</sup>

Estas son las condiciones que plantea Maturana como criterio de validación:

- La especificación del fenómeno que ha de ser explicado como una característica de la praxis del vivir del observador a través de la descripción de lo que él o ella debe hacer para experimentarlo.
- La proposición en la praxis del vivir del observador de un mecanismo que, como una consecuencia de su operación, producirá en él o ella la experiencia del fenómeno por explicar.
- La deducción desde el mecanismo propuesto en (b) y de todas las coherencias operacionales que éste supone en la praxis del vivir del observador, de otro fenómeno, así como de las operaciones que el observador debe hacer en su praxis del vivir para experimentarlo.
- La experimentación por parte del observador de aquellos fenómenos adicionales deducidos en (c), en la medida en que él o ella ejecuta en su praxis del vivir aquellas operaciones que, de acuerdo con lo que han sido también deducidas en (c), serían generadas en ella cuando él o ella las realiza.

Cuando estas cuatro condiciones han sido satisfechas en la praxis del vivir del observador, y sólo entonces, el mecanismo propuesto en (b) como un mecanismo generativo que produce, como una consecuencia de su operar, el fenómeno especificado en (a), se convierte en una explicación científica de aquel fenómeno para el observador.

### 1.3 TÉCNICA Y TECNOLOGÍA

Técnica es la aplicación del conocimiento para producir un bien y/o realizar eficientemente un servicio. ¿Podríamos relacionar técnica con la habilidad para aplicar un conocimiento? o simplemente técnica se refiere a los procedimientos para aplicar un conocimiento

---

<sup>2</sup> MATURANA, Humberto. La objetividad: Un argumento para obligar. Dolmen Ediciones. Chile. 1997. Pág. 30 y 31.

Tecnología (Techne = Técnica; Logos = Tratado), Estudio de la Técnica. En la medida que la Técnica se hizo más compleja nace el concepto de Tecnología como el conjunto coherente de conocimientos indispensables a la producción y a la comercialización de bienes y/o servicios.

Por otra parte, tecnología no son artefactos ni tampoco es aplicación de ciencia.

Tecnología es la aplicación racional de conocimientos y acciones por parte del hombre para producir instrumentos, objetos o resultados prácticos a partir de recursos naturales a situaciones preexistentes para la solución de necesidades individuales y sociales.<sup>3</sup>

### 1.4 LA EDUCACIÓN DEL SIGLO XXI

La Comisión Internacional sobre el Desarrollo de la Educación realizó una encuesta mundial sobre educación (1973). Como resultado publicó textos como: 21 puntos de una estrategia de educación, y Los Cuatro Pilares de la Educación. En 1996 se publica "La educación es un tesoro" como un informe oficial de la Comisión sobre la educación para el siglo XXI. Ellos recalcan el papel de la educación en la construcción de la sociedad y su futuro.

Este documento plantea una educación para toda la vida, dado que ya no es posible concebir que se puedan satisfacer las necesidades educativas en un período determinado de tiempo. Esta concepción se basa en la propuesta para desarrollar cuatro tipos de aprendizaje, que basados en los siguientes principios contribuirían a la formación de una alta inteligencia:

- Saber por saber (el desarrollo del espíritu)
- Saber para hacer (o el saber eficaz)
- Saber reflexionar (o el desarrollo del intelecto)

Los cuatro tipos de aprendizaje mencionados son:

- Aprender a conocer, combinando una cultura general suficientemente amplia con la posibilidad de combinar conocimientos en un pequeño número de materias. Lo que supone, además, aprender a aprender para poder aprovechar las posibilidades que ofrece la educación a lo largo de la vida.

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

- Aprender a hacer, a fin de adquirir no solo una calificación profesional sino, más generalmente, una competencia que capacite al individuo para hacer frente a gran número de situaciones y a trabajar en equipo. Pero, también

---

<sup>3</sup> Patiño, Victor Manual. Historia de la Cultura Material en la América Equinoccial. Instituto Caro y Cuervo. Bogotá, 1993

aprender a hacer en el marco de las distintas experiencias sociales o de trabajo que se ofrecen a los jóvenes y adolescentes, bien espontáneamente a causa del contexto social o nacional, bien formalmente gracias al desarrollo de la enseñanza por alternancia.

- Aprender a vivir juntos, desarrollando la comprensión del otro y la percepción de las formas de interdependencia -realizar proyectos comunes y preparándose para solucionar los conflictos- respetando los valores del pluralismo, comprensión mutua y paz.
- Aprender a ser, para que florezca mejor la propia personalidad y que se esté en condiciones de obrar con creciente capacidad de autonomía, de juicio y de responsabilidad personal. Con tal fin, no menospreciar en la educación ninguna de las posibilidades de cada individuo: memoria, razonamiento, sentido estético, capacidades físicas, aptitudes para comunicar.<sup>4</sup>

El Programa de Naciones Unidas para el desarrollo convocó una comisión internacional y un equipo técnico de alto nivel para revisar la situación de la educación en el siglo XXI y buscar alternativas que permitan el ingreso de niños y jóvenes a la sociedad global del conocimiento, donde habrán de vivir, de convivir, de ser felices y de competir.<sup>5</sup> Este grupo plantea la siguiente hipótesis:

“Si la formación del pensamiento crítico de los estudiantes es el verdadero eje de una política de la ciencia, tendremos que detenernos sobre la pregunta: ¿Qué es una educación para el “pensamiento crítico”, para el “espíritu científico” o para la “alta inteligencia” ?

Ya llevamos tres años del siglo XXI y el tema sobre la educación no se abre paso. Por ejemplo: La comisión recomienda que la educación debe adquirir las dimensiones de un movimiento popular, en el sentido de que sirva para todos y que sea para toda la vida. En Colombia si se está convirtiendo en un movimiento popular pero de rechazo a las políticas estatales. Otra estrategia, (la cuarta) establece: abolir las barreras artificiales entre los diferentes tipos (preescolar,

básica, media, técnica, tecnológica y superior) y formas de enseñanza (formal, no formal e informal). En Colombia, por el contrario se busca afianzar los niveles, a pesar de que hay múltiples evidencias de que están desarticulados. La educación preescolar (estrategia 5) debe figurar entre los grandes objetivos de la educación.

---

<sup>4</sup> UNESCO. Los Cuatro Pilares de la Educación. Ed. Magisterio del Río de la Plata. Argentina, 1997. Pág. 40

<sup>5</sup> Educación: La Agenda del Siglo XXI. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Hernández Gómez Buendía. Ed. Tm Editores. 1988

En Colombia en las zonas rurales, el porcentaje de niños desatendidos supera el 95%. Un ejemplo final: Toda acción (estrategia 20) alfabetizadora debe articularse con los objetivos del desarrollo socioeconómico del país.

### 1.5 EL CONCEPTO DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA<sup>6</sup>

Una de las principales características de la sociedad moderna es la creciente importancia del conocimiento científico y tecnológico en todas las dimensiones de la vida: el trabajo, la familia, el medio ambiente, la economía, el consumo, las comunicaciones, la educación, la salud, la alimentación, etc.

Este tipo de conocimiento le ha permitido a la humanidad –en corto tiempo– lograr una inmensa capacidad de controlar y orientar su entorno y su destino, ya sea hacia un mayor progreso social, económico y cultural, o hacia la posibilidad de autodestrucción, de aumento de la desigualdad, la marginación, el conflicto y el deterioro de la calidad de la vida.

En el campo de la producción de bienes y servicios se ha evidenciado, con gran fuerza, la incidencia del conocimiento científico y tecnológico. Los procesos e insumos productivos son cada vez más intensivos en ciencia y tecnología, por lo cual se requiere una fuerza laboral con altos niveles de calificación y con la capacidad intelectual para el aprendizaje continuo de conocimientos de creciente complejidad. Por estas razones, la capacidad de innovación productiva, base de la competitividad, depende a su vez tanto de la capacidad endógena de investigación y desarrollo en áreas Científico-Tecnológicas Específicas, como del nivel de calificación de la fuerza laboral. Todo esto, además, es un contexto de alta competencia enmarcado en la globalización e interdependencia de las relaciones económicas internacionales

En este contexto, una de las principales ventajas competitivas creadas es la cantidad y calidad de los recursos humanos altamente calificados, o formación del nuevo capital intelectual requerido. La presión del progreso técnico y la modernización aumentan la demanda por una educación cuyos fines económicos de productividad, calidad, eficiencia e innovación, sean explícitos, medibles y

evaluables.

Es evidente que la formación de este nuevo capital intelectual nacional requiere un sistema educativo de alta calidad y pertinencia, desde el nivel de educación básica y formación científica y profesional, hasta las modalidades de Educación Técnica y Tecnológica. Es ampliamente reconocida la gran importancia de la calidad de la educación básica inicial en la formación de las competencias (intelectuales,

---

<sup>6</sup> Misión de Educación Técnica, Tecnológica y Formación Profesional. Bogotá, 1999 comunicativas, sociales, técnicas, tecnológicas, metodológicas, etc.) del nuevo trabajador requerido en la moderna sociedad de la información y del aprendizaje.

Estas competencias generales determinan la capacidad futura para el aprendizaje completo, la recalificación y actualización continua, y el estudio permanente, tanto en el sistema educativo formal como en las múltiples y diversas oportunidades de formación y calificación para el trabajo, en la empresa o en programas no escolares<sup>7</sup>.

### **1.6 LA NECESIDAD DE UN NUEVO CONCEPTO DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA**

En relación con la Educación Tecnológica se releva la creciente importancia de este tipo de educación, tal como se la define a nivel internacional, como medio esencial de desarrollo de la capacidad científica y tecnológica endógena, la que constituye la condición necesaria para el desarrollo económico, social y cultural de todo país en el mundo contemporáneo.

Por Educación Tecnológica Moderna se entiende la formación de la capacidad de investigación y desarrollo, de innovación en la respectiva área del conocimiento, de tal manera que este tipo de educación pueda contribuir eficaz y creativamente a la modernización y competitividad internacional del sistema productivo nacional, en el contexto de la internacionalización de las relaciones económicas. El objetivo primordial de esta educación debe ser la generación de una capacidad endógena, que permita tanto la creación de nuevas tecnologías como la adaptación y adecuación de las existentes a condiciones, particularidades y necesidades propias y específicas, para las cuales no existen soluciones tecnológicas universales ni estandarizadas.<sup>8</sup>

La calidad académica de la Educación Tecnológica Moderna depende esencialmente de su sólida fundamentación en los conocimientos científicos directamente relacionados con la tecnología objeto de estudio, y de su estrecha

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

articulación con la solución de problemas tecnológicos en cualquier sector de producción de bienes y servicios (sectores industrial, agropecuario, minería, petróleo; servicios de salud. Educación, información, finanzas, etc.).

---

<sup>7</sup> Misión de Educación técnica, tecnológica y formación profesional. Creada por Decreto 641 de 1998

<sup>8</sup> "La tecnología científica que ha de desarrollarse está dictada, en cierta medida, por las necesidades del país para generar productos comerciales de alta calidad y para promover el bienestar de su gente, pero se encuentra también condicionada por los estándares internacionales y por los sectores industriales competitivos más avanzados". Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo. El Contexto

De aquí el carácter práctico y aplicado, creativo y experimental, de este tipo de educación. Por estas razones, la Educación Tecnológica Moderna, de alto nivel académico, requiere estar estrechamente relacionada con el nivel universitario, principalmente con la ingeniería y con las ciencias aplicadas (particularmente Física y Química). De esta manera se lograría el doble propósito de asegurar su fundamentación científica y metodológica, y de otorgarle estatus académico y social.

Lo anterior implica que la ubicación natural de la Educación Tecnológica debería residir en las Universidades con mayor desarrollo académico de las áreas de Ingeniería y Ciencias Exactas y Naturales<sup>9</sup>. Estas Universidades serían, además, la principal fuente de recursos humanos y asesoría para la creación de cualquier Institución Tecnológica Especializada, de alto nivel, que pudiera crearse en el futuro, ya sea como apoyo tecnológico a determinado sector productivo o como estrategia de desarrollo regional<sup>10</sup>

En el marco del segundo Foro Educativo Nacional y primera Feria Pedagógica (Bogotá, 1998) se llevó a cabo el Seminario "La Educación Técnica y Tecnológica en Colombia: Limitaciones y Desafíos", el cual llegó a las siguientes conclusiones:

- La necesidad de generar una política concertada y clara para la educación media que supere los meros aspectos jurídicos y se ubique en las realidades nacionales, regionales y locales. Esto implica eliminar la dicotomía entre lo técnico y lo académico en el marco de una nueva concepción curricular que integre la formación básica con el conocimiento técnico y tecnológico y crear institutos especializados en educación media fuertes en formación tecnocientífica (tecnología).
- La importancia de articular la educación básica, media y superior en un conjunto coherente de formación, con lo cual se facilitará la movilidad de los estudiantes en todos los niveles.
- La reivindicación de la educación técnica y tecnológica y la conformación de un sistema de educación técnica y tecnológica que permita elevar el estatus de este tipo de formación, dada su importancia en el desarrollo del país.

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

- El fortalecimiento de la relación teórica y práctica en todos los procesos de formación y en todos los niveles del sistema educativo.

<sup>9</sup> Es importante recordar que esta idea ya había sido propuesta, desde 1994, por la "Misión para la Modernización de la Universidad Pública".

<sup>10</sup> Desde la perspectiva de las políticas nacionales de Ciencia y Tecnología siempre se ha considerado que la formación de recursos humanos en Tecnología es una responsabilidad fundamental de las Universidades de mayor desarrollo académico. Ver por ejemplo "Política Nacional de Ciencia y Tecnología. 1994 – 1998" Documento CONPES 2739 – COLCIENCIAS – DNP. 1994.

- La articulación en los procesos de formación de la ciencia, la tecnología, el arte y la ética.
- La formulación de manera concertada de lineamientos de la educación rural y técnica desde las instituciones rectoras como ejes orientadores y articuladores de los procesos educativos en el país.

En el marco del evento mencionado se presentó la siguiente ponencia: La Educación Media en Colombia: problemática actual y reformas necesarias, del profesor Víctor Manuel Gómez Campo, quien propone una profunda reforma a la educación media dentro de la cual se destacan los siguientes puntos:

- Es necesario eliminar la innecesaria dicotomía existente en el Nivel Medio entre la modalidad académica y la técnica.
- Se requiere reconceptualizar la Educación Media como etapa de exploración de los intereses y aptitudes de los estudiantes, y de orientación hacia y selección de los diversos destinos ocupacionales posibles (o futura identidad profesional), en lugar de continuar siendo el nivel de paso o puente obligado hacia la educación superior.
- Es necesario formular una nueva concepción curricular que integre y articule la formación básica y en ciencias, con áreas del conocimiento técnico y tecnológico, conformando una nueva formación técnico-científica en el nivel medio, en lugar de la actual dicotomía existente entre una modalidad (mal llamada) académica, que es, más bien, libresca e intelectualista; y otra técnica, de bajo nivel social y educativo y con grandes deficiencias en calidad y pertinencia.

Esta nueva formación técnico-científica puede organizarse según grandes campos del conocimiento, caracterizados por sus aplicaciones genéricas o transversales en varios sectores de la producción, y no reducidos a oficios o sectores específicos.

Estos grandes campos del saber integran los conocimientos "generales" o académicos, y los técnicos o aplicados, superando así el falso dilema entre la educación académica y la técnica. Estos campos del conocimiento técnicocientífico

permiten además la profesionalización del egresado, desde una profesión técnica inicial hasta la posibilidad de acceder a los más altos niveles del saber en su profesión, mediante esquemas de formación por ciclos propedéuticos.

- Son necesarios nuevos criterios de identificación y definición de las áreas o campos de especialidad ofrecidos. Estos deben cumplir el requisito básico de permitir una formación bivalente al egresado, como alternativa a la estrecha vocacionalización que ha caracterizado a muchas ramas y modalidades, tanto en los Institutos Técnicos Secundarios como en el modelo INEM de diversificación. Por otra parte, la identificación de estas áreas de especialidad es un tema de gran importancia para el desarrollo económico y social de cualquier sociedad, con decisivas implicaciones sobre el desarrollo de las fuerzas productivas y sobre la problemática del empleo/desempleo de la fuerza laboral. Se requiere, por tanto, un esfuerzo de orientación de las decisiones educativas (la oferta de especialidades) en función de los grandes objetivos de desarrollo económico y social, y de las principales carencias y limitaciones para lograrlos. Este constituiría el marco general de referencia política que orientaría y racionalizaría las decisiones curriculares en el nivel institucional. En otras palabras, los PEI individuales tendría como referente de su acción a los Planes Regionales y Municipales de desarrollo educativo, establecidos por la Ley General de Educación.<sup>11</sup>
- La necesidad de una estrecha articulación entre los niveles media y superior, una planificación conjunta y una coordinación de estrategias de intervención mutuamente complementarias. Todo lo cual es contrario a la tradicional manera de concebir y tratar aisladamente los diversos niveles educativos, como ha sucedido recientemente en la política y la legislación educativa: Ley 30, Ley 115, Plan Decenal de Educación, Salto Educativo, entre otros.

### 1.7 EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Los procesos de investigación se desarrollan en etapas: en primera instancia debe formularse un problema; seguidamente inscribir dicho problema dentro de una propuesta teórica y finalmente, definir una estrategia metodológica que conlleve a su solución.

En lo que se refiere al problema digamos que: "Todo proceso de investigación requiere saber plantear problemas. Y, dígase lo que se quiera, en la vida científica los problemas no se exponen por si mismos. Es precisamente este sentido del problema el que indica el verdadero espíritu científico. Para un científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta.

Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo. Nada está dado. Todo se construye.<sup>12</sup> Este concepto nos ayuda a

<sup>11</sup> Este último punto implica la superación del concepto de Proyecto Educativo Institucional (PEI) en cuanto propuesta individual de cada institución, aislada de otras en el medio y desconociendo las necesidades sociales y económicas mayores, tanto de la nación como de la región. El concepto de PEI corre el grave riesgo de reducir la solución de los profundos atrasos educativos del país a las posibilidades intelectuales, humanas y físicas de cada institución en sí misma, en un contexto de aislamiento y ausencia de comunicación y cooperación entre instituciones de la misma ciudad y región. La superación de este riesgo reduccionista exige la formulación de "Proyectos Educativos Regionales o Municipales" en los cuales se integren y armonicen las opciones de cada institución, particularmente en lo pertinente a la Educación Media.

<sup>12</sup> Bachelard, G. La formación del Espíritu Científico. México. Ed Siglo XXI. 1976. Pág. 16  
diferenciar los problemas y/o necesidades que buscan solucionar los llamados Proyectos de Inversión.

### 1.8 LA CONSTRUCCIÓN TEÓRICA

El discurso teórico: sobre la explicación científica

Dice Wartofsky (1983:315) que "explicar algo es haber llegado a entenderlo de tal manera que sea uno capaz de hacer que otro lo entienda" para resaltar el hecho de que si realmente algo se conoce y se entiende, entonces es comunicable.

Para Harvey (1983:34) "la explicación se perfila como una conexión formal entre afirmaciones factuales diferentes, y afirmaciones teóricas más generales, relacionadas con ellas". Desde esta perspectiva, la cuestión de la explicación es asunto de estructura y coherencia interna.

Para Azuela, Labastida y Padilla (1980:156) es claro que el trabajo científico no es vana especulación o elucubraciones sin sentido sino más bien la búsqueda, razonable y argumentada, de nociones, principios y leyes que den razón de los fenómenos, entonces debe entenderse "la explicación, como el esfuerzo para entender algo que otros también entienden".

Hempel (1973:127) afirma que la cuestión de la explicación tiene que ver con lo objetivo, lo riguroso y lo sistemático; dice así mismo que "lo que la investigación científica, y en especial la explicación teórica, persigue, no es un tipo de comprensión intuitivo o altamente subjetivo, sino un tipo objetivo de penetración en los fenómenos que se alcanza, mediante una unificación sistemática, mediante la mostración de los fenómenos como manifestaciones de estructura y procesos subyacentes comunes que se ajustan a principios básicos específicos contrastables".

En un lenguaje más sencillo se puede afirmar que la búsqueda de explicaciones es la búsqueda de respuestas consistentes, razonadas y satisfactorias a interrogantes

del estilo ¿Por qué? o ¿Cómo?. Es decir, la explicación lo que persigue es eliminar la ignorancia, la tensión o la sorpresa que se suscita cuando se enfrenta algo nuevo o inesperado. Esto nuevo o inesperado provoca dicha tensión por cuanto no se adecua o encuentra lugar en nuestra experiencia o saber, originando de esta manera un proceso de interacción de preguntas y respuestas que debe dar como resultado final un sistema organizado de conocimientos, coherente y comunicable.

Diez y Moulines (1997) observan que la explicación no es un fenómeno característico de la ciencia, para llamar la atención sobre el hecho de que un alto porcentaje del conocimiento de la realidad es explicativo y que no toda explicación es necesariamente científica. Así mismo, los mencionados autores, afirman que si bien es interés del saber científico producir explicaciones, algunas disciplinas, en momentos específicos de su desarrollo, no son explicativas. Ello reafirma el hecho de que la explicación no es, ni exclusiva de la ciencia, ni que toda explicación es necesariamente científica.

Por su parte Nagel (1981) sostiene que la búsqueda de explicaciones, que sean al mismo tiempo sistemáticas y controlables por elementos de juicios fácticos, es lo que da origen al conocimiento científico, agrega además, que lo distintivo del conocimiento científico es la organización y clasificación del saber sobre principios explicativos.

En definitiva dice Nagel (1981:17), "más específicamente, las ciencias tratan de descubrir y formular en términos generales las condiciones en las cuales ocurren sucesos de diverso tipo, y las explicaciones son las enunciados de tales condiciones determinantes".

En consecuencia, el proceso de explicación coloca al investigador en la tarea de discernir y aislar ciertos componentes de la problemática o fenómeno estudiado, donde es evidente una relación de dependencia, conformándose de esta manera un conjunto de presupuestos o proposiciones que organizadas permiten conformar un sistema de explicaciones.

Esta capacidad de construir sistemas explicativos, sin embargo, no está igualmente desarrollada en todas las ciencias; en algunas ciencias es un hecho maduro, en otras sólo un ideal.

En definitiva, lo que desea resaltarse es que la investigación científica, en este modelo metodológico, busca poner de manifiesto que entre temas variados o

proposiciones que parecen no tener conexión existe cierta relación de dependencia capaz de dar cuenta de un conjunto, amplio o reducido de fenómenos.

Ahora bien, si bien se acepta que la actividad explicativa es llevada a cabo por los científicos, estos, en cuanto seres humanos, son personas reales no solo contextualizadas y contextualizables, sino también dotados de creencias y sistemas de valores, las cuales influyen no sólo en lo que respecta al origen de las explicaciones sino también a la hora de juzgar el valor de dichas explicaciones (Harvey, 1993); lo cual suscita el problema de los criterios que garantizan la calidad y la validez de dichas explicaciones.

Para Wright (1980) la investigación científica, en una perspectiva amplia, sirve en

uno de sus fines principales a la explicación o inteligibilidad de los hechos ya registrados; en lo referente a las condiciones que debe satisfacer una explicación este autor menciona dos tradiciones: la tradición aristotélica y la tradición galileana, que traducidas al lenguaje científico corresponden al contraste entre la explicación casual y la explicación teleológica. Mardones (1991) sostiene que ambas tradiciones se remontan al mundo griego puesto que no se refieren, como parece sugerir su nombre, a acentos personales sino a concepciones sobre el qué hacer científico que tienen en la actualidad como escenario privilegiado de debate, las disciplinas sociales o humanas.

Dada su gran importancia su presenta a continuación una breve caracterización de dichas tradiciones.

La tradición aristotélica o la ciencia como explicación teleológica, tuvo en Aristóteles como uno de sus pioneros; este filósofo griego sugería que la indagación científica se iniciaba allí donde se evidenciaba la existencia de ciertos fenómenos, es decir, se privilegia como comienza la observación y así la explicación se logra cuando se da razón de estos hechos (Mardones, 1991).

Lo que subyace en la propuesta aristotélica es la vía inductiva que debe llevar de la observaciones a los sistemas explicativos.

Harvey (1983:55) resume así este proceso: los datos que recibimos de los sentidos no proveen del nivel de información inferior para alcanzar el conocimiento científico. Cuando se transforma esta información en palabras aparece una serie de afirmaciones en desorden a las que a veces llamamos información factual.

Las palabras que usamos para descubrirla ordenan, en parte, sus componentes. Después, en el proceso de definición, medida y clasificación, situamos estos hechos, parcialmente ordenados, en grupos y categorías y, por tanto imponemos un cierto orden aparentemente racional.

Desde esta perspectiva, en una primera etapa del desarrollo del conocimiento científico, ordenar y clasificar es prioritario, aunque su poder explicativo sea débil; posteriormente el desarrollo de regularidades originaría las leyes empíricas o inductivas.

Estableciendo la ley se satisfaría el objetivo de la explicación, más no por ello se interrumpiría la investigación que debería orientarse a la estructuración de teoría.

En cuanto a la tradición galileana, o la ciencia como explicación causal, emerge gradualmente como crítica a la propuesta aristotélica; implica la superación de lo metafísico para dar paso a lo funcional - mecanicista (Mardones, 1991).

El desarrollo de esta tradición, que inaugura la ciencia moderna, trae consigo no solo una nueva concepción del método sino también el principio de que los secretos de la naturaleza están escritos en lenguaje matemático.

Mardones (1991:26) observa que bajo esta paradigma "la nueva ciencia que reemplaza a la aristotélica va a considerar como explicación científica de un hecho aquella que venga formulada en términos de leyes que relacionan fenómenos determinados numéricamente, es decir, matemáticamente.

Tales explicaciones tomarán las formas de "hipótesis causales".

Ahora bien, de esta tradición galileana se desprende una ruta explicativa, de tipo deductivo, que Harvey (1983:57), caracteriza como sigue: en su más sencilla acepción implica algún tipo de imagen intuitiva de la estructuración de la realidad.

Más tarde identificaremos estas imágenes apriorísticas con modelos apriorísticos. Basándonos en esta imágenes postularemos una teoría con una estructura lógica que asegure la coherencia interna y contenga un conjunto de afirmaciones que relacione las nociones abstractas de la teoría con los datos percibidos.

La teoría nos va a permitir deducir conjunto de hipótesis que, una vez interpretados empíricamente, podrán contrastarse con estos datos percibidos. Cuanto mayor sea el número de hipótesis que verificaremos así, más confianza podremos tener en la validez de la teoría elaborada, siempre que, naturalmente, las comprobaciones sean positivas.

Desde esta perspectiva se deduce que el saber científico es una especulación controlada y el mecanismo mediante el cual se ejerce dicho control no es otro que el de lógica interna de los enunciados y la veracidad de estas con relación a los

datos percibidos.

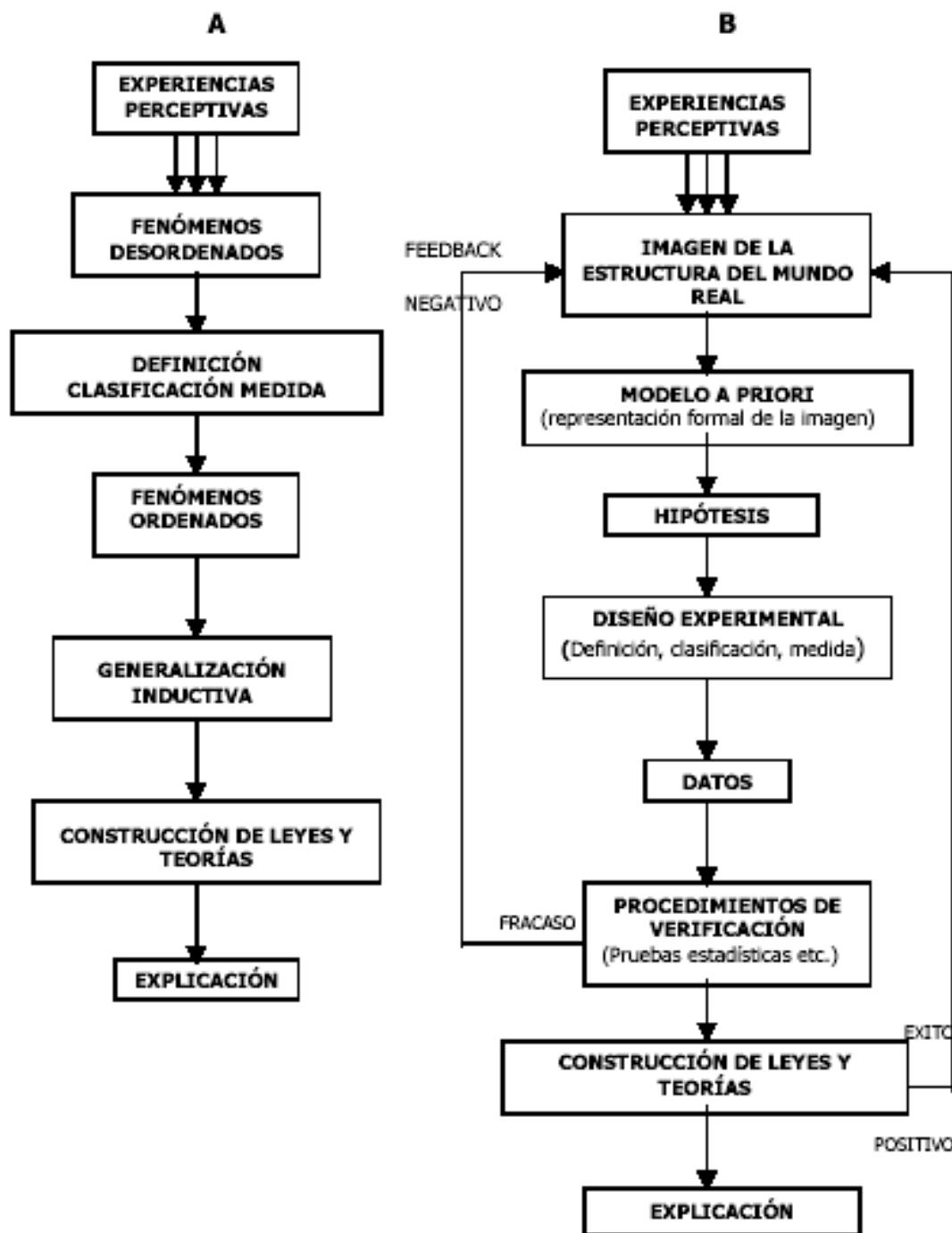
En esta vía, por consiguiente, las nociones de teoría, ley y por supuesto modelo, resultan claves y exigen del investigador precisión, rigor y claridad.

### **1.9 RUTAS HACIA LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA**

A continuación se muestra el esquema “Rutas hacia La Investigación Científica”, fuente. Harvey 1983

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

- A** Ruta Empírica Inductiva  
**B** Ruta Deductiva



Para brindar al lector una visión panorámica y comparativa Harvey (1983) ha resumido estas dos vías a la explicación científica en la figura 1, como se deduce de una rápida lectura de esta figura, el centro de la cuestión radica en el tipo de inferencia que privilegian, así mientras las primera vía centra su interés en la inferencia inductiva, la cual lleva el riesgo de extraer conclusiones falsas de premisas verdaderas, la inferencia deductiva conlleva el riesgo de no producir nada nuevo, con respecto a lo que ya conocemos, simplemente corroborarlo.

En la discusión epistemológica actual, sin embargo, se cree que inducción y deducción no son lógicas antagónicas puesto que aún la estructura deductiva más rigurosa ha exigido en ciertas fases de su desarrollo inferencias inductivas, en especial, en aquellos ambientes de saber donde los conocimientos no son sólidos.

A modo de información se plantean a continuación algunas formas de elaborar explicaciones;

- La explicación deductiva predictiva: Diez y Moulines (1997) así como Nagel (1981) lo consideran como la forma más corriente de construir explicaciones. Su objetivo es el establecimiento de ciertos principios o leyes para luego demostrar que diversos tipos de fenómenos son regidos por estos principios o leyes, lo que les daría el estatuto de verdades universales. Aquí explicación y predicción son simultáneas y poco diferenciables. Su crítica esencial radica en la fundamentación de las verdades universales.
- La explicación relacional, Harvey (1983:38) dice que "en este caso se trata de relacionar el fenómeno a explicar con otros ya vistos y que no nos sorprenden ya, porque estamos familiarizados con ellos o los hemos analizado". En esta perspectiva se asume que la idea es establecer nexos entre los fenómenos y las leyes sólo mecanismos que facilitan llevar información de unos fenómenos a otros.
- La explicación analógica o por modelo, según Workman (1964), en este tipo de explicaciones la idea consiste en elaborar un cuadro de hechos para dar a lo desconocido una estructura familiar y así mediante la analogía ir gradualmente eliminando lo desconocido.
- La explicación probabilística, dice Nagel (1981:33) se presenta habitualmente, cuando las premisas explicativas contienen una suposición estadística acerca de alguna clase de elementos, mientras que el explicandum es un enunciado singular acerca de un determinado individuo de esta clase. Se deduce que este tipo de explicaciones sería característico de disciplinas con un nivel intermedio o bajo de desarrollo.
- La explicación genética, dice Nagel (1981:36) busca "determinar la secuencia de sucesos principales a través de los cuales un sistema originario se ha transformado en otro posterior". En esta forma de explicación el tiempo es

cuestión fundamental, entendido este como procesos de desarrollo sujetos a ciertos principios.

- La explicación funcional, dice Nagel (1981:34) son aquellos que "adoptan la forma de la indicación de uno o más funciones (o hasta disfunciones) que una unidad realiza para mantener o dar concreción a ciertas características de un sistema al cual pertenece dicha unidad, o de la formulación del papel instrumental que desempeña una acción al lograr cierto objetivo". Como se desprende de esta caracterización, este tipo de explicación conlleva estados o sucesos futuros que implican el acto o acción pertinente.

Estos tipos de explicaciones sumariamente referenciados no agota por supuesto, las posibilidades de ofrece el desarrollo de la ciencia, ni mucho menos implica que el asumir una de las ellas automáticamente excluye el acercamiento de otros enfoques. No debe olvidarse, así mismo, que la adopción de un enfoque explicativo está relacionado directamente con el paradigma aceptado, ello implica, entre otras cosas, que esta relación con lo que preguntamos, como lo preguntamos, para que lo preguntamos. Sin embargo, tampoco debe olvidarse que en ello también juega papel importante la actitud ética: responsabilidad, coherencia, rigor, altura intelectual. Es decir, la explicación implica un compromiso metodológico y ético a la vez.

### 1.10 ACERCA DE LA HIPÓTESIS

Dice Rojas (1986:103) que "la hipótesis desempeña un papel fundamental en el proceso de la investigación ya que sirve de puente, de intermediación, entre la teoría y los hechos empíricos en la búsqueda de nuevos conocimientos".

Destacando así el extraordinario papel de ésta en el desarrollo de la investigación sin embargo, no implica ello que su naturaleza y conceptualización resulte fácil, pues como observa Wartofsky (1983) no existe en la comunidad científica un término caracterizado por tal grado de ambigüedad que el de hipótesis.

Arias (1986) observa que el proceso de investigación nunca se parte de cero, sino que además de obtener del fenómeno en estudio algunas sugerencias, se posee algún conocimiento anterior y ello permite aproximar una solución al problema planteado. Esta explicación tentativa es lo que constituye la hipótesis. Para Wartofsky (1983: 242) "una hipótesis es una propuesta de que se admite como verdadero algo; y en este sentido se encuentra teñido provisionalidad".

De la definición planteada se desprende que su enorme importancia radica en su capacidad de guiar el desarrollo de la investigación. En efecto, como señala

Cardoso (1982) la hipótesis señala la relación que existe entre los hechos y en consecuencia, aclara lo que se requiere buscar para eliminar su provisionalidad y dar paso a la verdad.

Debe recordarse aquí que, es tal el valor de la hipótesis en la propuesta metodológica planteada que le da su nombre (hipotético deductiva); sin la presencia de hipótesis la investigación pierde su horizonte, pues esta pone de relieve los hechos significativos y sus relaciones, evitando que la razón y la investigación se pierdan entre los hechos irrelevantes y poco importantes.

No importando su grado de elaboración, las hipótesis científicas no son seguras, ni rápidamente solventables (Wartofsky, 1983); su mérito radica en la precisión gracias al marco que permite su enunciado, dándole así al pensamiento un definido campo de acción e indicando sobre que técnicas e instrumentos centrar su acción y su esfuerzo.

Wartofsky (1983:243) dice que al analizar una hipótesis debe tomarse en consideración los siguientes puntos de vista:

- Las hipótesis son generalizaciones provenientes de la experiencia, en cuanto su contenido resume un conjunto de observaciones dentro de las cuales se percibe y se identifica un rasgo o relación invariante. En este sentido, dice el autor, se comportan como generalizaciones inductivas originadas en la experiencia directa.
- Las hipótesis son inferencias deductivas que se enuncian a partir del premisas de orden superior, en cuanto permiten conectar un fenómeno, o mejor una premisa menor, a estos enunciados teóricos de alcance universal. Como se infiere, en este tipo de hipótesis lo que se desea verificar es el comportamiento de un hecho particular que cabe en el enunciado teórico universal. Se ejemplifica un caso particular de la ley.
- Las hipótesis son postulados o suposiciones creados libremente por la inteligencia para poder ordenar o derivar de ellos otros enunciados, es decir, lo importante de ellos es su uso y este se refiere a sus capacidad de imponer un orden dentro de los hechos conocidos; a su vez el orden obtenido puede dar origen a nuevas suposiciones, consecuencias y conjeturas.
- Las hipótesis son intuiciones referentes a lo que parezca evidente o ineludible de creer, o bien a lo que se presenta como plausible de alguna manera vaga pero insistente, es decir, son producto de intuiciones o "corazonadas", que permiten al investigador descubrir algo, sacar a flote ciertas relaciones; en fin producto de un genio especulativo que ve y detecta ciertas cuestiones, gracias a la preparación, la intuición o algún otro tipo de destello intelectual.

Así, en la propuesta metodológica aquí planteada, la formulación de hipótesis resulta, una actividad central en cuanto no sólo señala que enunciado o afirmaciones son las que se van a someter a prueba o verificación y que diseño es el que se debe privilegiar, sino que su contrastación pone en evidencia la relación entre actitud filosófica y coherencia metodológica. No debe olvidarse que los resultados de estos procesos de contrastación varían tanto por la calidad como por la cantidad y la variedad de pruebas realizadas.

### 1.11 LA CUESTIÓN DEL MÉTODO

#### 1.11.1 Problemática sobre la Epistemología del Método

La cuestión del Método se presenta como uno de los problemas importantes que debe ser analizado para una mayor claridad en la formulación de investigaciones científicas y/o educativas.

El escenario creado por este problema, en la actualidad muestra, especialmente, el desmoronamiento del paradigma positivista, hegemónico durante buena parte del siglo que acaba de concluir, y el surgimiento y avance de nuevas formas y propuestas para entender la ciencia, la filosofía y, en estos contextos, la investigación científica.

Hoy, las investigaciones apuntan a buscar resultados desde muy diversos enfoques, lo que hace presumir una concepción particular del Método, en cada uno de ellas. Para ilustrar esta situación, de forma sintética, se presentan algunos casos:

- Investigaciones que buscan la explicación o comprensión válida o que puede ser aceptada como tal<sup>13</sup> de un problema de conocimiento u objeto de conocimiento, desde un planteamiento teórico “a priori”, con proyección universal. Generalmente son las investigaciones hechas bajo la perspectiva hipotético deductiva.

---

<sup>13</sup> En la exposición se usan los términos: explicación y comprensión, de una parte y, de otra, las proposiciones de válido o aceptado como válido. Esta forma de presentación no corresponde al manejo de simples sinónimos, obedece al reconocimiento de dos grandes tendencias en la forma de concebir la ciencia: una considera que la ciencia produce explicaciones y/o comprensiones válidas y otra que la ciencia produce explicaciones y/o comprensiones relativamente válidas, o sea, aceptadas por una comunidad científica. Igualmente se usa el “y/o” para diferenciar explicación de comprensión, por cuanto algunas posturas consideran que las ciencias explican objetivamente el mundo y otras plantean que el problema es de comprensión. Este reconocimiento permite aproximarnos a la idea de que a través de la explicación hay objetividad plena en la investigación y que a través de la comprensión, el conocimiento no se libera de la

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

presencia de la subjetividad del investigador. De esta diferenciación se derivan defensas por procederes cuantitativos o cualitativos en la investigación.

- Investigaciones que buscan la explicación o comprensión válida o que puede ser aceptada como tal, sobre un fenómeno u objeto de conocimiento, desde el reconocimiento de la frecuencia con que este ocurre, con proyección universal. Generalmente corresponde a las investigaciones hechas con una perspectiva inductivista y empírica.
- Investigaciones que buscan la explicación o comprensión válida o que puede ser aceptada como tal, de un fenómeno, hecho u objeto de estudio al margen de si tiene validez universal. Corresponden generalmente a estudios de caso, algunos estudios etnográficos, etc.
- Investigaciones que buscan la explicación o comprensión válida o que puede ser aceptada como tal, de cualquier objeto de conocimiento y de transformación considerando que la fuente de la validez está en la acción y en el producto de la misma. Las investigaciones orientadas por la Investigación Acción Participación corresponderían a este caso.
- Investigaciones que buscan la explicación o comprensión válida o que puede ser aceptada como tal, por cualquier vía o procedimiento. Serían las investigaciones que defienden su validez solo en su resultado desconociendo la discusión sobre lógica, regla, o proceder de la investigación.

Desde las diversas perspectivas de abordar la investigación pueden inferirse, entre otras, las siguientes apreciaciones:

- Todas presentan convergencias y divergencias importantes. Acudiendo al lenguaje matemático, podría señalarse que todas tienen como común denominador la "búsqueda de una explicación o comprensión" y numeradores diversos, que muestran en términos generales la forma de concebir la orientación del proceder de la investigación
- Hay el reconocimiento implícito que la búsqueda científica implica un proceso racional determinado por una manera de concebir el problema, fenómeno u objeto de investigación y de orientar el proceder de la investigación.
- Permiten visualizar alternativas diversas para aproximarse al objeto de conocimiento: Generando tensión<sup>14</sup> entre teorías que pretenden explicar con sus diferentes enfoques el mismo problema; ubicando la tensión en la explicación a partir de la frecuencia con que se da una experiencia fáctica o situándola en el reconocimiento de la experiencia, objeto de estudio, con respecto a la teoría que pretende explicarla y comprenderla. Podrían encontrarse mas.

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

<sup>14</sup> Concepto usado por A. Magendzo en "Currículo. Educación para la Democracia en la Modernidad" 1997

Estos enfoques e inferencias, permiten señalar que se está en presencia de un concepto bastante "conflictivo". Y con justa razón, por cuanto el análisis exhaustivo de este concepto podría servir, en buena parte, como un hilo conductor para mirar la dinámica evolutiva de la filosofía y la ciencia a través de la Historia.

Sobre esta condición problemática, Chacín M y Padrón J. (1996) anotan:

"Históricamente ha ido variando el tipo de operaciones que en unos y otros períodos han sido designadas bajo ese término. La axiomática de los griegos a modo de Euclides y el empirismo inductivo de Bacon y Stuart Mill, por ejemplo, son clases de operaciones que muy poco o nada tienen en común, pero ambas han sido concebidas como método<sup>15</sup>".

Por otra parte, la caracterización de las ciencias permite apreciar que el método tiene que ver, también, con la naturaleza <sup>16</sup> del objeto de conocimiento; es decir, si el objeto corresponde o al ámbito de una ciencia de la naturaleza o al ámbito de una ciencia social y/o humana. Por ejemplo, en la investigación que se hace en ciencias como la biología o la química, generalmente el método implica que la experiencia sensorial y/o fáctica aparezca en el punto de partida, como la condición primaria de la cual se desprende la teoría; en ciencias sociales, como la política, la economía, la pedagogía, entre otras, generalmente el método implica que la teoría aparezca como el "a priori" de la experiencia. Hay otras investigaciones en ciencias en donde la producción del conocimiento parece desarrollarse en una simultaneidad de lo teórico con lo práctico, donde difícilmente pudría reconocerse quien tiene mayor importancia en el punto de partida.

Otra mirada de esta problemática podría hacerse observando el uso del método en el marco de la clasificación de las ciencias desde dos tradiciones: La teoría analítica y la teoría crítica. Mientras que en las ciencias analíticas se desarrolla un enfoque más heurístico en las ciencias críticas el enfoque es interpretativo y/o comprensivo y/o de acción. Por ejemplo, dentro de la teoría analítica, el positivismo busca la explicación a través de preguntas como: ¿Qué queremos decir en realidad?, ¿Cuál es el sentido del discurso? (Weismann); en el racionalismo Popperiano se propone la explicación bajo la consideración que señala las teorías no como un conjunto de proposiciones inferidas de la experiencia sino ensayos de solución de problemas. Popper pretende la unidad en la ciencia a través del método, desde el paradigma de la Física, señalando que este consiste en partir de un problema (P), deducir alguna hipótesis (H<sub>n</sub>), confrontar las hipótesis con la experiencia para eliminar errores (EE), plantear nuevos problemas (P<sub>n+1</sub>), sugerir nuevas hipótesis (H<sub>n+1</sub>), etc. Desde esta postura sólo es científico lo

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

<sup>15</sup> Chapín M y Padrón J. Acerca del Método, Módulo Doctorado.

<sup>16</sup> Desde el siglo XIX se estableció la polémica sobre las diferencias de método entre "Ciencias del Espíritu" y "Ciencias de la Naturaleza"

falsable, en consecuencia, propuestas de conocimiento como la marxiana o el psicoanálisis no son científicos porque, aun cuando siendo verificables no son falsables. Podría decirse que la validez es inherente a la lógica interna en el desarrollo de la investigación. En la teoría crítica, en cambio, el enfoque apunta a la consideración que la ciencia muestra su validez cuando el conocimiento se entiende situado social e históricamente, con sus respectivas implicaciones.

Si nos ubicamos por fuera del marco de la ciencia, sólo en la perspectiva de los científicos que han producido este conocimiento, la problemática parece volverse más compleja puesto que debería identificarse lo que se entiende por método Aristotélico, Galileano, Baiconiano, Cartesiano<sup>17</sup>, Newtoniano<sup>18</sup>, Darwiniano, Hegeliano, Marxiano<sup>19</sup>, etc.

La cuestión del Método, también podría plantearse a partir de interrogantes como:

¿El Método debe referenciarse y entenderse desde la lógica del investigador o científico?, ¿Desde la lógica de la Ciencia?, ¿Desde un determinado paradigma?

¿Desde los procederes en la investigación? Chacín y Padrón citan del Boletín de postgrado de la URS los siguientes: ¿Es el método de las ciencias radicalmente diferente al de las Ciencias Sociales?, ¿Deben las investigaciones caracterizarse por un único método o, en cambio, existe la posibilidad de escoger entre una basta gama de ellos?

En el ámbito de clasificación de los diversos métodos Thomas Greenwood (1985), hace la siguiente:

- Métodos Racionales: Socrático, Sintético, Aséptico, Crítico o Trascendental, Dialéctico, Intuitivo, Reflexivo, Ecléctico y Positivista.
- El Método Axiomático o Hipotético-Deductivo.
- El Método Nomológico o Inductivo
- El Método Descriptivo
- El Método Histórico
- El Método Psicológico

<sup>17</sup> "Entiendo por método -dice Descartes- las reglas ciertas o fáciles gracias a las cuales quien las observe exactamente no tomará nunca lo falso por verdadero; llegará sin gastar inútilmente esfuerzo alguno de su espíritu, sino aumentando siempre, gradualmente su ciencia, al verdadero conocimiento de todo aquello que sea capaz." Discursso del Método

<sup>18</sup> Podría recordarse la famosa polémica Leibniz-Clarke, con respecto a la noción de tiempo, si se aceptaba como relativo o como absoluto.

<sup>19</sup> Marx en Miseria de la Filosofía critica la concepción Hegeliana de Método. Para Hegel el Método

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

"es la fuerza absoluta, única, suprema, infinita... es tendencia de la razón, a encontrarse a reconocerse a si misma en toda cosa..." Marx advierte que esta concepción del método absoluto es la abstracción del movimiento o el movimiento de la razón pura, es decir no situado ni histórica ni socialmente. Contrapone un método que sitúa la razón en la dinámica social y en la historia.

Refiriéndose a los diferentes usos que se le ha dado a la palabra Método, Chacín M y Padrón J. (1996) anotan: "Esto, obviamente, ha influido en una laxitud o engrosamiento del término Método, por un lado, mientras que, por otro, ha habido una reacción según la cual se intenta preservar celosamente un sentido mínimo de la palabra, restringiéndolo excesivamente a las técnicas estadísticas inferenciales ligadas a la medición<sup>20</sup>". De todas maneras, señalan, "La conceptuación de método tiene dos tipos de alcance: uno, epistemológico, en el marco tanto de la evolución histórica como de las diferentes prescripciones acerca de las operaciones de investigación. Y otro, técnico-instrumental, en el marco práctico de las ejecuciones individuales<sup>21</sup>"

Aquí encontramos otro factor de conflicto: la frontera entre método y metodología. El escenario que venimos describiendo de una manera general, encierra en su interior, quizás por las demandas pragmáticas que se le hacen a la ciencia en la actualidad, una tendencia a asimilar el método al ámbito del procedimiento que se sigue o se debe seguir en las investigaciones científicas.

Además, cuando esta consideración terminó instrumentalizándose pedagógicamente en las universidades, la noción de método terminó excluyendo la concepción teórica de este, y reduciendo su sentido a una "receta" de pasos que se deben seguir como exigencia para garantizar el éxito de una investigación científica. Padrón J (1997) refiriéndose a esta problemática señala:

"Allí tenemos, por ejemplo, a muchos profesores de Metodología que no admiten como investigación sino aquello que lleva tratamientos estadísticos sobre la base de hipótesis alterna e hipótesis nula, como si todos los problemas de conocimiento tuvieran una naturaleza probabilística. Tenemos también a los autores de manuales sobre técnicas de investigación social que insisten en obligar a todos a seguir un mismo esquema de trabajo. Pero estos malos interpretaciones del positivismo son ahora una especie en extinción. En su lugar, en los últimos tiempos ha surgido en las Ciencias Sociales otra especie todavía más peligrosa.

Son los que conciben la investigación como cualquier cosa, es decir, como un espacio de libertinaje intelectual, a cuenta de la enorme complejidad y misterio que se encierra en las vivencias del ser humano y en el carácter inefable de los hechos sociales

Dentro del contexto dialógico entre Método y Metodología, Chaín y Padrón presentan los tres grandes métodos, surgidos a través de la historia y que hoy tienen vigencia en la gran diversidad de investigaciones:

<sup>20</sup> Chacin M y Padrón J. Acerca del Método, Módulo Doctorado.

<sup>21</sup> Chacin y Padrón, Op Cit.

### Método Deductivo

Consiste en una secuencia que va de los hechos al problema; del problema a las hipótesis; de las hipótesis a las teorías; de las teorías al modelo; del modelo a las comprobaciones; de las comprobaciones a las aplicaciones. A diferencia del inductivo (que desde el problema va a los hechos a buscar evidencias mediante la captación sensorial y a construir generalizaciones sucesivas) el deductivo va desde el problema directamente hacia las teorías mediante razonamientos para acercarse al fin de los hechos.

### Método Inductivo

Consistente en una secuencia que va de los hechos al problema; de éste a la determinación de frecuencia y regulaciones por vía de observaciones y mediciones de base sensorial; de aquí a la formulación de leyes de co-ocurrencia de estas a su comprobación experimental; de las comprobaciones a las aplicaciones.

A diferencia del Método intuitivo, su criterio de construcción y contrastación está en los datos evidentes, observables y susceptibles de medición y experimentación

### El Método Intuitivo (Introspectivo)

Consiste en una secuencia que va de los hechos al problema; de este a los contextos socioculturales circundantes; de aquí a la organización de datos de origen intuitivo (personal) mediante el registro de situaciones interaccionales, relatos de experiencias y vivencias, desciframiento de textos y escritos, situaciones de transferencias de roles entre investigador e investigados (o participantes del hecho investigado); de esto a la interpretación de las relaciones entre significados colectivos y estados de cosas; de allí a la búsqueda de consenso en torno a la interpretación obtenida; de esta a las aplicaciones y a las transformaciones de situaciones. A diferencia de las dos variantes anteriores se orienta primariamente hacia los datos generados por la introspección personal y no hacia los datos medibles objetivamente ni hacia los datos de razonamiento del investigador.

Además, en alguna medida, presupone principios axiológicas o de preferencia respecto a unos y otros estados de cosas, claramente implícitos o declarados dentro de la misma IE (sobre todo en lo que se refiere a acciones asociadas a la transformación social).

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

Hugo Cerdá<sup>22</sup> aceptando, igualmente, la conflictividad del término ya sea por resultar ambiguo o por que a través del tiempo ha ampliado sus significado y sus alcances, y partiendo de la premisa de que el método, por ser un instrumento para

---

<sup>22</sup> CERDA, Hugo. Los Elementos de la Investigación, El Buho, Santa Fe de Bogotá. 1995

conocer la naturaleza y la sociedad, se encuentra ligado a las disciplinas y áreas del conocimiento, deduce que:

“Los métodos de la investigación científica son los procedimientos planeados que se utilizan para descubrir las formas de existencia de los procesos objetivos, distinguir las fases de su desarrollo, desentrañar sus alcances internos y sus conexiones con otros procesos, esclarecer las acciones recíprocas entre los procesos, generalizando y profundizando los conocimientos allí adquiridos, demostrándolos con rigor racional, obteniendo su comprobación en el experimento o en la observación, y encontrando las condiciones y medios necesarios para permitir la intervención humana.”

Observa, que desde esta perspectiva de entender el método se reconoce un vínculo muy estrecho entre el método científico y la lógica “en tal grado que algunos investigadores consideran el método como la función lógica más completa y también la más importante<sup>23</sup>”, Concluye que la Lógica y particularmente la Epistemología, aportan los métodos deductivos e inductivos, advirtiendo que éstos no son independientes el uno del otro, ya que las investigaciones van de la inducción a la deducción o de la deducción a la inducción.<sup>24</sup>

Esta perspectiva permite reconocer la presencia de dos campos, dentro de los cuales se inscriben los Métodos: el Filosófico y el Científico. Igualmente permite visualizar una forma de ordenar, un tanto, el escenario que se ha venido presentando en torno de la cuestión del Método.

Si, de una parte, se acepta que hay métodos de investigación filosófica y métodos de investigación científica y, de otra, se reconoce que detrás de cada investigación científica hay una concepción filosófica o un planteamiento epistemológico, podría inferirse que en estas investigaciones confluyen métodos que nos orientan sobre el cómo llegar a conocer y métodos que nos dicen cómo se conoce. Los primeros corresponden a la posibilidad y los segundos a la certeza; los primeros al horizonte de razón los segundos al horizonte de acción.

En consecuencia con lo anterior, podría decirse, hay métodos generales, que pueden orientar formas de investigar en varios campos del conocimiento, al margen de si la investigación corresponde al ámbito de la filosofía o de la ciencia (sea Ciencia Natural o Ciencia Social-Humana), que en los procesos de investigación, “entran en diálogo” o interactúan con métodos particulares de las

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

ciencias. Por ejemplo, los Métodos Deductivo, Inductivo, Empirista, Dialéctico,

CERDA, Hugo. Op. Cit. Pág.118

<sup>24</sup> Frente a esta visión de reconocer las dos posibilidades metodológicas hay que recordar la posición de Popper, de negar la inducción como método científico y defender sólo la deducción como único método válido para realizar investigaciones científicas.

Positivista, Estructural, Funcionalista, Sistémico, entre otros, estarían más por la vía general y orientados desde el razonar filosófico, mientras que los Métodos Cuantitativos como los Métodos Estadísticos, de modelamiento, de varianza, etc, y los Métodos Cualitativos como el Etológico, Etnográfico, Investigación-Acción-Participación, Estudios de Caso, Históricos, entre otros, estarían mas por la vía particular y orientados por el razonar científico.

Desde esta perspectiva, de situar los métodos en un orden jerárquico, podría afirmarse que el método de una investigación sería la síntesis que se produce al tensionar un método general del orden filosófico y un método particular del orden científico. Este proceder permite que el investigador sitúe razonablemente su investigación tanto en la orientación general del conocimiento (filosófica) como en su orientación particular (científica) y, dentro de este contexto, perciba las implicaciones de procedimiento metodológico. De esta manera, podría inferirse, que el método, igual que el objeto de investigación, también es adoptado, adaptado, elaborado o reelaborado por el investigador, obviamente en las dimensiones de validez reconocidas por las comunidades académicas y científicas.

En este orden de ideas, aparece también la noción de Metodología, diferenciada de la noción de Método. La noción de Metodología se acaba de ubicar, precisamente, cuando se hace referencia al proceder; es decir, desde esta perspectiva corresponde a los pasos concretos que se van a seguir, de acuerdo con el método seleccionado o construido, durante el proceso de la investigación. Mientras el método es inherente a la orientación general de la razón para buscar la producción de conocimiento, la metodología corresponde a la orientación particular de la acción en la investigación, que hace posible la aplicación del Método.

Como puede verse, se presentan muchas alternativas o vías para abordar la dilucidación teórica del método y que podrían ser abordadas en un estudio exhaustivo sobre la cuestión. El alcance de este trabajo, sólo se inscribe en dejar referenciada la problemática y derivar de ella implicaciones sobre las dos opciones metodológicas que, con mayor frecuencia, se asumen hoy en investigación de Ciencias Sociales: Las Metodologías Cuantitativas y Las Metodologías Cualitativas. De todas formas, con base en todo lo dicho hasta aquí, el Método se asume, para efectos del presente trabajo, como la organización sistemática de ideas o concertación de ideas, hecha por el investigador, a partir de "tensionar"

supuestos teóricos inherentes a la naturaleza del objeto de estudio y alternativas

de orientar la ejecución de la investigación, o entre las demandas y retos de conocimiento extrínsecos y las posibles formas de orientar la construcción de explicativos, con la pretensión de producir resultados válidos o que sean aceptados como válidos.

Esta forma de presentar el Método, reconoce que la Investigación Científica parte de premisas fundamentales como:

- Los fenómenos, hechos, teorías que se constituyen en objeto de estudio, se dan en un mudo cambiante y en articulación con otros fenómenos, hechos y teorías. Por lo tanto, se incluye lo indeterminado como parte del devenir del objeto de investigación.
- La investigación científica pretende explicar y/o comprender los fenómenos, hechos o teorías en el marco de una discusión teórica que implica reconocer, actualmente, un acumulado de conocimientos sobre el objeto de estudio y, en consecuencia, diversos enfoques y posturas teóricas sobre él.
- La investigación científica se da en un mundo social en donde los intereses de los individuos, las entidades o las instituciones también se hacen presentes.

Estas premisas, por sus implicaciones en todos los órdenes, de alguna manera inciden en la construcción del método.

Seguramente hay poca discusión sobre si las ciencias naturales explican los fenómenos desde un enfoque cuantitativo, pero en ciencias sociales y/o humanas la discusión es más candente y la defensa del enfoque cualitativo se presenta con mayor fuerza, con excepción de algunas ciencias como la Economía o la Estadística. Hay una definición de ciencia propuesta por Blaug (1982) que pone en evidencia esta problemática: "la ciencia es la única ideología con capacidad de autocritica y auto-corrección diseñada por el hombre<sup>25</sup>".

Aquí, Stromsquist, apoyada en Blaug usa el concepto de método cuando se refiere al raciocinio para aceptar o rechazar un hecho como verdadero en contraposición al de técnica, que es usado para referirse a los instrumentos que se utilizan para recolectar datos, de donde infiere que los estilos cuantitativos y cualitativos de estudios sociales representan más un enfoque, una estrategia conceptual y analítica que un método.

### Proceso de Comprensión y Análisis

Responder a los siguientes interrogantes

- ¿Cómo se ha planteado la investigación en el desarrollo del ejercicio de los

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

profesionales de la educación?

- ¿Qué espera el sistema educativo del ejercicio profesional de los educadores?

---

<sup>25</sup> Citada por Nelly P. Stromquist. En "La Relación entre Enfoques Cualitativos y Cuantitativos" Conferencia presentada en 1982

- ¿Es el maestro un Técnico, un Tecnólogo, un Científico?

- ¿Cuál debe ser el sentido de la educación del Siglo XXI?

- ¿Qué es para usted Educación en Tecnología?

Conceptuar los siguientes términos

- Ciencia

- Tecnología

- Aprender

- Diferencia entre Ciencia, Técnica y Tecnología?

- Relación investigación, Ciencia y Tecnología

Formular un Problema de Investigación.

El desarrollo de un espíritu investigativo y de una cultura e la interrogación exige en primera instancia el planteamiento de problemas. Estos problemas deben surgir del reconocimiento de que no poseemos certezas o explicaciones sólidas y convincentes sobre aquellos aspectos de la realidad que no nos resultan claros sobre los cuales no podemos argumentar clara y definitivamente. La educación tradicional ha estado concentrada en la cultura de las respuestas; una educación que busque cambiar de perspectiva o generar una cultura de la pregunta, debe comenzar a privilegiar la pedagogía del interrogante. Ello es el fundamento de una educación y una formación científica.

Para desarrollar esta tarea se recomienda realizar las siguientes lecturas que se encuentran en los Anexos y cuyos títulos son:

- Cambiando la Práctica Docente en la Enseñanza de las Ciencias a través de CTS. José Antonio Acevedo Díaz.

- El Papel de la Educación ante Las Transformaciones Científico-Tecnológicas. Daniel Gil Pérez.

- Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una Mirada desde la Educación en Tecnología. Germán Darío Rodríguez

- Ciencia, Tecnología y Sociedad: Argumentos y Elementos para Una Innovación Curricular. Judith Sutz

- Educación en CTS para el Nivel Medio en Iberoamérica.

- La Ciencia y la Tecnología como Procesos Sociales. Lo que la Educación Científica no debe Olvidar. Jorge Núñez Jover

El problema puede ser presentado en forma de interrogante. Escriba un documento que plantee su problema. En éste debe establecer claramente:

- Los factores que intervienen en él: conceptos, variables
- La relación que puede establecerse entre dichas variables y,
- La justificación de dicha relación o relaciones.

Elaborar un documento que contenga los siguientes elementos:

- Título: por lo general el título del proyecto establece la acción a ejecutar, dónde se realiza y cómo se realiza. No debe dar una falsa impresión sobre su propósito.
- El problema: el documento debe de alguna manera formular el problema, es decir, expresarlo de una manera clara y precisa. Debemos recalcar que estamos hablando de un problema de investigación, es decir, de un problema que se puede solucionar o explicar por procedimientos científicos.
- Objetivos: constituyen el para qué del proyecto. Podríamos citar las características más importantes de los objetivos:
  - Enfocados al logro de actividades.
  - Alcanzables.
  - Medibles
  - Estar delimitados en el tiempo.
  - Permitir comparar la medición presente con una futura, de manera clara y precisa.
  - Incorporar al beneficiario en la solución del mismo.
  - Justificación: Corresponde al por qué del proyecto.
  - La construcción teórica.
  - Propuesta Metodológica.
  - Bibliografía

## **ANEXO 1**

# **La Ciencia y la Tecnología como Procesos Sociales. Lo que la Educación Científica no Debería Olvidar**

Jorge Núñez Jover  
Director de Postgrado de la Universidad de La Habana

Jorge Núñez Jover es Profesor de CTS de la Universidad de la Habana y Coordinador del Programa Nacional en CTS.

### **INTRODUCCIÓN: ¿Para Qué CTS?**

El desarrollo científico y tecnológico es una de los factores más influyentes sobre la sociedad contemporánea. La globalización mundial, polarizadora de la riqueza y el poder, sería impensable sin el avance de las fuerzas productivas que la ciencia y la tecnología han hecho posibles.

Los poderes políticos y militares, la gestión empresarial, los medios de comunicación masiva, descansan sobre pilares científicos y tecnológicos. También la vida del ciudadano común está notablemente influida por los avances Tecnocientíficos.

La Tecnociencia es un asunto de mayor importancia para la vida pública y, sin embargo, por su carácter especializado y el lenguaje esotérico al que recurre, su manejo suele estar en manos de grupos relativamente reducidos de expertos. Los expertos, además, suelen serlo en campos muy específicos y pocas veces tienen una visión global de una disciplina científica y menos aún de la ciencia en su conjunto.

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

Los sistemas educativos, desde los niveles primarios hasta los postgrados, se dedican a enseñar la ciencia, sus contenidos, métodos, lenguajes. Desde luego, hay que saber de ciencia, pero -y es la tesis que defendemos- también debemos

esforzarnos por saber algo sobre la ciencia, en especial sobre sus características culturales, sus rasgos epistemológicos, los conceptos éticos que la envuelven y su metabolismo con la sociedad.

Investigar sobre la ciencia es un objetivo que comparten disciplinas muy diversas como la Historia de la Ciencia, la Sociología de la Ciencia, la Filosofía de la Ciencia, todas de larga tradición. En las últimas décadas se ha producido un incremento del interés por la tecnología y han proliferado también las reflexiones históricas, sociológicas y filosóficas sobre ella, las que toman en cuenta sus fuertes interacciones con la ciencia y con la sociedad.

Sobre todo a partir de los años 60 se han realizado diversos esfuerzos por integrar los estudios sociales de la ciencia y la tecnología en una perspectiva interdisciplinaria que ha recibido diversas denominaciones Science Studies, Ciencia de la Ciencia, Cienciología (que tuvo un auge significativo en la URSS y demás países socialistas europeos); Science and Technology Studies; Science, Technology and Society y otros. En idioma español se ha acuñado preferentemente la noción de Estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

Alrededor de la Segunda Guerra Mundial los estudios sobre Ciencia y Tecnología tuvieron un acelerado impulso en Estados Unidos, Reino Unido y otros países industrializados. El tránsito a la Big Science (ejemplificado en los mega proyectos dedicados a la bomba atómica y el radar) demostró que era necesario crear personas aptas para la gestión de esos proyectos. Las universidades norteamericanas, atentas al nuevo mercado, se incorporaron a la formación de gestores en Ciencia y Tecnología.

Junto a esto en los años 60 se habían acumulado numerosas evidencias de que el desarrollo científico y tecnológico podía traer consecuencias negativas a la sociedad a través de su uso militar, el impacto ecológico u otras vías por lo cual se fue afirmando una preocupación ética y política en relación con la Ciencia y la Tecnología que marcó el carácter de los estudios sobre ellas. Se formó una especie de consenso básico: "Si bien la Ciencia y la Tecnología nos proporcionan numerosos y positivos beneficios, también traen consigo impactos negativos, de los cuales algunos son imprevisibles, pero todos ellos reflejan los valores, perspectivas y visiones de quienes están en condiciones de tomar decisiones

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

concernientes al conocimiento científico y tecnológico" (Cutcliffe, 1990, Pág. 23).

Se hizo cada vez más claro que la Ciencia y la Tecnología son procesos sociales profundamente marcados por la civilización donde han crecido; el desarrollo científico y tecnológico requiere de una estimación cuidadosa de sus fuerzas motrices e impactos, un conocimiento profundo de sus interrelaciones con la sociedad.

Todo ello determinó un auge extraordinario de los estudios CTS y su institucionalización creciente a través de programas de estudio e investigación en numerosas universidades, sobre todo de los países desarrollados.

A los factores sociales aludidos se sumó la crisis teórica de aquellas perspectivas de raíz positivista que ignoraban o subestimaban el papel de los factores sociales en el desarrollo Científico-Técnico. El paradigma lógico positivista proyectaba una imagen formalista y abstracta de la ciencia que a mediados de los años 50 recibió una crítica severa en la obra de diferentes autores, en particular de T. S. Kuhn cuyo libro *La Estructura de las Revoluciones Científicas* aparecido en 1962 hizo evidente la crisis lógico positivista y la necesidad de desarrollar una imagen social de la ciencia. Las discusiones que le siguieron marcaron considerablemente el rumbo de la reflexión Filosófica, Sociológica e Histórica de la Ciencia en el pensamiento occidental.

En resumen, el impulso a los estudios CTS a partir de los años 60 debe entenderse como una respuesta a los desafíos sociales e intelectuales que se han hecho evidentes en la segunda mitad de este siglo.

La misión central de estos estudios ha sido definida así: "Exponer una interpretación de la Ciencia y la Tecnología como procesos sociales, es decir, como complejas empresas en las que los valores culturales, políticos y económicos ayudan a configurar el proceso que, a su vez, incide sobre dichos valores y sobre la sociedad que los mantiene" (Cutcliffe, 1990, Pág. 23-24).

Hoy en día los estudios CTS constituyen una importante área de trabajo en investigación académica, política pública y educación. En este campo se trata de entender los aspectos sociales del fenómeno científico y tecnológico, tanto en lo que respecta a sus condicionantes sociales como en lo que atañe a sus consecuencias sociales y ambientales. Su enfoque general es de carácter crítico (respecto a las visiones clásicas de Ciencia y Tecnología donde sus dimensiones sociales son ocultadas) e interdisciplinario, donde concurren disciplinas como la Filosofía, la Historia, la Sociología de la Ciencia y la Tecnología, entre otras. CTS define hoy un campo bien consolidado institucionalmente en universidades, administraciones públicas y centros educativos de numerosos países industrializados y también de algunos de América Latina (Brasil, Argentina,

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

México, Venezuela, Colombia y Uruguay).

En realidad el campo CTS es de una extraordinaria heterogeneidad teórica, metodológica e ideológica. Digamos que el elemento que los enlaza es la preocupación teórica por los nexos Ciencia-Tecnología-Sociedad. Pero esas preocupaciones se asumen desde muy diferentes posiciones Teórico-Metodológicas y con muy variados propósitos.

Un elemento en común es la crítica a la concepción estándar que viene del positivismo lógico y en general a lo que se ha dado en llamar una visión tradicional de la Ciencia, disociada de su enfoque social. Pero esa crítica no conduce a compartir iguales posturas cosmovisivas, epistemológicas, sociológicas, éticas, u otras.

El sentido que se le concede a estos estudios también es diverso: unos autores parecen atribuirles sólo interés académico, otros le ven un lado práctico y tratan de utilizarlos con fines variados: como recursos de crítica social, como vehículo de renovación de los sistemas educativos, como fundamentos de políticas en ciencia y tecnología.

Desde luego que los temas de interés también son muy variados. No es sorprendente que a unos les preocupe más el problema de la clonación y a otros la dependencia tecnológica: todo depende desde qué sitio se aprecie la fiesta de la sociedad tecnológica.

El trabajo que en Cuba desarrollamos en el campo CTS transcurre en condiciones específicas que determinan sus orientaciones teóricas y prácticas. Durante las últimas cuatro décadas el desarrollo de la cultura, la educación y la ciencia ha constituido una prioridad fundamental del Estado Cubano. Esto se ha expresado no sólo en avances significativos en estos campos sino también en una cierta mentalidad y estructura de valores entre los profesionales, en particular los vinculados al campo científico-técnico, donde el sentido de responsabilidad social se haya ampliamente extendido. Existe una percepción ético política del trabajo científico que incluye la clara concepción de que el mismo se realiza, sobre todo, para satisfacer las necesidades del desarrollo social y la satisfacción de las necesidades de los ciudadanos. Esa percepción es compartida por los actores involucrados en los procesos Científico-Tecnológicos y de innovación y tiene sus raíces en las transformaciones sociales que el país ha vivido y la ideología revolucionaria que lo ha conducido.

La educación en CTS persigue precisamente cultivar ese sentido de responsabilidad social de los sectores vinculados al desarrollo Científico-Tecnológico y la innovación.

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

En Cuba no sólo hay conciencia del enorme desafío científico y tecnológico que enfrenta el mundo subdesarrollado sino que se vienen promoviendo estrategias en los campos de la economía, la educación y la política científica y tecnológica que intentan ofrecer respuestas efectivas a ese desafío. Todo eso, desde luego, necesita de marcos conceptuales renovados dentro de los cuales los enfoques CTS pueden ser de utilidad.

Las ciencias Sociales Cubanas y en general la cultura del país se ha nutrido de toda la tradición de pensamiento que tiene en Marx su figura más prominente y fundadora. En el campo CTS es frecuente encontrar actitudes muy variadas hacia el marxismo, desde su aceptación hasta su rechazo o ignorancia. Muchos coinciden, sin embargo, en que dentro de sus estudios orientados a la elaboración de una teoría crítica del capitalismo Marx comprendió claramente la relación de la ciencia y la tecnología con los procesos de acumulación y la influencia decisiva que los rasgos de la formación económico social capitalista ejercen sobre el desarrollo Científico-Técnico.

Con ello, Marx y con él lo mejor de la tradición que le continúa están indisolublemente vinculados al enfoque social de la Ciencia y la Tecnología. Dentro de la matriz marxista los problemas de la Ciencia y la Tecnología se examinan en relación con la problemática social más amplia que les da sentido, en particular sus nexos con las variables económicas y políticas. Si en otros países y culturas académicas, la introducción de los estudios CTS se ha realizado en arduo debate con posturas que excluyen o subvaloran la determinación social de la Ciencia y la Tecnología, los estudios CTS en Cuba se nutren a la vez que enriquecen la tradición marxista incorporada a la cultura y al pensamiento social.

Como se sabe el proyecto político y de desarrollo social que Cuba adelanta se contrapone a las prácticas neoliberales extendidas en el planeta. No pocos autores situados en el campo CTS comprenden que el “capitalismo salvaje” es absolutamente insostenible como proyecto global y sostienen la necesidad de presentarle alternativas conceptuales y prácticas. Mientras tanto, el orden mundial vigente pretende su consolidación a través de lo que Jacques Chirac llamó en su momento el “pensamiento único”, en esencia una concepción de la economía y la sociedad que nos invita cordialmente a aceptar el orden y las tendencias actuales como los únicos posibles. Pieza clave de ese pensamiento es toda una concepción de la competitividad sustentada en la innovación y el dominio del nuevo paradigma tecnológico.

Para los países del sur el orden mundial actual y las tendencias que desencadena aseguran la reproducción ampliada de la pobreza y un futuro absolutamente

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

incerto. El sur necesita generar políticas de desarrollo diferentes a las que el “pensamiento único” glorifica y para ello requiere de visiones y estrategias alternativas en el campo de La Ciencia, La Tecnología y La Innovación. La comprensión social de la Ciencia y la Tecnología puede contribuir a ese esfuerzo.

Cuba también cuenta con una fuerte tradición de crítica y resistencia al orden mundial actual y al “pensamiento único”. El pensamiento político del compañero Fidel Castro ha sido especialmente penetrante en la crítica al “capitalismo realmente existente” y especialmente esclarecedor respecto a la marginalidad creciente que las tendencias actuales reservan al tercer mundo. Ese pensamiento se articula coherentemente con el énfasis en el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología y la orientación de estas a la atención de necesidades sociales relevantes.

Resumiendo pudiera decirse que los estudios CTS en Cuba pretenden participar y fecundar tradiciones de teoría y pensamiento social, así como estrategias educativas y Científico-Tecnológicas que el país ha fomentado durante las últimas décadas. En particular el problema de las interrelaciones entre Ciencia,

Tecnología, Innovación y Desarrollo Social, con múltiples consecuencias en los campos de la educación y la política científico-tecnológica, merece colocarse en el centro de atención.

En la Educación Superior Cubana los estudios CTS se han venido institucionalizando sobre todo a través de cursos de Licenciatura y Postgrado. La defensa de doctorados exige entre sus requisitos la realización de cursos y exámenes de Problemas Sociales de la Ciencia. A través de programas de maestría y doctorado se forman profesionales dedicados a los estudios CTS. En 1994 el grupo de estudios sociales de la Ciencia y la Tecnología publicó un texto que durante estos años ha apoyado en alguna medida el trabajo docente que se viene realizando.

El libro que ponemos a consideración del lector persigue enriquecer la base bibliográfica disponible. Es el resultado de varios años de trabajo, de numerosos cursos ofrecidos y del intercambio con alumnos, especialistas y amigos. Le anteceden varios libros y diversos artículos.

En él se trata de fundamentar la idea según la cual la educación científica no puede apoyarse en imágenes caducas de la Ciencia y la Tecnología y mediante la discusión de la bibliografía disponible se intenta presentar imágenes alternativas, más actualizadas. Para ello se insiste en las interrelaciones de la Ciencia y la Tecnología y del complejo que ellas constituyen (Tecnociencia) con la sociedad, desplazando las visiones más tradicionales, lineales y optimistas. También se

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

argumenta la complejidad epistemológica de la ciencia que obliga a repensar concepciones simplificadas sobre la racionalidad, el método científico, la objetividad y la verdad. Se Espera que la discusión sobre los aspectos institucionales, sociales y culturales propios del trabajo científico contribuyan a enriquecer las imágenes de la Tecnociencia que los canales educativos, formales e informales, suelen transmitir.

Los temas que se tratan en el libro son extremadamente complejos. A nivel internacional existe una tradición de casi ocho décadas de epistemología profesional, las que han dejado un caudal extraordinario de estudios filosóficos sobre la ciencia. La Filosofía de la Tecnología es más joven pero tiene ya unas tres o cuatro décadas de constituida. La Sociología de la Ciencia data de la década del 40 de este siglo y la Historia de la Ciencia, como quiera que se le aprecie, tiene una tradición más que centenaria. Se trata de un caudal inagotable de obras, autores, tendencias. A esto se suma que los estudios sobre la ciencia van desde un culto acrítico al conocimiento y los expertos que los portan, desde una desconexión total entre los aspectos cognoscitivos y valorativos, hasta un relativismo e irracionalismo que terminan por confundir la Ciencia y la Tecnología con los cultos oscurantistas y la magia. En esta obra se ha tratado de lograr un enfoque de la Tecnociencia que descansa en el reconocimiento de su naturaleza social, a la par que se defienden los ideales de rigor, objetividad y honestidad intelectual al margen de los cuales la ciencia pierde todo sentido como fenómeno cultural.

Esta postura no sólo parece reflejar mejor la práctica real de la Ciencia y la Tecnología sino que también parece más conveniente para sociedades que aún se esfuerzan por incorporar la Ciencia y la Tecnología a los fundamentos de sus culturas. Aunque se intentó tratar los temas abordados con el mayor rigor posible, el objetivo didáctico que conduce este trabajo ha determinado la utilización de un lenguaje lo más claro posible, se espera no haber impuesto demasiados límites al obligado rigor.

### **EDUCACIÓN EN “CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD” PARA EL NIVEL MEDIO EN IBEROAMÉRICA (EDUCACIÓN CTS)**

En el ámbito educativo los enfoques CTS suponen la confluencia de propuestas e iniciativas diversas. Por una parte, el éxito de las políticas que promueven la participación pública en las decisiones sobre ciencia y tecnología presupone la existencia de una ciudadanía con actitudes y capacidades para esa participación democrática. La formación de esa nueva ciudadanía con una visión más ajustada del papel social de la ciencia y la tecnología implica, por tanto, la renovación de los sistemas educativos con el fin de que los jóvenes desarrollen la motivación y capacidades que les permitan participar responsable y críticamente en las decisiones que orientan el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

De otro lado, desde la propia práctica de la educación científica y tecnológica se reclaman nuevos modelos de enseñanza en los que la selección de los contenidos tenga más en cuenta la relevancia social de los temas y en los que las estrategias metodológicas estén orientadas hacia el estímulo de vocaciones en ciencia y tecnología y el desarrollo de las capacidades para la participación pública. Por último, los enfoques CTS en educación son solidarios con los proyectos de

educación en valores, ya que ambas propuestas suponen una revisión de los contenidos y los métodos de enseñanza, en los ámbitos Tecno-Científico y Humanístico, desde una puesta común por reivindicar la importancia de los aspectos axiológicos al lado de los conceptuales en la organización de los currículos educativos.

Sin embargo, el desarrollo de los enfoques CTS en los sistemas educativos iberoamericanos encuentra también importantes dificultades. Cabe identificar tres ámbitos de acción para enfrentar esas adversidades y promover la incorporación de los enfoques CTS en educación. En primer lugar, la conveniencia de propiciar cambios normativos para la creación o activación de espacios curriculares en los que desarrollar este tipo de educación y la conveniencia de revisar en clave CTS la currículo de las disciplinas científicas y tecnológicas. En segundo lugar, el insuficiencia de investigación básica y de estudios de casos propios del ámbito iberoamericano que hagan posible una educación CTS con contenidos endógenos y contextualizados. En tercer lugar, la necesidad de una adecuada formación de los docentes que, además de sensibilizarlos hacia este nuevo enfoque, les capacite didácticamente y ponga a su disposición materiales curriculares con los que llevar a las aulas los cambios en las estrategias de enseñanza y aprendizaje de los contenidos científicos y tecnológicos.

En este sentido, la constitución a finales de 1999 del Comité de Educación de la Red CTS ha permitido iniciar proyectos que en este bienio pueden consolidarse y ampliarse. Entre ellos, cabe destacar la preparación, en él se conjuga la introducción de nuevas estrategias para la formación docente con el fomento de la preparación de materiales didácticos endógenos que forman parte de sus contenidos. La implementación de estas iniciativas procedentes del bienio anterior y las acciones de sensibilización de las administraciones educativas para la promoción normativa de los planteamientos CTS serían algunos de los aspectos centrales de este proyecto.

### **CAMBIANDO LA PRÁCTICA DOCENTE EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS A TRAVÉS DE CTS**

La orientación educativa CTS facilita las innovaciones en los currículos de ciencia y

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

tecnología en todos los niveles de enseñanza, de acuerdo con las nuevas finalidades para la educación científica y tecnológica que son precisas en el siglo XXI. Ahora bien, su implantación real y efectiva pasa necesariamente por modificar la práctica docente desde dos puntos de vista complementarios: el papel del profesor y las estrategias de enseñanza-aprendizaje.

### ¿Qué es CTS en el Ámbito Educativo?

Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) son al mismo tiempo un campo de estudio e investigación y, sobre todo, una propuesta educativa innovadora de carácter general (Acevedo, 1997; Vázquez, 1999). Desde la primera perspectiva trata de comprender mejor la ciencia y la tecnología en su contexto social; aborda, pues, las relaciones mutuas entre los desarrollos científicos y tecnológicos y los procesos sociales. Como propuesta educativa general constituye un nuevo planteamiento radical del currículum en todos los niveles de enseñanza, con la principal finalidad de dar una formación en conocimientos y, especialmente, en valores que favorezca la participación ciudadana responsable y democrática en la evaluación y el control de las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología (Waks, 1996).

Así pues, en el ámbito educativo, la educación CTS es una innovación destinada a promover una extensa alfabetización científica y tecnológica ( science and technology literacy), de manera que se capacite a todas las personas ( science and technology for all) para poder tomar decisiones responsables en cuestiones controvertidas relacionadas con la calidad de las condiciones de vida -entendida ésta en un sentido amplio- en una sociedad cada vez más impregnada de ciencia y tecnología (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001).

¿Qué debe entenderse aquí por Alfabetización Científica Y Tecnológica? Bajo esta expresión pueden perseguirse diversos objetivos, que van desde aquellos más centrados en los conocimientos hasta los que hacen mayor hincapié en los aspectos actitudinales y axiológicos (valores y normas). Así pues, una enseñanza con orientación CTS puede destinarse a:

- Incrementar la comprensión de los conocimientos científicos y tecnológicos, así como sus relaciones y diferencias, con el propósito de atraer más alumnado hacia las actividades profesionales relacionadas con la Ciencia y la Tecnología.
- Potenciar los valores propios de la Ciencia y la Tecnología para poder entender mejor lo que éstas pueden aportar a la sociedad, prestando también especial atención a los aspectos éticos necesarios para su uso más responsable.
- Desarrollar las capacidades de los estudiantes para hacer posible una mayor comprensión de los impactos sociales de la ciencia y, sobre todo, de la

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

tecnología, permitiendo así su participación efectiva como ciudadanos en la sociedad civil. Este punto de vista es, sin duda, el que tiene mayor interés en una educación obligatoria y democrática para todas las personas.

### **¿Por Qué CTS en la Educación?**

Como consecuencia del enorme trecho que hay entre los documentos de planificación de la enseñanza y la gestión de la misma en el aula, las metas que se

formulan en los proyectos curriculares no predicen necesariamente posteriores actuaciones en clase. Muchos profesores, que son conscientes de los objetivos deseables, no saben luego cómo llevarlos a la práctica y continúan enseñando de la misma manera que siempre.

Por ejemplo, el profesorado de ciencias ha expresado muchas veces su preocupación por desarrollar en el alumnado actitudes más positivas hacia la ciencia (Solbes, 1990) y porque sean capaces de identificar y resolver problemas más reales, aplicando en su entorno cotidiano los conocimientos científicos que se abordan en el aula. Sin embargo, por diversos motivos -algunos relacionados con una formación inadecuada- no son muchos los profesores que realmente reflejan estas buenas intenciones en el desarrollo de su enseñanza habitual (Solbes y Vilches, 1995; también Vilches, 1993). La orientación CTS de la enseñanza de las ciencias intenta aportar soluciones a estos problemas.

En efecto, la perspectiva CTS permite ir más allá del mero conocimiento académico de la Ciencia y la Tecnología, preocupándose por los problemas sociales relacionados con lo Científico y lo Tecnológico, favoreciendo la construcción de actitudes, valores y normas de conducta en relación con estas cuestiones y atendiendo a la formación del alumnado para tomar decisiones con fundamento y actuar responsablemente -individual y colectivamente- en la sociedad civil (para más información sobre estos aspectos pueden consultarse, entre otros, Acevedo, 1995, 1996, 1997; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez, 1997; Waks, 1990a, 1992, 1996). Al mismo tiempo, la orientación CTS en la enseñanza de las ciencias puede contribuir mejor a la adquisición de las capacidades generales formuladas para la Educación Secundaria Obligatoria, así como facilitar también la consecución de los objetivos generales propios del área de Ciencias de la Naturaleza en esa etapa de la educación obligatoria.

### **EL PAPEL DEL PROFESOR EN LA EDUCACIÓN CTS**

Gran parte de los éxitos, y también de los fracasos, de los estudiantes suelen estar relacionados con el clima que se genera en el aula. Los profesores que deseen dar una orientación CTS a su enseñanza no sólo tienen que comunicar a sus alumnos

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

los objetivos que se pretenden alcanzar, sino que han de esforzarse personalmente por lograrlos y predicar con el ejemplo. El profesorado deberá promover también la comunicación en el aula, una mayor actividad -que no "activismo"- por parte de los alumnos y hasta una cierta autonomía para ellos.

Penick (1993) lo ha subrayado con rotundidad cuando señala que, si se quiere potenciar la libertad intelectual, estimular el pensamiento crítico, la creatividad y la comunicación entre los alumnos, tomando como referente lo que se considera

necesario y deseable en las finalidades educativas del Proyecto de Centro, es necesario un tipo de profesor que tenga claro cuál debe ser el clima del aula más adecuado para la educación CTS, una sólida formación para definirlo y defenderlo, y la capacidad para crearlo, lo que supone más cooperación entre el profesorado y el alumnado para reforzar su autoestima.

Partiendo de diversos estudios de investigación sobre el profesorado que trabaja en el marco de una enseñanza CTS, Penick (1993) ha identificado y generalizado un conjunto de funciones básicas para caracterizar su papel en este tipo de enseñanza, las cuales se han reelaborado y resumido en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Algunas funciones características del profesorado que pone en práctica la educación CTS**

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

- 1. Dedican tiempo suficiente a planificar los procesos de enseñanza-aprendizaje y la programación de aula, así como a la evaluación de la enseñanza practicada para mejorarl.**
- 2. Son flexibles con el currículum y la propia programación.**
- 3. Proporcionan un "clima" afectivamente acogedor e intelectualmente estimulante, destinado a promover la interacción y la comunicación comprensiva en el aula.**
- 4. Tienen altas expectativas sobre sí mismos y sus alumnos, siendo capaces de animar, apoyar y potenciar las iniciativas de éstos.**
- 5. Indagan activamente, mostrándose deseosos de aprender nuevas ideas, habilidades y acciones, incluyendo tanto las que provienen de la psicopedagogía como de la actualidad científica y tecnológica y del ámbito social. También son capaces de aprender con sus compañeros y con sus alumnos.**
- 6. Provocan que surjan preguntas y temas de interés en el aula. Siempre piden fundamentos o pruebas que sostengan las ideas que se proponen.**
- 7. Potencian la aplicación de los conocimientos al mundo real. Dan tiempo para discutir y evaluar estas aplicaciones.**
- 8. Hacen que los alumnos vean la utilidad de la ciencia y la tecnología y les dan confianza en su propia capacidad para utilizarlas con éxito. No ocultan, sin embargo, las limitaciones de éstas para resolver los complejos problemas sociales.**
- 9. No contemplan las paredes del aula como una frontera, ya que creen que el aprendizaje debe trascenderla. Llevan a clase personas y recursos diversos. Educán para la vida y para vivir.**

Puede advertirse que la mayoría de estas funciones no son exclusivas de este enfoque, pero el movimiento educativo CTS las ha recogido conjuntamente como imprescindibles para lograr una enseñanza de calidad destinada a proporcionar el éxito de los estudiantes en sus aprendizajes.

### Estrategias de Enseñanza-Aprendizaje en la Educación CTS

Para romper con la monotonía del aula, contribuyendo así a motivar más a los estudiantes en sus aprendizajes, en la educación CTS suele utilizarse una gran diversidad de estrategias y técnicas de enseñanza. Aunque, como hace notar Membela (1995), ninguna es exclusiva de la enseñanza con orientación CTS, la variedad metodológica de las clases CTS es mayor que en otros casos (Hofstein, Aikenhead y Riquarts, 1988).

Estas técnicas y estrategias van más allá de lo que se suele hacer habitualmente en la enseñanza de las ciencias: conferencias del profesor (lecciones magistrales), demostraciones experimentales (experiencias de cátedra), sesiones de preguntas (más a los alumnos que de los alumnos, y raras veces entre los

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

alumnos), resolución de problemas de papel y lápiz (frecuentemente ejercicios poco problemáticos para el profesor) y trabajos prácticos en el laboratorio (generalmente concebidos como comprobaciones experimentales siguiendo una receta). No vamos a debatir aquí sobre la eficacia de estas técnicas metodológicas en la enseñanza de las ciencias (para una crítica a las mismas, elaborada con coherencia desde una particular visión constructivista del aprendizaje, puede consultarse Gil, Carrascosa, Furió y Martínez-Torregrosa, 1991).

En la educación CTS se utilizan actividades que suponen una gran implicación personal para el alumnado y que sirven para desarrollar programas de enseñanza y elaborar proyectos curriculares en los que se presta más atención a centros de interés de los estudiantes que a otros puntos de vista más academicistas. A partir de problemas de interés social de la ciencia y la tecnología, que incluyen tanto sus posibles efectos beneficiosos como los riesgos potenciales, la enseñanza CTS supone utilizar, entre otras, las estrategias de enseñanza-aprendizaje que se muestran en el cuadro 2 y han sido señaladas, entre otros, por Acevedo (1996), Membiela (1995) y San Valero (1995).

Cuadro 2. Estrategias de enseñanza-aprendizaje que se usan en la enseñanza CTS

|  |
|--|
| 1. Resolución de problemas abiertos incluyendo la toma razonada y democrática de decisiones.   |
| 2. Elaboración de proyectos en pequeños grupos cooperativos.   |
| 3. Realización de trabajos prácticos de campo.   |
| 4. Juegos de simulación y de "roles" ( <i>role-playing</i> ).  |
| 5. Participación en foros y debates.   |
| 6. Presencia de especialistas en el aula, que pueden ser padres y madres de la comunidad educativa.  |
| 7. Visitas a fábricas y empresas, exposiciones y museos científico-técnicos, complejos de interés científico y tecnológico, parques tecnológicos, etc. |
| 8. Breves períodos de formación en empresas y centros de trabajo.  |
| 9. Implicación y actuación civil activa en la comunidad.   |

Muestras concretas del uso de estas técnicas pueden encontrarse en los proyectos y materiales curriculares para la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva CTS. Así, en el Proyecto APQUA (Medir, 1995) las actividades de trabajo plantean, además de experimentos de bajo coste, preguntas abiertas para el debate y situaciones simuladas como, por ejemplo, una asamblea pública para la evaluación social de tecnologías (métodos de limpieza), en relación con un problema significativo (la contaminación de las aguas subterráneas) y atendiendo a diversos factores de decisión (seguridad, rapidez, coste, transporte e impacto en el medio). Otro ejemplo puede ser el Proyecto Biología Humana para la Enseñanza

Secundaria (13-14), de la Universidad de Stanford (California, EE.UU.), que se centra en la resolución de problemas de las ciencias biológicas y sociales importantes para el alumnado de esas edades, tanto desde una óptica personal

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

como social (Acevedo, 1991); el análisis de situaciones problemáticas, la realización de experimentos, las discusiones razonadas y la toma de decisiones son elementos destacados en el desarrollo de su programa de actividades.

Además de las estrategias señaladas, el Proyecto Ciencia a través de Europa (Science Across Europe) introduce una interesante novedad metodológica: la comunicación y el intercambio de información sobre temas CTS entre colegios europeos, poniendo así de manifiesto las diferentes tradiciones nacionales frente a una cultura europea común (Parejo 1995). Por ejemplo, en la unidad temática Lluvia ácida sobre Europa se estudia el problema en diversos países europeos comparando diferentes puntos de vista. Así mismo, la unidad Energía renovable en Europa considera las fuentes y el uso de energías renovables a pequeña y gran escala. Esta peculiaridad del proyecto permite pasar de los problemas locales del entorno próximo a los globales y comunes para todos los europeos, combinando a la vez la diversidad y unidad de los impactos sociales de la ciencia y la tecnología.

Aunque estimulantes, a veces estas técnicas pueden resultar muy exigentes para el profesorado, que tendrá que cambiar su papel de actuación en el aula dedicándose más a la organización de la misma, distribuir el tiempo disponible y los recursos y, sobre todo, ocuparse del clima del aula, de acuerdo con lo que se ha indicado.

En otro artículo (Acevedo, 1997) nos ocupábamos del significado de la educación CTS en la enseñanza secundaria y de las diversas opciones posibles para introducirla en los currículos de ciencias. En esta ocasión nos hemos centrado en destacar cómo una enseñanza con orientación CTS puede ayudar a modificar la praxis docente desde dos puntos de vista complementarios: el papel del profesor y las estrategias de enseñanza-aprendizaje.

Si allí se reclamaba la incorporación de la formación de actitudes de responsabilidad personal y social en la educación científica y tecnológica, aquí se subraya también la importancia de la gestión ambiental del clima del aula, tanto en lo afectivo como en lo metodológico, y la extensión de los aprendizajes más allá de ella con el fin de lograr así una enseñanza de mayor calidad y mejores actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia y la tecnología.

## **Bibliografía Sugerida**

ACEVEDO, J. A. (1991). Estudios de Casos de Innovación: Biología Humana para Enseñanza Secundaria (Pág. 13-14). *Investigación en la Escuela*, 13, Pág. 134-135.

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

- ACEVEDO, J. A. (1995). Educación Tecnológica desde una Perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *Alambique*, 3, Pág. 75-84.
- ACEVEDO, J. A. (1996). La Tecnología en las Relaciones CTS. Una Aproximación al Tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), Pág. 35-44.
- ACEVEDO, J. A. (1997). Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un Enfoque Innovador para la Enseñanza de las Ciencias. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 10, Pág. 269-275.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori/ICE de la Universidad de Barcelona.
- HOFSTEIN, A., AIKENHEAD, G. y RIQUARTS, K. (1988). Discussion over STS at the Fourth IOSTE Symposium. *International Journal of Science Education*, 10(4), Pág. 357-366.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2001). *Avaluació dels Temes de Ciència, Tecnologia i Societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MEDIR, M. (1995). El Proyecto APQUA. La Enseñanza de las Ciencias a partir de Temas Sociales de Actualidad. *Alambique*, 3, Pág. 53-60.
- MEMBIELA, P. (1995). Ciencia-Tecnología-Sociedad en la Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias Experimentales. *Alambique*, 3, Pág. 7-11.
- PAREJO, C. (1995). El Proyecto Ciencia a través de Europa. *Alambique*, 3, Pág. 45-52.
- PENICK, J. E. (1993). Instrucción en el aula desde un Enfoque CTS: Nuevas Metas requieren Nuevos Métodos. En C. Palacios, D. Ansoleaga y A. Ajo, Comps. (1993): *Diez Años de Investigación e Innovación en Enseñanza de las Ciencias*, Pág. 439-458. Madrid: CIDE/MEC, Madrid.
- SAN VALERO, C. (1995). El Proyecto Genoma Humano, Sus Implicaciones Sociales y la Biología de Bachillerato. *Alambique*, 3, Pág. 109-115.
- SOLBES, J. (1990). Las actitudes. *Cuadernos de Pedagogía*, 180, Pág. 34-36.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1995). El profesorado y Las Actividades CTS. Alambique, 3, 30-38.

VÁZQUEZ, A. (1999). Innovando la Enseñanza de las Ciencias: El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad. Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciatxs de Balears, 8, Pág. 25-35.

VILCHES, A. (1993). Las Interacciones CTS y la Enseñanza de las Ciencias Físico-Químicas. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Valencia.

WAKS, L.J. (1990a). Educación en Ciencia, Tecnología o Sociedad: Orígenes, Desarrollos Internacionales y Desafíos Actuales. En M. Medina y J. Sanmartín, Eds. (1990): Ciencia, Tecnología y Sociedad, pp. 42-75. Barcelona: Anthropos.

WAKS, L. J. (1990). El Ciclo de Responsabilidad. En M. Peña (Ed.): Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad: Teoría y Práctica, Pág. 17-38. Puerto Rico: National STS Network, Universidad de Puerto Rico.

WAKS, L. J. (1992). The responsibility Spiral: A Curriculum Framework for STS Education. Theory into Practice, 31(1), Pág. 13-19.

WAKS, L. J. (1996a). Filosofía de la Educación en CTS. Ciclo de Responsabilidad y Trabajo Comunitario. En A. Alonso, I. Ayestarán y N. Ursúa (Eds.): Para Comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad, Pág. 19-33. Estella: EVD.

WAKS, L. J. (1996). Las Relaciones Escuela-Comunidad y su Influencia en la Educación en Valores en CTS. En A. Alonso, I. Ayestarán y N. Ursúa (Eds.): Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad, Pág. 35-47. Estella: EVD.

## **ANEXO 2**

# **El Papel de la Educación ante las Transformaciones Científico-Tecnológicas**

La discusión acerca del papel de la educación ante las transformaciones Científico-Tecnológicas aparece como una cuestión esencial para analizar los cambios

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

educativos que se consideran necesarios hoy en la región y en el resto de nuestro cada vez más globalizado planeta. Se trata de una discusión esencial, decimos, porque las transformaciones educativas son una exigencia, en buena medida, del actual desarrollo científico-tecnológico. Se trata, además, de una discusión urgente, pues el sistema educativo se caracteriza por una fuerte inercia que dificulta su adaptación a una realidad cambiante, y esa inercia puede resultar particularmente grave en un momento en el que las transformaciones Científico-Tecnológicas han adquirido una aceleración que está modificando profunda y permanentemente nuestras vidas (Ramonet, 1997).

En las páginas que siguen nos referiremos, en primer lugar, a los aportes de la educación al desarrollo de los pueblos. Es en este aspecto en el que existe un consenso más generalizado acerca de la necesidad de transformaciones educativas ligadas al desarrollo científico-tecnológico. Pero dicho consenso encubre también divergencias profundas en torno al papel de la educación, y en torno a la idea misma de desarrollo, que es preciso explicitar y debatir.

También parece clara la relación entre educación y fortalecimiento de los sistemas democráticos, pero lo que ya no resulta tan obvio es el papel, en dicha relación, de las Transformaciones Científico-Tecnológicas. Sin embargo, aunque dicho papel sea tenido en cuenta con mucha menor frecuencia, en nuestra opinión constituye un aspecto esencial a la hora de orientar las necesarias transformaciones educativas, por lo que dedicaremos un segundo apartado al estudio de dicha relación.

Aún resulta menos clara, quizás, cuál puede ser la aportación de nuestro estudio al objetivo de los procesos de integración. Sin embargo, también aquí intentaremos mostrar que se trata de un aspecto fundamental de la relación entre educación y transformaciones Científico-Tecnológicas. Éstos serán, pues, los tres apartados en los que se estructurará nuestro trabajo.

Para terminar estas consideraciones generales, señalaremos que hacemos nuestra la necesidad de contemplar, junto a los avances, las dificultades y desafíos. Pensamos, en efecto, que sin un cuestionamiento a fondo de la situación, sin una atención particular a las dificultades y peligros, la reflexión puede quedar prisionera de supuestos implícitos asumidos acríticamente, es decir, podemos continuar proponiendo “para combatir los problemas del presente, mayores dosis de los mismos, medios que los habían generado” (Naredo, 1997).

### **TRANSFORMACIONES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS, DESARROLLO DE LOS PUEBLOS Y EDUCACIÓN**

La importancia de las inversiones en educación y, muy particularmente, en educación científica y tecnológica, viene siendo considerada, desde hace décadas, como un capítulo prioritario para hacer posible el desarrollo de un país. Se trata, podríamos decir, de un planteamiento "tradicional", aunque ello merezca algunas matizaciones: en efecto, no podemos olvidar que esa tradición es relativamente reciente y que, todavía en el siglo pasado, la idea de extender la educación primaria a la totalidad de la población se enfrentaba con una seria oposición. Vale la pena recordar la argumentación del presidente de la Royal Society Inglesa para oponerse con éxito, en 1807, a la creación de escuelas elementales en todo el país: "En teoría, el proyecto de dar una educación a las clases trabajadoras es ya bastante equívoco y, en la práctica, sería perjudicial para su moral y su felicidad.

Enseñaría a las gentes del pueblo a despreciar su posición en la vida en vez de hacer de ellos buenos servidores en agricultura y en los otros empleos a los que les ha destinado su posición. En vez de enseñarles subordinación les haría fáciosos y rebeldes, como se ha visto en algunos condados industrializados. Podrían entonces leer panfletos sediciosos, libros peligrosos y publicaciones contra la Cristiandad. Les haría insolentes ante sus superiores; en pocos años, el resultado sería que el gobierno tendría que utilizar la fuerza contra ellos" (Cipolla, 1970).

El sistema escolar generalizado aparece así como una conquista tardía de las sociedades modernas: no es verdad, conviene recordarlo, que la "escuela obligatoria" hubiera arrancado a los niños y niñas del mundo feliz del juego y del placer, sino, mucho más a menudo, de la fatiga de las 12 horas bajo la mina, haciendo girar una noria o practicando la mendicidad. Se trata, además, de una conquista muy limitada, que para buena parte de la humanidad sigue siendo una asignatura pendiente. Resulta por ello penoso escuchar ciertas argumentaciones contra el carácter "obligatorio" de la escuela, como si fuera un "atentado a la libertad".

Desde hace décadas, sin embargo, la educación se ve como una inversión estratégica para garantizar el desarrollo de un país. Se trata de una opinión generalmente compartida -al menos verbalmente- por la clase política, los expertos y los ciudadanos, con independencia de planteamientos ideológicos. Y aunque en muchos países sigue habiendo millones de seres humanos sin una mínima alfabetización, atribuir importancia a la educación para el desarrollo de los pueblos constituye un auténtico lugar común, en el que no merecería la pena insistir, a menos que las actuales transformaciones Científico-Tecnológicas obligaran a algún tipo de replanteamiento. En ese sentido, quizás podemos referirnos a un hecho

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

realmente diferenciador de la presente situación: el capital humano se considera ahora como un factor esencial del desarrollo también a corto plazo . Más aún, la inversión en educación se estima como una prioridad para todos.

La educación para todos y, más precisamente, la alfabetización científica para todos, se ha convertido, en opinión general, en una exigencia urgente. Así lo ha entendido, la Administración USA, que ha convertido el esfuerzo en educación en su primera prioridad, y así se afirma, desde la primera página, en los National Science Education Standards, auspiciados por el National Research Council (1996): “ In a World filled with the products of scientific inquiry, scientific literacy has become a necessity for everyone”. No es extraño, por ello, que se haya llegado a establecer analogía entre la alfabetización básica iniciada el siglo pasado y el actual movimiento de alfabetización científica y tecnológica (Fourez, 1997).

Parece, pues, que sí hay razones para un serio esfuerzo de revisión del papel de la educación en el desarrollo actual. Una primera idea gira en torno a la necesidad de abrir los currículos a las transformaciones Científico-Tecnológicas. Se preconiza dicha apertura como algo que puede revolucionar profunda y positivamente la educación, contribuyendo a incrementar su utilidad, el interés de los estudiantes, etc. Este impulso recuerda bastante al que llevó a científicos y educadores, en el primer tercio de siglo, a reclamar la introducción de la educación científica en la cultura general. Así, en 1926, el gran científico francés Paul Langevin escribía: “ En reconocimiento del papel jugado por la ciencia en la liberación de los espíritus y en la afirmación de los Derechos del Hombre, el movimiento revolucionario hace un esfuerzo considerable para introducir la enseñanza de las ciencias en la cultura general...”

Las palabras de Langevin y de tantos otros nos indican, por una parte, que las ciencias estaban prácticamente ausentes de los planes de estudio hasta hace relativamente poco y, por otra, el alto valor educativo atribuido a su estudio, derivado del impacto de las ciencias sobre el pensamiento y la vida de las personas. No en balde, se señalaba, la historia de las ciencias ha sido solidaria con el movimiento revolucionario en su lucha contra el dogmatismo y por avanzar en el progreso.

Aunque ahora -y ello constituye sin duda un hecho diferenciador- se pone el acento en una educación científico-tecnológica, superando el olvido tradicional de la tecnología (Martinand, 1985; Gilbert, 1992; Claxton, 1994; Bybee y de Boer, 1994; Yus, 1997) y se resalta, sobre todo, la contribución práctica de dicha educación al desarrollo de los pueblos (Fourez, 1997), nos encontramos con un impulso similar al que precedió a la introducción de las ciencias en la formación de los futuros ciudadanos. Insistimos en tal semejanza para llamar la atención sobre

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

el peligro de que ese impulso conduzca a resultados tan decepcionantes como los que se obtuvieron con la enseñanza de las ciencias, en contra de todas las experiencias.

En efecto, numerosas investigaciones han mostrado que el interés de los estudiantes por las ciencias decrece regular y notablemente con los años de escolarización (Yager y Penick, 1986). La gravedad del problema es tal, que el estudio de las actitudes de los estudiantes se ha convertido en una línea prioritaria de investigación (Simpson et al., 1994). Hemos de hacer frente, pues, al peligro de que las propuestas actuales de una educación científico-tecnológica para todos se traduzca en un rechazo similar. Ello exige, pensamos, un análisis de las características de la enseñanza de las ciencias y, muy en particular, de las visiones empobrecidas y deformadas que proporciona de la actividad científica (Gil et al., 1991; Bell y Pearson, 1992; Désautels et al., 1993; Porlán, 1993; Thomaz et al., 1996). Sabemos, por ejemplo, que la ciencia moderna supone la ruptura con un pensamiento basado en las "evidencias" del sentido común y en seguridades dogmáticas, lo que se ha traducido, como es bien sabido, en persecuciones, censuras y condenas de tantos científicos relevantes; sin embargo, hoy esa ciencia es vista por muchos como un cuerpo cerrado y dogmático de conocimientos. Sabemos también, por citar otro ejemplo, que el desarrollo científico tiene como una de sus características fundamentales el proceso de unificación de dominios aparentemente inconexos; pero la forma en que se presentan los conocimientos lleva a atribuir al pensamiento científico un carácter exclusivamente analítico, parcelario.

Estas y otras deformaciones igualmente graves (Gil, 1996) aparecen hoy como factores determinantes, tanto del fracaso escolar como del rechazo hacia la ciencia: "En nuestra sociedad, las ciencias y las técnicas tienen una imagen terriblemente ambigua -afirma Giordan (1997)-. Fenómenos de rechazo se extienden. El desarrollo de movimientos anticiencia, la subida de lo irracional y del integrismo están ahí para dar cuenta de ello". Y se trata de movimientos que se originan, a menudo, en el seno mismo de una cultura científico-tecnológica lastrada por planteamientos reduccionistas, puramente utilitarios: como se ha denunciado reiteradamente, el pujante movimiento integrista del norte de África tiene uno de sus focos principales entre los ingenieros. Así, de los 61 miembros del Consejo del Sindicato Egipcio de Ingenieros, 45 eran islamistas en 1996 (Nair, 1997).

No basta, pues, con incrementar el esfuerzo en educación, sino que dicho incremento ha de ir acompañado de profundos cambios: "Achieving Scientific Literacy will take Time because The Standards Call for Dramatic Changes Throughout School Systems" (National Research Council, 1996). Esta necesaria transformación explica que la educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología,

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

aparezca hoy, según la Agencia Norteamericana para la Ciencia, como una de las ocho áreas estratégicas para la Investigación Científica. Así, en el campo de la didáctica de las ciencias, un notable esfuerzo de investigación e innovación apunta hacia un aprendizaje como investigación dirigida, en torno a problemas relevantes (Gil et al, 1991; Hodson, 1992; Porlán, 1993). Como se indica en los National Science Education Standards, se trata de introducir "a new way of teaching and learning about science that reflects how science itself is done". Una nueva forma de enseñar que rompa, en particular, con la visión de una ciencia descontextualizada, ajena a los condicionamientos e intereses sociales. Ello nos remite al siguiente apartado, destinado al estudio de las relaciones entre transformaciones Científico-Tecnológicas, educación y fortalecimiento de la democracia. Antes, sin embargo, nos referiremos a un segundo aspecto de la influencia de las transformaciones Científico-Tecnológicas en la contribución de la educación al desarrollo de los pueblos: la idea de que las nuevas tecnologías permitirán una transformación revolucionaria del proceso de enseñanza/aprendizaje.

La utilización de las nuevas tecnologías en la enseñanza, como ya hemos señalado, está plenamente justificada si tenemos en cuenta que uno de los objetivos básicos de la educación ha de ser "la preparación de los adolescentes para ser ciudadanos de una sociedad plural, democrática y tecnológicamente avanzada" o, cabría matizar, que aspire a serlo. Así, las nuevas orientaciones curriculares aprobadas en España contemplan acertadamente la incorporación de "Las Nuevas Tecnologías" de la información como contenido curricular y también como medio didáctico (MEC, 1989).

Son bien conocidas a este respecto las posibilidades que los ordenadores ofrecen para recabar informaciones y contrastarlas, para proporcionar rápida realimentación, para simular y visualizar situaciones (Lowe, 1996) y, muy particularmente, para conectar con el interés que los nuevos medios despiertan en

los alumnos (Barberá y Sanjosé, 1990). Nada hay que objetar -muy al contrario- a la utilización del ordenador como medio didáctico. Más interés tiene, si pretendemos proporcionar una visión actualizada de la actividad científica, la incorporación de los cambios metodológicos originados por la utilización de los ordenadores (Gil y Valdés, 1995), en especial como instrumentos de obtención y tratamiento de datos experimentales (Millot, 1996). Por otra parte, la posibilidad de simular con ordenador conductas inteligentes, ha conducido a los modelos de

“procesamiento de información”, basados en la metáfora de la mente humana como ordenador. Esta orientación teórica ha hecho aportaciones de indudable interés, sobre todo en lo que se refiere a la comprensión de cómo se organizan los conocimientos adquiridos en la “memoria a largo plazo” y cómo se recuerdan dichos conocimientos para utilizarlos en un momento dado (concretamente en la resolución de problemas). Para algunos (Kempa, 1991), los modelos de procesamiento de la información, junto con los modelos constructivistas, constituyen hoy las dos perspectivas fundamentales de la investigación y de la innovación en la enseñanza de las ciencias. Y aunque en nuestra opinión la perspectiva constructivista ha resultado hasta aquí mucho más fructífera para la renovación de la enseñanza (Gruender y Tobin, 1991) que la basada en el procesamiento de información, no pueden ignorarse, repetimos, los aportes teóricos y prácticos del uso de los ordenadores y sus limitaciones.

Creemos necesario llamar la atención contra visiones simplistas que ven en el uso de las nuevas tecnologías el fundamento de renovaciones radicales del proceso de Enseñanza-Aprendizaje. Con frecuencia la prensa se hace eco de la “revolución informática en la enseñanza” o de la “muerte del profesor” (a manos del ordenador), y se contempla la introducción de la informática como una posible solución a los problemas de la enseñanza, como una auténtica tendencia innovadora. A ello contribuye -como ha denunciado McDermott (1990)- una publicidad agresiva, cuya atractiva presentación dificulta, a menudo, una apreciación objetiva de las ofertas. Es preciso, insistimos, llamar la atención contra estas expectativas, que terminan creando frustración. Cabe señalar, por otra parte, que la búsqueda de la solución en “Nuevas Tecnologías” tiene una larga tradición, y ya fue acertadamente criticada por Piaget (1969) en relación con los medios audiovisuales y con las “máquinas de enseñar” utilizados por la “enseñanza programada”. Vale la pena recordar la argumentación de Piaget que, pensamos, continúa conservando su vigencia: “Los espíritus sentimentales o pesarosos se han entristecido de que se pueda sustituir a los maestros por máquinas; sin embargo, estas máquinas nos parece que prestan el gran servicio de demostrar sin posible réplica el carácter mecánico de la función del maestro, tal como la concibe la enseñanza tradicional: si esta enseñanza no tiene más ideal que hacer repetir correctamente lo que ha sido correctamente expuesto, está claro que la máquina puede cumplir correctamente estas condiciones”.

En el mismo sentido crítico se expresaba el periódico español *El País* en su editorial “Todos con Ordenador” (13 de octubre, 1997), al comentar el ambicioso plan del primer ministro del Reino Unido, Tony Blair, de dotar de ordenador personal y de acceso a Internet a todos los escolares británicos en el plazo de cinco años: “No puede sino aplaudirse una iniciativa que contribuirá a que todos los niños posean la necesaria cultura informática. Pero el ordenador sólo puede concebirse como un elemento auxiliar en el proceso educativo, enormemente

complejo, en el que tan importante o más que el conocimiento que se adquiere es el aprendizaje de modos de relación con otros, la adquisición de hábitos de estudio y la formación intelectual de los jóvenes. Así, todas esas premoniciones acerca de la desaparición de los profesores en la sociedad del futuro, sustituidos por ordenadores inteligentes conectados a todas las fuentes de información imaginables, son ensoñaciones irreflexivas de gentes deslumbradas por las posibilidades de la informática o de hacer negocio con la informática".

En definitiva, las nuevas tecnologías -cuyo valor instrumental nadie pone en duda- no pueden ser consideradas, como algunos siguen pretendiendo, como el fundamento de una tendencia realmente transformadora. Tras esa pretensión se esconde, una vez más, la suposición ingenua de que una transformación efectiva de la enseñanza puede ser algo sencillo, cuestión de alguna receta adecuada, como, en este caso, la "información". La realidad del fracaso escolar, de las actitudes negativas de los alumnos, de la frustración del profesorado, acaban imponiéndose sobre el espejismo de las fórmulas mágicas.

La relación entre la educación y las transformaciones Científico-Tecnológicas aparece, así, como una relación compleja que abre perspectivas para el desarrollo de los pueblos -aspecto del que nos estamos ocupando en este apartado-, pero que encierra también claros peligros a los que debemos hacer frente, reflexionando críticamente acerca de "cómo la institución escolar y sus prácticas curriculares, pueden hacerse permeables a los cambios que está generando la presencia masiva de las llamadas nuevas tecnologías de la información" (San Martín y Salinas, 1997).

### **TRANSFORMACIONES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS, EDUCACIÓN Y FORTALECIMIENTO DE LA DEMOCRACIA**

La relación entre educación y fortalecimiento de la democracia es algo bien estudiado desde un punto de vista general . Nuestra pretensión aquí es analizar cómo inciden en esta relación las transformaciones Científico-Tecnológicas, partiendo de una idea central: un país resulta tanto más democrático cuanto mayor es la participación de sus ciudadanos en la toma de decisiones. Al margen

de condicionamientos políticos que determinan la posibilidad de dicha participación, ello tiene claras exigencias educativas para que la toma de decisiones esté fundamentada. Esto es lo que persigue, precisamente, el movimiento de "educación Científico-Tecnológica para todos". Así, los ya mencionados Standards for Science Education señalan: "Americans are confronted increasingly with questions in their lives that require scientific information and scientific ways of thinking for informed decision making" (National Research

Council, 1997). La misma idea es sostenida por Marco (1997) " La alfabetización científica apunta hacia la formación de ciudadanos capaces de opciones en una sociedad democrática"

Y por la generalidad de autores que se han ocupado, en alguna medida, de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (Aikenhead, 1985; Hodson y Reid, 1998; Solbes y Vilches, 1989 y 1992; Jiménez y Otero, 1990; Gil et al., 1991; Solomon, 1992; Membiela, 1995; Fourez, 1997; Yus, 1997).

Cuestiones como ¿Qué política conviene impulsar?, ¿Qué papel damos a la ingeniería genética en la industria alimentaria y qué controles introducimos?, etc., exigen tomas de decisiones que no deben escamotearse a los ciudadanos. Se trata de proporcionar un conocimiento suficiente acerca de los problemas y desarrollos Científico-Tecnológicos que afectan a nuestras vidas y, más en general, a la vida en el planeta (Myers, 1987; Colborn, Myers y Dumanoski, 1997). Problemas que se han convertido en noticias quasi cotidianas en los medios de comunicación, pero a los que la educación ha prestado hasta aquí insuficiente atención (Sáez y Riquarts, 1996).

Resulta necesario, muy en particular, cuestionar la idea de que las soluciones a estos problemas dependen únicamente de un mayor conocimiento científico y de tecnologías más avanzadas (Aikenhead, 1985; Gil, Furió y Carrascosa, 1995). Se trata de un cientifismo simplista con el que es preciso romper, pues contribuye a la inhibición de los ciudadanos y, por tanto, a que las tomas de decisiones escapen a un control realmente democrático.

Es preciso hacer comprender que sólo un régimen plenamente democrático de ciudadanas y ciudadanos formados puede evitar que se tomen decisiones que respondan a intereses particulares a corto plazo, con graves repercusiones para otros ciudadanos y, en especial, para las generaciones futuras. De hecho, estamos asistiendo a un creciente impulso de la educación ambiental y de la formación del profesorado en esas cuestiones (Jiménez, 1995; Pardo, 1995)

Comienza a argumentarse, sin embargo, que la cuestión de la democracia es hoy relevante, en la medida en que " las empresas transnacionales gozan de gran

libertad y escapan fácilmente al control social" (Ramonet, 1997). En efecto, señala Cassen (1997), que la " responsabilidad, la obligación de dar cuenta, son las piedras de toque de la vida democrática. ¿En qué se convierten cuando los elegidos y los gobernantes, suponiendo que tengan la intención de actuar por el bienestar de todos sus ciudadanos, tienen cada vez menos poder sobre los verdaderos decisores, totalmente desterritorializados, que son los mercados

financieros y las empresas gigantescas?".

El Director General de la UNESCO ha insistido en esta idea (Mayor Zaragoza, 1997), recordando: "El mundo es escenario de un flujo financiero diario de más de un trillón de dólares, que por su escala y naturaleza escapa a todo control, con unas compañías multinacionales en posición dominante. Y frente a esto están los países, que disponen a lo sumo de alianzas regionales e intentan controlar los problemas transnacionales con estructuras nacionales".

Sin duda alguna, la existencia de regímenes democráticos en unos países determinados no constituye hoy garantía suficiente de control social, de participación de los ciudadanos de dichos países en la toma efectiva de decisiones. Pero ello no convierte en irrelevante la cuestión de la democracia, sino que, por el contrario, señala la necesidad de su ampliación, la necesidad de un orden jurídico global, de un control democrático de nivel supranacional. Conectamos así con el problema de la integración, es decir, con el tema de las transformaciones Científico-Tecnológicas, educación e integración, al que dedicamos el tercer apartado de este estudio.

### **TRANSFORMACIONES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS, EDUCACIÓN E INTEGRACIÓN**

Existe, como acabamos de apuntar en el apartado anterior, una razón fundamental que reclama procesos de integración en relación con las transformaciones Científico-Tecnológicas actuales: nos referimos a los peligros de un desarrollo guiado por intereses particulares a corto plazo, incluyendo los de los diferentes países, peligros resaltados por la casi totalidad de los análisis, que muestran, en el mejor de los casos, un mundo sin rumbo (Ramonet, 1997) o, peor aún, con un rumbo definido "que avanza hacia un naufragio posiblemente lento, pero difícilmente reversible" (Naredo, 1997) que hace verosímil, e incluso probable, la idea de una "sexta extinción" ya en marcha (Lewin, 1977).

Que el peligro es serio y no constituye ninguna "exageración de grupúsculos ecologistas" lo muestra, el angustioso manifiesto que más de 1500 científicos de

renombré, entre ellos la mayoría de los galardonados con el premio Nóbel en Áreas Científicas, han hecho público para pedir a los líderes políticos de todo el mundo que actúen "de forma inmediata para prevenir las consecuencias devastadoras del calentamiento global inducido por el hombre" ( El País, jueves 2 de octubre de 1997). En el mismo sentido, la American Association for The Advancement of Sciences, tras recordar que "la explosión de la población y la aceleración del

desarrollo han llevado a una situación insostenible, que nunca se ha dado antes, de degradación de los ecosistemas que forman la base del bienestar humano", afirma : "Necesitamos la fuerza de toda la ciencia para encarar los problemas medioambientales." Y no se trata sólo de los científicos: el mismo Banco Mundial acaba de realizar una seria autocritica sobre las consecuencias de la política desarrollista que hasta aquí ha venido imponiendo sin prestar atención a sus consecuencias. Así, refiriéndose a la inexistencia de políticas para frenar el deterioro del medio ambiente, vaticina que éste empeorará de forma alarmante (El País, miércoles 24 de septiembre de 1997).

La solución a esta problemática pasa, ante todo, por la superación de un desarrollo local que no tiene en cuenta las repercusiones para el planeta como un todo.

Como ha afirmado el Presidente de la República Checa (Havel, 1997), "Una radiactividad que ignora fronteras nacionales nos recuerda que vivimos –por primera vez en la historia- en una civilización interconectada que envuelve al planeta. Cualquier cosa que ocurra en un lugar puede, para bien o para mal, afectarnos a todos". Mayor Zaragoza (1997) lo ha expuesto también con rotundidad: " Tendríamos que ser conscientes de que el mundo es uno o ninguno.

Si en tal parte del mundo no hay problemas de medio ambiente, a 10.000 Km. Sí los hay y un día llegarán a las zonas privilegiadas".

Ésta es, repetimos, una seria razón en favor de los procesos de integración y de una educación que los ponga en valor. Ello exige ir, conviene enfatizar, mucho más allá de la idea de integración regional, que suele proponerse, sobre todo como vía para una mayor competitividad económica frente a otros países. Por lo que se refiere a la protección del medio, a garantizar un desarrollo sostenible, etc., la integración ha de traducirse en un orden global, con capacidad jurídica y política para impedir lo que resulta lesivo para los seres humanos (o, lo que es lo mismo, lo que resulta lesivo para la vida en nuestro planeta), para impulsar y coordinar medidas concretas y para controlar su aplicación, sin que escapen a ese control democrático general ni los países ni las empresas transnacionales.

Esta integración política a escala planetaria suele producir escepticismo y también aprensión. Escepticismo, porque los intentos realizados hasta aquí han mostrado una escasa efectividad. Pero si consideramos que, como nos ha recordado Vaclav Havel, "Vivimos -por primera vez en la historia- en una civilización interconectada

que envuelve al planeta", podemos comprender la necesidad imperiosa - por primera vez en la historia- de una integración política que anteponga la defensa del medio -sustrato común de la vida en el planeta- a los intereses económicos a

corto plazo de un determinado país o región.

La educación ha de mostrar esta necesidad, ha de poner el acento en los peligros de desarrollos Científico-Tecnológicos locales que no tengan en cuenta sus repercusiones globales. Podría pensarse que este peligro de desarrollos locales está desapareciendo, puesto que estamos inmersos en un vertiginoso proceso de globalización económica. Sin embargo, dicho proceso, paradójicamente, tiene muy poco de global en aspectos que son esenciales para la supervivencia de la vida en nuestro planeta. Como pone de relieve Naredo (1997), "pese a tanto hablar de globalización, sigue siendo moneda común el recurso a enfoques sectoriales, unidimensionales y parcelarios". No se toma en consideración la destrucción del medio. Mejor dicho: si se toma en consideración, pero en sentido contrario al de evitarla. La globalización económica, explica Cassen (1997), "anima irresistiblemente al desplazamiento de los centros de producción hacia los lugares en que las normas ecológicas son menos restrictivas" (y los derechos de los trabajadores más débiles). Y concluye: "la destrucción de medios naturales, la contaminación del aire, del agua y del suelo, no deberían ser aceptadas como otras tantas 'ventajas comparativas'".

En una de sus últimas entrevistas, el llamado "Capitán Planeta" (Cousteau, 1997), abundaba en ese mismo argumento: "Como el largo plazo no tiene precio en el mercado actual, el destino de las futuras generaciones no se tiene en cuenta en la ecuación económica estamos liquidando el futuro por el beneficio rápido". E insistía en la misma entrevista: "Hoy nadie parece asumir la responsabilidad del futuro. ¿Por qué? La gente carece de información objetiva. Los gobiernos están sujetos a preocupaciones electorales a corto plazo. Los hombres de negocios deben responder de su salud financiera en revisiones trimestrales".

La globalización económica aparece así como algo muy poco globalizador, y reclama políticas planetarias capaces de evitar un proceso general de degradación del medio que ha hecho saltar todas las alarmas y cuyos costes económicos comienzan a ser evaluados (Constanza et al., 1997). El periodista científico Calvo Roy (1997) ha encontrado una expresión realmente impactante para describir este proceso: el síndrome "más madera", inspirado en una genial secuencia de la película "Los hermanos Marx en el Oeste": "O internalizamos costes que hoy no se tienen en cuenta -escribe refiriéndose a aquello que supone destrucción del medio y pérdida de recursos- o el crecimiento industrial, energético, etc., nos hará la vida muy difícil. Conscientemente o no, estamos incurriendo en el síndrome "más madera", deshaciendo el tren para alimentar la caldera, en una carrera rápida pero corta. Excepto a los impagables hermanos Marx a nadie se le ocurre, si quiere llegar lejos, quemar el tren para que pueda seguir avanzando.

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

Sin embargo, con frecuencia vemos que el tren de los recursos (no) renovables pierde vagones a golpes de hachas manejadas por torpes Harpos incapaces de entender que los vagones no son eternos”.

La Educación, y muy concretamente la Alfabetización Científico-Tecnológica, ha de tratar con detenimiento estas cuestiones, ha de favorecer análisis realmente globalizadores y preparar a los futuros ciudadanos y ciudadanas para la toma fundamentada y responsable de decisiones. Es preciso, sobre todo, que esa educación permita analizar planteamientos que son presentados como “obvios” e incuestionables, sin alternativas, escamoteando de ese modo la posibilidad misma de elección. Ese es el caso, pensamos, de la idea de competitividad.

Curiosamente, todo el mundo habla de competitividad como algo del todo necesario, sin tener en cuenta que se trata de un concepto muy contradictorio cuando se analiza globalmente: ser “competitivos” significa poder ganarle a otros la partida; el éxito en la batalla de la competitividad conlleva el fracaso de otros. Puede ser ilustrativa a este respecto la forma en que Sánchez Ferlosio (1997) se refiere a “ la perspectiva del actual encarnizamiento de la competencia, con la inexorable urgencia de ajustarse sin pausa a la aceleración de la carrera de la competitividad” (el subrayado es nuestro). Se trata, pues, de un concepto que responde a planteamientos particularistas, centrados en el interés de una cierta colectividad enfrentada -a menudo “encarnizadamente”- a “contrincantes” cuyo futuro, en el mejor de los casos, nos es indiferente lo cual resulta contradictorio con las características de un desarrollo sustentable, que ha de ser necesariamente global y abarcar la totalidad de nuestro pequeño planeta.

La educación ha de contribuir a fundamentar la convivencia de regirse por otro concepto de eficiencia , que tenga en cuenta las repercusiones a corto, medio y largo plazo, tanto para una colectividad dada como para el conjunto de la humanidad y de nuestro planeta. Y es necesario, asimismo, hacer ver que no hay nada de utópico en estos planteamientos: hoy lo utópico, “lo que no tiene lugar”, es pensar que podemos seguir guiándonos por intereses particulares sin que, en un plazo no muy largo, todos paguemos las consecuencias. Quizás ese comportamiento fuera válido -al margen de cualquier consideración ética- cuando el mundo contaba con tan pocos seres humanos que resultaba inmenso, sin límites. Pero hoy eso sólo puede conducir a una masiva autodestrucción, a la ya anunciada “sexta extinción” (Lewin, 1977).

Consideramos urgente una integración planetaria capaz de impulsar y controlar las necesarias medidas en defensa del medio y de las personas, antes de que el proceso de degradación sea irreversible. Pero este proceso de mundialización que nuestra supervivencia parece exigir, da lugar también al temor de una homogeneización cultural, es decir, al temor de un empobrecimiento cultural . Tal fue uno de los temas claves en el primero de los “Encuentros del Siglo XXI”

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

organizados por la UNESCO, que consistió en un diálogo entre el paleontólogo Stephen J. Gould y el sociólogo Edgar Morin en torno a "¿Qué futuro para la especie humana?" ( El País, lunes 13 de octubre de 1997): "La corriente de homogeneización -afirmó Morin en dicho encuentro- ya ha destruido numerosas culturas, como las que llamamos primitivas".

Esta preocupación por la pérdida de la diversidad cultural es compartida por la mayoría de quienes analizan la problemática de nuestro próximo futuro. Así, Jacques Le Goff, actual presidente de la prestigiosa École des Hautes Études en Sciences Sociales, afirma que uno de los grandes problemas del siglo XXI será el de las relaciones entre las culturas (Le Goff, 1997). Sin embargo, esta uniformización de culturas no puede atribuirse, obviamente, a una integración política que aún no ha tenido lugar, sino que es una consecuencia más de la globalización mercantil, que está originando "una estéril uniformidad de culturas, paisajes y modos de vida" (Naredo, 1997). Un orden democrático a escala mundial podría, eso sí, plantear la defensa de la diversidad cultural al igual que la biológica. Así lo manifestaba Gould -decidido partidario de "pasar de organizaciones sociales locales a una confederación mundial"- en su diálogo con Morin: "Una nueva organización social debe tener en cuenta la diversidad cultural de nuestra especie". Y también Morin insistía en la misma idea: "Culturalmente, hay que volver a la unidad de lo múltiple".

Una integración política a escala mundial, concebida -en palabras de Gould- como una "confederación planetaria" plenamente democrática, constituye, según lo que hemos visto, un requisito esencial para hacer frente a la degradación, tanto física como cultural de la vida de nuestro planeta. Dicha integración reforzaría el fortalecimiento de la democracia y contribuiría a un desarrollo de los pueblos que no se limitaría, como suele plantearse, a lo puramente económico, sino que incluiría, de forma destacada, el desarrollo cultural. Y en ese marco, como afirma

Le Goff, la educación ha de jugar un papel fundamental. Podemos concluir que el papel de la educación ante las transformaciones Científico-Tecnológicas ha de ser contribuir a hacer frente, de forma global y coherente, al triple desafío que supone el desarrollo de los pueblos (incluido, por supuesto, su desarrollo cultural), el fortalecimiento de los sistemas democráticos y los procesos de integración. Es algo que constituye una exigencia de dichas

transformaciones Científico-Tecnológicas si queremos evitar un rápido proceso de degradación de la vida en nuestro planeta. No queremos terminar sin abordar la reacción "anti-ciencia" que la situación actual está provocando (Giordan, 1997) y que, a nuestro entender, constituye un serio peligro para la búsqueda de soluciones adecuadas a la compleja problemática que esa situación plantea.

### A MODO DE CONCLUSIÓN: EL MOVIMIENTO ANTI-CIENCIA Y LA EDUCACIÓN

A lo largo de este trabajo hemos insistido acerca de la visión empobrecida y deformada de la ciencia, transmitida, por acción u omisión, por la enseñanza. Hemos criticado, muy en particular, la imagen descontextualizada, socialmente "neutra" en la que incluso bastantes científicos parecen creer, ajenos a las necesarias tomas de decisión (Aikenhead, 1985). Una neutralidad que puede interpretarse fácilmente como sometimiento y que ha contribuido al creciente desprestigio de la actividad científica y tecnológica, a la que se responsabiliza de la contaminación del planeta, del peligro de destrucción masiva, etc.

Sin embargo, sería injusto y peligroso caer en una actitud de rechazo absoluto. Como indica Sánchez Ron (1994), "es el conocimiento científico quien nos hace ser conscientes de algunos problemas medioambientales. ¿Conoceríamos sin la ciencia que existen agujeros en la capa de ozono? Y en lo que se refiere a identificar con claridad cuáles son las causas de prácticamente todo el deterioro de la naturaleza, ¿existe mejor analista que el científico?".

Estamos de acuerdo con Sánchez Ron en estas consideraciones acerca de lo que él denomina "el papel de la ciencia al servicio del medio ambiente". Puede añadirse que las nuevas tecnologías, simbolizadas por los ordenadores, incrementan en gran medida la eficiencia de los intercambios energéticos y reducen mucho el impacto sobre el medio. Es lo que Passet (1997) ha denominado "Las posibilidades (frustradas) de lo inmaterial", refiriéndose a las tecnologías de la información. En ello insiste también Sánchez Ron: "abundan los avances científicos de las últimas décadas que son extraordinariamente eficientes desde el punto de vista del consumo energético". Pensamos, sin embargo, que debe matizarse su reflexión última en torno a la esperanza, gracias al conocimiento científico, de "seguir disfrutando de idénticos, si no superiores privilegios" a los que la humanidad ha conseguido en los dos últimos siglos. Esta esperanzada reflexión, pensamos, no tiene en cuenta un hecho fundamental: los privilegios a los que Sánchez Ron se refiere sólo han alcanzado a una parte de la humanidad y, de acuerdo con el conocimiento de que disponemos, no son alcanzables por una población como la actual. Como han explicado los expertos en sostenibilidad, en el

marco del llamado Foro de Río, "si fuera posible extender a todos los seres humanos el nivel de consumo de los países desarrollados, sería preciso contar con tres planetas para atender la demanda global" (El País, lunes 17 de marzo de 1997). El filósofo Rubert de Ventós (1997) ha insistido en esa misma idea: "el día en que todos los países se comportaran como países desarrollados, es poco

probable que pudiera seguir siéndolo ninguno: la cantidad de recursos explotados y de residuos generados transformaría el mundo en un desierto y el agotamiento de la biomasa sería cuestión de meses”.

De hecho, la cuestión demográfica no puede ser obviada a la hora de analizar causas y remedios. Jacques Yves Cousteau (1997), tras afirmar que “los seres humanos han hecho probablemente más daño a la Tierra en el siglo XX que en toda la historia”, añade: “El daño ha sido provocado por dos motivos fundamentales: el crecimiento demográfico disparado combinado con los abusos de la economía” (o, dicho de otro modo, con los abusos consumistas del mundo desarrollado). La misma llamada de atención la realizan muchos de quienes tienen una visión global de los problemas de nuestro planeta: “unas 250.000 personas nacen cada día en el mundo”, nos recuerda el Director General de la UNESCO (Mayor Zaragoza, 1997), y añade: “No se hace nada para conseguir una educación para todos y espaciada a lo largo de toda la vida, cuando eso es lo único que permitiría reducir, fuera cual fuera el contexto religioso o ideológico, el incremento de población”. Mientras continúe la explosión demográfica y el sobreconsumo de los países desarrollados, explica Rubert de Ventós (1997), caminaremos directamente hacia el desastre: “La extrema pobreza conduce a la desertización ‘haitiana’, sin duda. Pero resulta que la extrema riqueza conduce igualmente, aunque por otros caminos, a la deforestación ‘canadiense’. La primera no puede esperar la reposición de la madera: la necesita para cocinar en una economía paupérrima que acaba sacrificando su propio hábitat y paisaje. A la segunda, la canadiense, no le concierne propiamente este paisaje: sus operadores son multinacionales que no viven ni han de quedarse en el entorno de desolación que dejan tras de sí”.

Como vemos, los problemas sobrepasan la responsabilidad de los científicos y atañen a cada uno de nosotros. Las causas no están en la ciencia sino en el tipo de respuesta que damos a algunas preguntas clave: ¿En qué mundo queremos vivir?, ¿Qué mundo queremos dejar a nuestros descendientes?, ¿Qué puedo hacer yo, como miembro de una sociedad democrática y también como consumidor, para evitar el deterioro de nuestro planeta? Porque, aunque como advierte Margalef (1994), resulta difícil en general hacer predicciones de interés sobre impactos ambientales, etc., no parece haber lugar para muchas dudas acerca del deterioro creciente de las condiciones de vida en nuestro planeta. Y no se trata de la llamada a un altruismo desprendido que renuncie al interés personal, sino, bien al contrario, de una llamada al egoísmo bien entendido (Savater, 1994) ¿Se puede vivir satisfecho sabiendo que estamos poniendo en peligro la vida de nuestros hijos?.

La tendencia a descargar sobre la Ciencia y la Tecnología la responsabilidad de la

situación actual de deterioro creciente, no deja de ser una nueva simplificación maniquea en la que resulta fácil (e inoperante) caer y a la que la educación debe prestar la debida atención. Algunos llegan hasta atribuir la falta de "responsabilidad ante la humanidad" a una concepción del mundo basada en el pensamiento científico, ajeno a "las certezas metafísicas". En efecto, Hermann Tertsch (1997) se hace eco de las siguientes interrogantes de Vaclav Havel : "¿Es posible qué el hecho de que la humanidad piensa sólo en los límites de lo que hay en su campo inmediato de visión y es incapaz de recordar lo que hay más allá, en el espacio y en el tiempo, sea consecuencia de su pérdida de certezas metafísicas, de horizontes y objetivos?, ¿Es posible qué la crisis de responsabilidad respecto al mundo como un todo y su futuro sea consecuencia lógica de la concepción del mundo como un complejo de fenómenos regidos por leyes científicas identificables, es decir, una concepción que no busca razones de existencia y renuncia a todo tipo de metafísica?" Tertsch glosa la intervención de Havel en estos términos: " Se trataba de establecer los motivos por los cuales la humanidad, que conoce los graves problemas a los que se enfrenta en el nuevo milenio, no consigue reaccionar ante los mismos. Havel dejó claro que ve el origen de esta incapacidad para asumir la responsabilidad y el compromiso -de asumir deberes para con el prójimo y el entorno- en la desaparición de un sentido trascendente de la vida".

No deja de ser curioso ver con qué facilidad se simplifican los problemas: si la humanidad, "que conoce los graves problemas a los que se enfrenta", no consigue reaccionar, la causa está, según Havel, en la desaparición de un sentido trascendente de la vida, en la pérdida de certezas metafísicas, o, dicho más claramente, en el racionalismo científico. Pero, ¿cómo puede atribuirse a una concepción científica la responsabilidad de pensar sólo "en los límites de lo que hay en su campo inmediato de visión" y de ignorar "al mundo como un todo y su futuro"? Estas suposiciones revelan, en primer lugar, una tergiversación bastante notable de lo que ha sido el desarrollo del pensamiento científico, de sus contribuciones -con la oposición, muy a menudo, de quienes poseían las certezas metafísicas- a visiones más globales de la realidad "como un todo". Que sepamos, han sido científicos quienes han derribado las barreras que las certezas metafísicas establecían entre, el hombre y el resto de los animales, o entre la tierra y el resto del universo; han sido científicos quienes han ampliado nuestro campo de visión, asomándonos al pasado de la humanidad, de la tierra y del universo;

son científicos quienes estudian los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad, advierten de los riesgos y ponen a punto soluciones. Por supuesto, no sólo los científicos, ni todos los científicos. Y sabemos también que son científicos quienes han construido bombas atómicas o los compuestos que están destruyendo

la capa de ozono. Pero no puede deformarse la realidad hasta el punto de atribuir a la ciencia un punto de vista limitado a "lo que hay en su campo inmediato de visión".

Por otra parte, no parece que las certezas metafísicas ni el sentido trascendente de la vida garanticen una mayor responsabilidad ante la humanidad. Baste señalar la actitud adoptada, desde dichas certezas, frente a lo que muchos señalan como el problema más grave con el que se enfrenta hoy la humanidad: la explosión demográfica. Sin embargo, no debemos incurrir en otra simplificación abusiva y maniquea: la verdad es que la humanidad tan sólo ha comenzado muy recientemente a conocer los graves problemas a los que se enfrenta y que muchos de nosotros -cabe temer que la mayoría- no somos conscientes de las consecuencias de nuestros comportamientos depredadores; tendemos a minimizarlos, a pensar que "todo continuará como siempre". Pero la tierra no ha tenido siempre más de cinco mil millones de personas: en los últimos cincuenta años han nacido más seres humanos que en toda la historia de la humanidad, y el planeta ha dejado de ser inmenso, de recursos prácticamente ilimitados. Nos corresponde a todos buscar soluciones y adoptar las decisiones oportunas antes de que sea demasiado tarde, sin enzarzarnos en estériles enfrentamientos sobre si la falta de responsabilidad ante la humanidad tiene su origen en las concepciones científicas o en las certezas metafísicas. En ello, pensamos, la educación tiene una especial responsabilidad, por lo que, en síntesis, habría que contribuir a:

- Formar ciudadanos conscientes de los problemas que plantean unas transformaciones científico/tecnológicas ciertamente complejas y de perspectivas inciertas, que exigen decisiones colectivas fundamentadas, y
- Orientar la actividad personal y colectiva hacia una perspectiva global, sostenible, que respete y potencie la riqueza que representa tanto la diversidad biológica como la cultural y favorezca su disfrute.

### Bibliografía Sugerida

AIKENHEAD, G.S.: "Collective Decision Making in the Social Context Of Science".

Science Education 69 (4), Pág. 453-475, 1985.

BARBERÁ, O. y SANJOSÉ, V.: "Juegos de Simulación por Ordenador: Un útil para la Enseñanza a todos los Niveles". Enseñanza de las Ciencias, 8 (1), Pág. 46-51, 1990.

BELL, B.F. y PEARSON, J.: "Better Learning", International Journal of Science Education, 14 (3), Pág. 349-361, 1992.

BYBEE, R.W. y de BOER, G. E.: "Research on Goals for the Science Curriculum". En: Gabel D. L. (ed.), 1994, Handbook of Research on Science Teaching and Learning, MacMillan Pub. Co, N. Y, 1994.

CALVO ROY, A.: "El síndrome 'Más madera'", El País, miércoles 22 de octubre de 1997.

## **ANEXO 3**

# **Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una Mirada desde la Educación en Tecnología**

La dimensión educativa de la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad presenta matices muy diversos y complejos, producidos, por una parte, desde el campo específico de los estudios CTS que han permitido abrir la discusión acerca de las implicaciones de la Ciencia y la Tecnología en el contexto social y, por otra, desde la enseñanza de la Ciencia que viene incorporando paulatinamente discusiones sobre el papel que debe jugar la Ciencia en la Sociedad. Ahora bien, desde una concepción más amplia de la Tecnología, un nuevo actor en el escenario se abre paso, la Educación en Tecnología, que gracias a involucrar en la actividad escolar tanto los Aspectos Técnicos como los culturales de la Tecnología en una deseable relación Teórico-Práctica, constituye una prometedora contribución a la desmitificación y democratización de la Ciencia y la Tecnología.

Tal vez uno de los fenómenos más relevantes del mundo contemporáneo es el inusitado valor que ha adquirido el saber, como condición indispensable para el desarrollo de los pueblos. Según Toffler, vivimos en una sociedad del conocimiento, caracterizada porque la base de la producción son los datos, las imágenes, los símbolos, la ideología, los valores, la cultura, la ciencia y la tecnología. El bien más preciado no es la infraestructura, las máquinas y los equipos, sino las capacidades de los individuos para adquirir, crear, distribuir y aplicar creativa, responsable y críticamente (con sabiduría) los conocimientos, en un contexto donde el veloz ritmo de la Innovación Científica y Tecnológica los hace rápidamente obsoletos.

No son necesarias elucubraciones para comprender el desafío que los anteriores planteamientos hacen a la educación en general. El modelo educativo mundial entró en crisis y las naciones más desarrolladas del planeta hacen esfuerzos, desde diversos sectores, para mejorar cualitativamente los sistemas de formación tanto de los niños y niñas como de los adultos, aún de aquellos que ya han cursado los estudios formales básicos o los profesionales y avanzados.

Es por esta razón, como sugiere el título del presente artículo, que la temática

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

Ciencia, Tecnología y Sociedad se enfocará desde la mirada genérica de la Educación en Tecnología y no se enmarcará específicamente en el esquema CTS, aunque se debe entender que hablar de Educación en Tecnología implica relacionar, en el marco del contexto educativo, la Ciencia, la Tecnología y las profundas Implicaciones Sociales de ambas, con las posibilidades de un trabajo escolar integral y significativo para los estudiantes.

En efecto, la dinámica de la Educación en Tecnología conjuga Aspectos Técnico-Científicos, Culturales y Valorativos, que en su desarrollo escolar la habilitan como un poderoso instrumento de integración curricular y como una interesante contribución al logro de fines educativos.

Hoy, cuando el deseo de contar con escuelas que brinden conocimientos y comprensión a un gran número de estudiantes con capacidades e intereses diversos, provenientes de medios culturales y familiares distintos, choca con la realidad de las escuelas en los diferentes lugares urbanos y rurales donde los maestros enseñan y los alumnos aprenden como hace dos décadas; hoy, ad portas del tercer milenio -cuando los medios tecnológicos traducidos en computadores, discos compactos, multimedia, realidad virtual, telecomunicaciones, superautopistas de información, la educación permanece fiel a su práctica tradicional. Hoy, cuando se requiere una escuela informada, dinámica, reflexiva, que posibilite la retención del conocimiento, la comprensión del conocimiento y el uso sabio de éste por parte de los estudiantes, la Educación en Tecnología tiene mucho que decir.

### **¿DE CUÁL TECNOLOGÍA HABLAMOS?**

"El hombre no es la más majestuosa de las criaturas. Antes incluso que los mamíferos, los dinosaurios eran decididamente más espléndidos. Pero él posee algo que los demás animales no tienen: un caudal de facultades que por sí solo, en más de tres millones de años de vida, le hizo creativo. Cada animal deja vestigios de lo que fue; sólo el hombre deja vestigios de lo que ha creado" (Jacobo Bronowski: El ascenso del hombre).

### **Aproximación Histórica**

Hace dos millones de años una criatura un poco oscura y perdida en el tiempo (*Australopithecus Africanus*), carnívora, según las evidencias encontradas por Richard Leakey, se encuentra ante dos problemas concretos que resolver: el primero parte de una necesidad vital, el segundo es un requerimiento social.

La necesidad está relacionada con su dieta alimenticia a base de carne, alimento

que requiere ser macerado para su posterior ingestión; así, estos “casi” hombres y mujeres inventan (conciben y producen) una herramienta de piedra diseñada tecnológicamente y la elaboran técnicamente mediante el procedimiento de afilado de los cantos a base de golpes (el cuchillo de sílice). La fuerza del invento es colosal, tanto, que durante un millón de años más no cambió significativamente.

El requerimiento tiene que ver con la máxima edad de vida del *Australopitecus* (20 años se calcula), lo cual produjo en el núcleo social la presencia de muchos huérfanos en edades infantiles que debieron ser adoptados, cuidados y “educados” por la comunidad (Bronowski, 1983). La solución al problema no es tangible pero es un instrumento tecnológico, representado por la organización de la comunidad para cumplir un propósito particular, la primera estrategia escolar, que, como en el caso de las estrategias de caza y otras formas de organización desarrolladas por nuestros antecesores prehistóricos, reafirman el potencial tecnológico humano.

Un millón de años después del *Australopitecus*, dicen los antropólogos, se puede hablar del hombre. Uno de los factores más determinantes de la diferenciación entre el “casi hombre” y el género hombre, a juicio de los investigadores, es el uso de herramientas. Parece una situación trivial: hombres y mujeres que usaban herramientas; sin embargo, esta premisa es incompleta, porque no es solamente el uso de herramientas sino el diseño (invención, concepción y producción de las mismas), el verdadero hito. Hombres y mujeres de hace un millón de años, criaturas pequeñas frente a animales colosales, seres débiles frente a fieras dotadas de garras y dientes. En esta situación la necesidad concreta de defensa es vital; una piedra se convierte en proyectil y un leño en arma contundente.

¿Producto del puro instinto? Se cree que no. Allí hay un acto poiético basado en la competencia humana de prefigurar las acciones, de generar ideas y de crear. De plano esto nos debe llevar a mirar el cuchillo de sílice (y otros instrumentos creados por el hombre prehistórico) con un profundo respeto. En efecto, es un instrumento tecnológico portentoso. Forma, estructura y función están allí conjugados armoniosamente para proporcionar la solución a un problema vital cuyo centro es el hombre (el casi hombre que lo inventó). No había allí postulado teóricos, ni modelos explicativos, ni hipótesis de trabajo. Sólo un problema concreto, un cerebro de 800 centímetros cúbicos, un medio agreste pero rico en materiales, un conjunto de ideas basado en la experiencia cotidiana, y la chispa creativa que haría de estos “casi” hombres los seres que transformaron el medio natural en ambientes artificiales cruzados por la omnipresencia de la tecnología.

Ahora bien, la Producción Tecnológica es inherente al hombre mismo. El *homo faber* no puede ser distinguido del *homo sapiens*. El hombre se convirtió en una

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

criatura pensante en virtud de su capacidad de construir y, a su vez, lo construido hizo al hombre un ser pensante. En efecto, en el último millón de años el género humano introdujo significativos cambios en los instrumentos, producto de la evolución de la mano y del perfeccionamiento del cerebro. El individuo se convirtió en una criatura biológica y culturalmente más refinada y, por ende, los productos de su talento fueron cada vez más funcionales y de calidad, de lo cual hay evidencias contundentes que permiten reafirmar la capacidad tecnológica de los hombres y mujeres prehistóricos.

El sentido de hablar de los útiles de piedra, que son los artefactos más antiguos que se conservan, es porque se encuentran al comienzo de una serie de productos del esfuerzo humano deliberado, articulados y continuos, que no se ha roto nunca. La tecnología de la piedra ejerció una duradera influencia en los posteriores útiles de metal y aún en las herramientas más modernas y conocidas, como el martillo, la sierra y la hacha, al igual que instrumentos eléctricos y neumáticos conservan principios y movimientos subyacentes en los primeros productos de piedra.

El propósito de lo expuesto no es otro que el de replantear la concepción bastante generalizada sobre la tecnología como entidad subordinada con respecto a la ciencia. La producción de un artefacto (el objeto físico tridimensional) es el resultado de la creatividad y del esfuerzo intelectual humano, e involucra conocimientos y saberes no supeditados a la existencia previa de un argumento científico: “La Tecnología es tan antigua como la humanidad. Existía mucho antes de que los científicos comenzaran a recopilar los conocimientos que pudieran utilizarse en la transformación y control de la naturaleza. La manufactura de útiles de piedra, una de las más primitivas tecnologías conocidas, floreció hace cerca de dos millones de años antes del advenimiento de la mineralogía o la geología. Los creadores de cuchillos y hachas de piedra tuvieron éxito porque la experiencia les había enseñado que ciertos materiales y técnicas arrojaban resultados aceptables, mientras que otros no. Cuando tuvo lugar el tránsito de la piedra al metal (la primera evidencia de la transformación del metal data del año 6000 a.C.), los primeros trabajadores del metal siguieron, igualmente, fórmulas de naturaleza empírica que les proporcionaban el cobre o bronce que buscaban. Hasta finales del siglo XVIII no fue posible explicar los procesos metalúrgicos simples en términos químicos, e incluso hoy en día subsisten procedimientos en la moderna producción de metales cuya base química exacta se desconoce”.

“Además de ser más antigua que la Ciencia, la Tecnología, no auxiliada por la Ciencia, es capaz de crear estructuras e instrumentos complejos. ¿Cómo podría explicarse si no la arquitectura monumental de la antigüedad o las catedrales y la tecnología mecánica (molinos de viento, bombas de agua por rueda, relojes) de

la Edad Media?, ¿Cómo si no podríamos explicar los muchos logros brillantes de la antigua tecnología china?" (George Basalla, 1991).

### Aproximación Conceptual

En la base de la discusión sobre la temática Ciencia, Tecnología y Sociedad se encuentran las diferentes concepciones sobre tecnología, ciencia, técnica, conocimiento científico, conocimiento tecnológico, conocimiento técnico, conocimiento empírico y sus correspondientes implicaciones en el contexto social.

De hecho, las consideraciones, percepciones, argumentaciones y opiniones que un conglomerado social tenga sobre las anteriores categorías, marcará la razón, el ser y el sentido de la dimensión educativa de la temática Ciencia, Tecnología y Sociedad. Por esta razón, en primera instancia y sin pretender ser exhaustivo, en el presente artículo se parte de una aproximación conceptual a la tecnología y sus relaciones con la técnica y la ciencia, reflexión pertinente y base que sustenta la posterior concepción de Educación en Tecnología.

### Acerca de la Tecnología

Una de las más relevantes características de nuestros tiempos es la incuestionable importancia de la tecnología en todos los ámbitos sociales. Ya sea en pro, en contra o en posiciones intermedias, desde la tecnofilia o desde la tecnofobia o aun pretendiendo ser indiferentes, la gente tiene que ver con ella. Aunque las definiciones de tecnología son numerosas y las concepciones son disímiles y hasta contradictorias, se considera como factor clave en el logro o no de metas y fines de índole social, cultural económico y político.

La idea social en relación con la tecnología se ubica en innumerables contextos donde sus aplicaciones o productos son venerados por considerarse socialmente útiles, o maldecidos por los impactos en el ambiente. Es así como toda la producción humana de instrumentos traducidos en artefactos, sistemas y procesos mirados desde el mismo momento en que el hombre se puede considerar hombre hasta nuestros días, está mediada por la discusión sobre el ser, la razón y el sentido de la tecnología.

Tecnología es un término polisémico y con múltiples interpretaciones. Su uso cotidiano y corriente es tal, que se ha llegado a su intercambiabilidad con los términos técnica y ciencia, situación que a la postre dificulta la discusión sobre el sentido de la Educación en Tecnología.

En la mentalidad popular, el término tecnología es sinónimo de máquinas, cosas modernas o novedosas, inventos y, en general, toda la gama de productos

tangibles que rodean al hombre. Por esta razón la pregunta ¿de cuál tecnología estamos hablando?, Resulta a todas luces pertinentes (nada fácil de responder) y aplicable también a la ciencia y a la técnica.

Una primera aproximación al término tecnología permite encontrar algunas explicaciones del porqué del uso a veces indiscriminado de la palabra técnica como sinónimo de tecnología. En efecto, el significado etimológico de la palabra técnica es la *techné* griega, a la que se refiere Platón para diferenciar las actividades desarrolladas con base en el conocimiento derivado de la relación directa con los objetos de aquellas que exigen fundamentación para realizarlas. Aristóteles es más preciso al afirmar que *techné* es una aptitud para captar discursivamente, es decir, exigiendo un fundamento explícito o explicitable y mediante razonamiento la verdad de una producción. Quien está en la *techné* puede dar respuesta discursiva y argumentativa en forma oral y escrita.

No obstante lo anterior, en la sociedad contemporánea es común considerar la técnica desde una concepción procedural, más cercana a la definición de artesanía (del *ars* latino), cuya base es el método y la capacidad para desarrollar ciertas actividades a partir de la experiencia y la relación práctica con los objetos.

A su vez, en la concepción griega del mundo existe una clara diferencia entre la episteme contemplativa y la *techné* utilitaria. La ciencia pura es *teoría*, contemplación desinteresada de las esencias. El elemento de la ciencia es el *logos*, el pensamiento especulativo y no la materia sensible.

A partir del siglo XVII la ciencia toma un rumbo más terrenal con una actitud más técnica y se posibilita la interacción entre las dos. Galileo Galilei convierte un instrumento de asombro (el catalejo de Flandes) en un instrumento de navegación y, posteriormente, en otro de investigación con el cual logra hacer los primeros dibujos de la luna y otros experimentos y observaciones astronómicos que marcaron un hito en la historia de la humanidad. El trabajo de Galileo permitió asociar estrechamente el aspecto teórico con el práctico a través del experimento. Así, un producto de la tecnología de la época (el catalejo) fue la base para el desarrollo de la ciencia experimental; de aquí en adelante no habría ciencia sin tecnología ni tecnología sin ciencia.

Ahora bien, hoy en día el común de la gente asocia el término tecnología con artefactos o instrumentos sofisticados como los computadores y las naves espaciales. Algunas definiciones parten de la estructura etimológica de la palabra y la presentan como el estudio de las técnicas, de las herramientas, de las máquinas, de los materiales (el *logos* de los productos técnicos). Otras la conciben como dependiente de la ciencia o como aplicación del conocimiento

científico a fines prácticos, o como el estudio de las ciencias aplicadas con particular referencia a los diversos procedimientos para la transformación de las materias primas en productos de uso o de consumo (la ciencia de la aplicación del conocimiento a fines prácticos, la ciencia aplicada).

Desde otras ópticas, se define la tecnología como "la manera de hacer las cosas, el cómo se hacen las cosas", agregando el porqué se hacen. También se encuentran definiciones que enfatizan sobre los propósitos de la tecnología, describiéndola como "el intento racional y ordenado de los hombres para controlar la naturaleza". Definiciones más amplias hablan de la tecnología como del factor creativo del proceso de producción de cuanta cosa ha desarrollado el hombre; como del hecho cultural básico de nuestra especie, la productividad del trabajo; como del intento del hombre por satisfacer sus requerimientos a través de su acción sobre objetivos físicos.

En síntesis, este breve panorama sobre las concepciones de la tecnología permite evidenciar algunos puntos recurrentes y tal vez imprescindibles en una concepción amplia de tecnología. Hombre, cultura, saberes, requerimientos y necesidades, trabajo e instrumentos, se encuentran de alguna manera mencionados en la concepción de tecnología, donde la invención es un factor clave y la creatividad corresponde a una actividad tanto individual como social.

En este orden de ideas y no como punto final sino como punto de partida en el posterior abordaje del tema educativo, en este artículo se asume la tecnología como el conjunto de saberes inherentes al diseño y concepción de los instrumentos (artefactos, sistemas, procesos y ambientes) creados por el hombre a través de su historia para satisfacer sus necesidades y requerimientos personales y colectivos.

### El Conocimiento Técnico y Tecnológico

De las anteriores premisas se deduce que el Conocimiento implicado en la Técnica y en la Tecnología es diferente. En el caso de la Técnica el eje fundamental es la experiencia previa acumulada, lograda a través del tanteo y de los éxitos y fracasos, experiencia que no puede ser comunicada en forma oral o escrita sino a través de la actividad misma: "El Conocimiento Técnico en cuanto Conocimiento Empírico es de carácter más experimental que práctico instrumental. Lo empírico o empiria no es sólo la práctica o experiencia simple, sino esencialmente la observación, la experimentación, la medición, la conceptualización o razonamiento, como condiciones para la transformación de la práctica. La reducción de lo empírico a lo práctico, a la experiencia simple, a

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

lo instrumental, refleja una inadecuada utilización del concepto de empiria o una subvaloración del

conocimiento práctico, derivada de la desigual división social entre el trabajo práctico y el de índole intelectual" (Gómez, V. M., 1993).

El Conocimiento Tecnológico, por su parte, tiene atributos reflexivos que fundamentan la actividad, lo cual le proporciona una base argumentativa que permite su explicación. El Conocimiento Tecnológico demanda una relación teoríapráctica

indisolubles, el acopio permanente de información que permite nuevas formas, nuevas técnicas, nuevos resultados. Es sobre todo interdisciplinar, lo cual le permite redefinir sus dominios e incluso crear otros. Es propio del Conocimiento Tecnológico transformarse constantemente. La reflexión en el Conocimiento Tecnológico es doble: por una parte, la causalidad y la verdad de una producción; por otra, las posibles y distintas alternativas para obtener esa producción (la transformación tecnológica). El Conocimiento Tecnológico es creatividad, lo que no impide buscar nuevos espacios aun sin antecedentes previos.

### **La Ciencia y La Tecnología (Relaciones)**

Pese a que el mito de la divinidad de la Ciencia comienza a desvanecerse y a que la humanidad está viviendo un período de profundas transformaciones que van contra la fe ciega en la Ciencia que cuestiona sus atributos y cualidades sobrehumanas, en las puertas del tercer milenio persiste la imagen social de la Ciencia como un ente superior con atributos de infalibilidad, objetividad y neutralidad, reservado a seres privilegiados elegidos por sus especiales cualidades intelectuales, dedicados toda su vida al estudio, encerrados en laboratorios y ataviados con batas blancas y aire circunspecto: los sacerdotes del saber, los científicos, los dueños del conocimiento superior.

A pesar de que a partir del siglo XVI la Ciencia Moderna se va afirmando y el encuentro de la Theoría con la Praxis se hace realidad , "en la imagen tradicional o 'concepción heredada' de la ciencia, ésta constituye fundamentalmente una actividad teórica cuyo producto son las teorías científicas" (López Cerezo, 1996). Tanto el saber teórico como el práctico son productos del conocimiento y se van construyendo paso a paso en la interacción social. Estos saberes son el legado cultural de las sociedades y están en permanente construcción y reconstrucción. La Ciencia y la Tecnología son productos históricos y saberes sociales, organizados y sistematizados, en continua creación. Hoy en día, el Saber Científico y el Saber Tecnológico se interrelacionan mutuamente; podría afirmarse que la Tecnología está "cientificizada" y la Ciencia "tecnologizada"; sin embargo, en la construcción de la Ciencia y la Tecnología subyace una especialización del Saber Teórico y del

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

Saber Práctico.

Los Saberes se construyen en el proceso de solución de problemas. Los Conocimientos tanto Teóricos como Prácticos aplicados en la interpretación y transformación del entorno configuran los Saberes Científicos y Tecnológicos, y proporcionan desde sus respectivas intencionalidades modelos de solución de problemas.

A continuación se consignan dos tablas que permiten ilustrar las relaciones y diferenciaciones entre la Ciencia y la Tecnología según sus intencionalidades en la solución de problemas (tomadas de la ponencia presentada por el profesor J. R. Gilbert, del Departamento de Educación Tecnológica y Científica de la Universidad de Reading, Gran Bretaña, en el IV Congreso Internacional sobre Investigación de la Didáctica de las Ciencias y la Matemática, Barcelona 1993):

### Ciencia y Tecnología como ejemplos de Solución de Problemas

| MODELO GENERAL DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS | PROCESO CIENTÍFICO      | PROCESO TECNOLÓGICO     |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Entender el problema                    | Fenómeno natural        | Determinar la necesidad |
| Describir el problema                   | Describir el problema   | Describir la necesidad  |
| Considerar soluciones alternativas      | Sugerir hipótesis       | Formular ideas          |
| Elegir la solución                      | Seleccionar hipótesis   | Seleccionar ideas       |
| Actuar                                  | Experimentar            | Hacer el producto       |
| Evaluar el producto                     | Encajar hipótesis/datos | Probar el producto      |

### Diferencias entre La Ciencia y La Tecnología

| CIENCIA  | TECNOLOGÍA   |
|--|--|
| PROPÓSITO: Explicación<br>INTERÉS: Lo natural<br>PROCESO: Analítico<br>PROCEDIMIENTO: Simplificación del fenómeno<br>RESULTADO: Conocimientos generalizables | PROPÓSITO: Producción<br>INTERÉS: Lo artificial<br>PROCESO: Sintético<br>PROCEDIMIENTO: Aceptar la complejidad de la necesidad<br>RESULTADO: Objeto particular |

### Las Nuevas Tecnologías

El término Nuevas Tecnologías ha sido relacionado únicamente con los avances en telecomunicaciones e informática; sin embargo, abarca mucho más. Antes que los desarrollos en comunicaciones e informática, existe una base de Saberes Tecnológicos que no son tan nuevos (aunque muchos de sus productos sí lo sean) y que forman parte de la plataforma sobre la cual avanza el desarrollo y la

producción de bienes y servicios.

75

Los avances en tecnología que se expresan socialmente como "nuevos" tienen su historia y no aparecen repentinamente; pasaron por el campo de las competencias más elementales y por la maduración cultural y cognoscitiva. Las llamadas Nuevas Tecnologías están caracterizadas por la extrema rapidez de su evolución y por su potente impacto transformador de la estructura social, pero han sido posibles gracias a la capacidad humana de evocar, aprender y construir conocimiento.

En la base del Conocimiento Tecnológico actual predominan algunos campos particulares de expresión de la Tecnología, sobre los cuales hay consenso en ser considerados como Tecnologías de Punta o Nuevas Tecnologías. Estos son:

- Microelectrónica,
- Biotecnología,
- Nuevos materiales,
- Tecnología química,
- Mecánica de precisión.

### La Microelectrónica

Es considerada como la plataforma de toda la Revolución Tecnológica actual. Esta Tecnología ha sido normalmente relacionada con la presencia de aparatos, equipos, dispositivos y demás elementos denominados electrónicos. Como su nombre indica, microelectrónica es un término referido a los microcomponentes de los artefactos, en particular a los microconductores (diodos, transistores, circuitos integrados), los cuales han experimentado un acelerado proceso de evolución y miniaturización desde aquellas voluminosas y quemantes válvulas de las viejas radios de tubos (las más pequeñas ocupaban un volumen de 20 centímetros cúbicos), hasta los transistores (los primeros ocupaban un volumen de entre 1 y 4 centímetros cúbicos, mientras que los actuales están en el orden de un billonésimo de centímetro cúbico), y de ahí a los circuitos integrados.

### La Biotecnología

Es tal vez uno de los campos de la tecnociencia más polémicos y sensibles para la sociedad, debido a las implicaciones éticas y morales que lo acompañan. La manipulación de la vida y de los factores bioquímicos, la intervención en la estructura genética de los seres vivos, la conquista del genoma de una especie y su posibilidad de colonización con otra -lo cual permite crear seres transgénicos- es una realidad que en muchos produce pavor y en otros optimismo. El avance de la Biotecnología permitirá en poco tiempo tener un mapa completo del genoma humano, con lo cual se podrán predecir enfermedades y evitar su aparición, pero

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

también se abre camino a la eugenesia, una verdadera amenaza para la raza humana.

Ingeniería genética, anticuerpos monoclonales, mejoramiento de especies, micropropagación, fertilidad y procreación asistida, bioquímica y bioindustria, tratamiento biológico de residuos peligrosos, entre otros, son términos relacionados con la actividad biotecnológica. Sus consecuencias e impacto social son ineludibles. Temas provocadores que deben estar presentes en la escuela como fuente indiscutible de reflexión.

### **Nuevos materiales**

Es un término relacionado con un grupo de productos que están en la base de los nuevos desarrollos de la estructura industrial. Son el resultado de combinar o asociar materiales convencionales a través de nuevos procesos de producción, en procura de la optimización de las propiedades físico-químicas.

La obtención de aceros con grados de resistencia inimaginables, menor peso y más eficientes procesos de producción; aleaciones especiales superlivianas y superresistentes; materiales refractarios y cerámicos; fibras ópticas, polímeros, materiales reforzados y superconductores; todos ellos son ya una realidad en la industria del transporte automotriz, en la de carga pesada, en la aeroespacial, en las telecomunicaciones, en la medicina y en la construcción, sustituyendo a los de uso tradicional y creando perspectivas para nuevos usos y aplicaciones y, a su vez, nuevas combinaciones y materiales.

### **La Tecnología Química**

Supera la tradicional concepción de la química como un laboratorio, con sus respectivos tubos de ensayo y su quemador de gas. La Tecnología Química se ocupa de las reacciones químicas en condiciones industriales y a escala comercial. Sus presupuestos se basan en criterios de precio y economía de energía. También se ocupa del diseño y producción de equipos y dispositivos apropiados para los fines respectivos.

Reactores químicos, catalizadores, reactores de lecho fluido, procesos de membranas, lavado de gases, destilación de sustancias, extracción, fermentación, son expresiones propias de la tecnología química un poco extrañas y lejanas al común de la gente. Sin embargo, están detrás del combustible de los vehículos, de la pintura doméstica, del proceso de diálisis para tratar a los enfermos renales, de la producción de refrescos y gaseosas, de las chocolatinas, los jabones y demás productos de limpieza casera.

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

La química fina también forma parte de la tecnología química y se refiere a la creación de una gran variedad de productos de alto costo que requieren un elevado nivel de sofisticación tecnológica y que se obtienen en pequeñas fármacos.

### Mecánica de Precisión

Este término podría ser análogo al de la microelectrónica (guardadas las proporciones), en atención a que está relacionado también con el diseño y producción de componentes y piezas micrométricas que, en razón de su función, estructura y forma, requieren procesos de producción distintos a los de la mecánica convencional. El componente metrológico en la mecánica de precisión es modular. Superficies con grados de pulimento especulares, ensambles con exigencias de precisión extremadas y elementos que jamás podrían ser producidos en máquinas-herramienta con desprendimiento de viruta, son propios del tema de la mecánica de precisión. Metrología dimensional, graduación de superficies mecánicas y análisis experimental de tensiones, son campos propios de la actividad tecnológica en mecánica de precisión. También sus productos están muy cerca de nosotros: en las cabezas tipográficas de la máquina impresora, en los motores de paso, en las cabezas de grabación de las videograbadoras, etc.

Estos campos de expresión de la tecnología, a los cuales podríamos denominar como básicos, se hallan presentes en los cimientos de la producción tecnológica de nuestra era. Algunos de ellos están fuertemente interrelacionados e incluso su avance se ha producido en virtud del desarrollo de otros. La microelectrónica ha sido posible gracias al descubrimiento de los semiconductores; los adelantos en Biología no se habrían alcanzado sin el microscopio electrónico que, a su vez, se apoya en los avances en mecánica fina. La máquina más ubicua, famosa y necesaria de la actualidad (el computador) es producto de la combinación de nuevos materiales, microelectrónica y mecánica de precisión. Por otra parte, el computador insertado en los procesos automáticos asume el control de muchas tareas peligrosas y fatigantes para el hombre, con lo cual nos encontramos con el mundo de la robótica; en el pináculo está la conjugación de estas tecnologías con la biotecnología y obtenemos la biónica, que ya no es ciencia ficción. De aquí al cyborg sólo habrá que esperar un tiempo.

"La simbiosis hombre-máquina tendrá un aire muy diferente a aquel en el que el ser humano es considerado como un elemento del sistema mecánico, o la máquina como un componente del sistema humano. Todo modelo que da prioridad a la máquina lo llamo 'cyborg'; aquel que da prioridad al ser humano lo llamo 'prótesis'. El concepto de cyborg sigue el punto de vista del ingeniero;

el de prótesis, el punto de vista del médico. La noción de cyborg se refiere a un sistema coordinado hombre-máquina con el fin de encajar aquello que ni el uno ni el otro podrán realizar separadamente. El concepto de prótesis se refiere a los instrumentos, mediante los cuales una función determinada del organismo humano es, al menos parcialmente, restaurada. 'Cyborg' señala la inferioridad del hombre respecto a la máquina; 'prótesis' el servicio de la máquina para beneficio del hombre. Así, el primero podría ser llamado 'deshumanizante' de seres humanos, el segundo 'humanizante' de máquinas. En resumen, en el caso de una prótesis, la máquina compensa una deficiencia del organismo humano, mientras que en el caso del cyborg el organismo humano compensa un vacío en la máquina (E. Birne, en P. T. Durbin (ed.), "Humanization of Technology: Slogan or Ethical Imperative", Pág. 152 y Stes.). (Tomado de El Paradigma Bioético. Una Ética para la Tecnociencia. Gilbert Hottois, 1991).

### **MARCO REFERENCIAL PARA LA EDUCACIÓN EN TECNOLOGÍA**

El presente apartado contiene de alguna manera toda la esencia y significado de la Educación en Tecnología como aporte práctico al trabajo escolar sobre la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad. En atención a que en los acápitulos anteriores se hizo una mirada histórica y conceptual del término Tecnología, veamos ahora de manera somera algunas de las implicaciones de la Educación desde la óptica que nos ocupa.

#### **De la Educación**

Una de las funciones sociales más importantes de la Educación es la de dotar a las generaciones jóvenes del repertorio de capacidades que les permitan desempeñarse con propiedad en la sociedad productiva. Sin embargo, las profundas y vertiginosas transformaciones sociales hacen que esta función de la educación se haga extensiva a todos los individuos sin importar su edad. Una Educación para toda la vida con sus ventajas de flexibilidad, diversidad y accesibilidad en el espacio y en el tiempo, que vaya más allá de la distinción entre Educación Básica y Educación Permanente y proporcione a los individuos competencias de orden genérico adaptables a los cambios en los entornos tanto productivos como cotidianos, es una de las llaves del siglo XXI (UNESCO, 1996). El mundo ha llegado a niveles de complejidad inimaginables y, con ello, aparecen retos y desafíos jamás pensados. Para afrontar estos retos y desafíos, los individuos no sólo necesitarán una base considerable de conocimientos significativos, sino tal vez, lo más importante, una gran capacidad para aplicarlos convenientemente. Los cambios son tan rápidos que ya no es posible, como en otros tiempos, aprender lo suficiente en unos años de educación formal para estar preparado para la vida. Se requiere una educación a lo largo de toda la existencia; ésta "no es un ideal lejano, sino una realidad que tiende cada vez más a

materializarse en el ámbito complejo de la educación, caracterizado por un

79

conjunto de mutaciones que hacen esta opción cada vez más necesaria. Para organizar este proceso hay que dejar de considerar que las diversas formas de enseñanza y aprendizaje son independientes y, en cierta manera imbricadas, si no concurrentes y, en cambio, tratar de realzar el carácter complementario de los ámbitos y los períodos de la educación moderna" (UNESCO, 1996).

Uno de los problemas más serios que afrontan tanto los jóvenes como las generaciones mayores tiene que ver con la organización mental requerida para comprender la complejidad y profundidad del mundo actual. Si reflexionamos sobre el hecho de que la mayor parte del conocimiento humano ha sido logrado en este siglo y sobre todo en los últimos treinta años, debemos considerar que la educación, en su lento proceso de adaptación, ha entrado en franca obsolescencia. Con el fin de ilustrar lo expresado anteriormente e intentar comprender la dimensión del problema, resulta pertinente traer a colación un interesante ejercicio planteado por Carl Sagan, según el cual si comprimimos los quince mil millones de años de vida que se le asignan al universo al intervalo de uno solo de nuestro actual calendario, resultaría que cada mil millones de años de la historia de la tierra equivaldrían a unos veinticuatro días de este hipotético año cósmico, y un segundo del mismo año correspondería a 475 revoluciones efectivas de la Tierra alrededor del Sol. De acuerdo con esto, en los meses anteriores a diciembre de ese año hipotético podrían asignarse algunos hitos claves como los siguientes:

- El Big Bang (La Gran Explosión): 1º de enero
  - Origen de la Vía Láctea: 1º de mayo
  - Origen del Sistema Solar: 9 de septiembre
  - Formación de la Tierra: 14 de septiembre
  - Origen de la Vida en la Tierra: 25 de septiembre Aprox.
  - Formación de las Rocas más antiguas conocidas: 2 de octubre
  - Época de los Fósiles más antiguos conocidos: 9 de octubre
  - Diferenciación Sexual de los Microorganismos: 1º de noviembre Aprox.
  - Plantas Fotosintéticas Fósiles más antiguas: 12 de noviembre
  - Aparición de las Eucariotas (Primeras Células con Núcleo): 15 de noviembre
- El mes de diciembre quedaría como se ilustra a continuación y el 31 de diciembre se darían los siguientes hechos:
- Origen del Proconsul y del Ramapithecus (Probables Ascendientes del Simio y del Hombre): 13:30 Aprox.
  - Aparición del Primer Hombre: 22:30 Aprox.

80

- Uso Generalizado de los Útiles de Piedra: 23:00
- El Hombre de Pekín Aprende a Servirse del Fuego: 23:46
- Empieza el Último Período Glacial: 23:56
- Pueblos Navegantes colonizan Australia: 23:58
- Florece el Arte rupestre en toda Europa: 23:59
- Invención de la Agricultura: 23:59.20
- Cultura Neolítica. Primeros Poblados: 23:59.35
- Primeras Dinastías en Sumeria, Ebla y Egipto. Grandes Avances en Astronomía: 23:59.50
- Invención del Alfabeto. Imperio Arcadio. Babilonia y los Códigos de Hammurabi. Egipto: Imperio Medio: 23:59.52
- Metalurgia del Bronce. Cultura Micénica. Guerra de Troya. Cultura Olmeca. Invención de la Brújula: 23:59.53
- Reino de Israel. Los Fenicios Fundan Cartago: 23:59.54
- La India de Asoka. China: Dinastía Chin. La Atenas: de Pericles. Nacimiento de Buda 23:59.55
- Geometría Euclidiana. Física de Arquímedes. Astronomía Tolemaica. Imperio Romano. Nacimiento de Jesucristo: 23.59.56
- La Aritmética India introduce el Número Cero y los Decimales. Caída de Roma. Conquistas Musulmanas: 23:59.57
- Civilización Maya. China: Dinastía Sung. Imperio Bizantino. Invasión Mongólica. Las Cruzadas: 23:59.58
- La Europa del Renacimiento. Viajes de Descubrimiento de los Países Europeos y de la Dinastía China de los Ming. La Ciencia y el Método Empírico: 23:59.59
- Formidable Expansión de la Ciencia y de la Tecnología. Universalización de la Cultura. Adquisición de los Medios de Autodestrucción de la Especie Humana. Primeros Pasos en la Exploración Planetaria mediante Vehículos Espaciales y en la Búsqueda de Seres Inteligentes en el Espacio Extraterrestre: Tiempo Presente. Primer Segundo del Año Nuevo

La supervivencia en el marco de cambios tan severos va a exigir capacidades de adaptación, aprendizaje y aplicación de conocimientos muy certeras y posibilitadoras. El peso de la capacidad de toma de decisiones es gigantesco. Hoy en día nos vemos acorralados por argumentos y propuestas que buscan convencernos. Llegan a través de los medios de comunicación y apuntan a diversos propósitos: desde instarnos a comprar determinado producto hasta que

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

votemos por tal o cual candidato. El individuo está sometido al asedio de cientos

de voces que tratan de lograr su atención. Moverse con propiedad en estos contextos y resolver con responsabilidad y eficiencia las situaciones planteadas constituye un aspecto de especial importancia en la vida contemporánea. Se requieren capacidades para juzgar la credibilidad de determinadas afirmaciones, de evaluación de productos desde varios puntos de vista, de sopesar pruebas, de valorar la solidez lógica de distintas deducciones, de seleccionar con propiedad una adquisición, de discurrir argumentos; en suma, se requiere una gran capacidad de pensar críticamente. ¿Cómo se consigue esto?, ¿Qué papel juega la educación ante estos desafíos?, ¿Cómo accedemos a estos aprendizajes?

Botkin (1980) distingue entre dos tipos de aprendizaje que no son excluyentes: el de mantenimiento y el innovador. El de mantenimiento fue suficiente en el pasado para desempeñarse socialmente con éxito, pero ya no es suficiente. El innovador es necesario para la supervivencia a largo plazo.

El aprendizaje de mantenimiento, como su nombre indica, se centra en la adquisición de perspectivas, reglas fijas, métodos fijos, habilidades concretas, destinadas todas ellas a hacer frente a situaciones conocidas y constantes. Su fuerza radica en que acrecienta nuestra capacidad para resolver problemas ya existentes. El aprendizaje innovador insta al sujeto a someter a examen las suposiciones más arraigadas, a buscar nuevas perspectivas. Es un instrumento poderoso ante situaciones de incertidumbre como las que vive la humanidad; no rehuye los problemas, éstos son oportunidades para reforzar el aprendizaje innovador; es un aprendizaje para el cambio y la turbulencia.

El aprendizaje de mantenimiento es y seguirá siendo necesario, pero es completamente insuficiente para afrontar los retos del mundo convulsionado por la injusticia, la inequidad y la falta de respeto por el medio ambiente y la vida. Hoy más que nunca el conocimiento no tiene significado si no está dentro de un contexto. He aquí el papel de la educación en general y el sentido particular de hablar de la educación tecnológica como un aporte más en la búsqueda de estos propósitos.

### **Acerca de la Educación en Tecnología**

El término Educación en Tecnología es relativamente nuevo y las concepciones respecto al mismo son confusas y diversas. Su punto de partida hay que buscarlo en la Educación Técnica y en La Educación Científica, más tradicionales y añejas

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

en los sistemas educativos. Sin embargo, aquí conviene hacer una llamada de atención en cuanto a que la Educación en Tecnología no es una mutación de la una o la otra, no es la suma de la una con la otra, ni es una simple sustitución de palabras.

La educación de carácter técnico tiene una existencia centenaria en varias sociedades, con unos objetivos bien definidos: proporcionar capacitación y habilidad para las artes y los oficios, con un enfoque vocacional y una mirada local.

Los jóvenes deben prepararse para el desempeño de un oficio productivo dentro de su entorno local, regional o nacional, siempre con la característica ocupacional y de dominio de los artefactos y procesos de producción en sus diversas modalidades. Estas modalidades van desde el ámbito informal de tradición familiar (los padres enseñan a sus hijos el oficio, las madres a sus hijas), hasta las instituciones de formación profesional altamente organizadas y a las escuelas técnicas con sus especialidades y talleres.

No importa el grado de sofisticación organizacional o de infraestructura; la Educación Técnica se apoya en el esquema de un docente instructor dotado de un conocimiento y de unas habilidades desarrolladas a lo largo del tiempo, que deben ser transferidas a los aprendices de manera directa y claramente prescrita. En términos generales, la premisa fundamental de la educación técnica es la preparación de la gente para una actividad específica del mundo laboral, con el fin de que pueda ganarse la vida.

La Educación Científica, por su parte -otro ingrediente clave para la Educación en Tecnología-, también tiene una larga tradición, pero muy diferente a la de la Educación Técnica. A diferencia de ésta, su propósito radica en que las gentes desarrollen una comprensión de los fenómenos de la naturaleza. Su tendencia se dirige a adquirir conceptos sobre los principios y sobre los hechos de la ciencia, y no sobre los caminos y métodos por los cuales se llegó a su descubrimiento. Mientras la Educación Técnica se ha preocupado del uso eficiente de los aparatos, del manejo de equipos y de la pericia en procedimientos, la educación científica ha concentrado su atención en los postulados teóricos y en su base empírica, es decir, en lo que es y no tanto en el para qué.

Desde el punto de vista social, La Educación Científica ha tenido un claro matiz elitista en la mayoría de los casos. Ha formado parte de la Educación Académica Clásica de las clases altas. Por su parte, la Educación Técnica ha estado reservada a la clase trabajadora, con un matiz de redención de la pobreza y del desempleo. El avance vertiginoso de la Ciencia y la Tecnología y su consecuente impacto social, han cambiado las reglas del juego en cuanto al Conocimiento Científico y

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

Tecnológico y a las formas de transmisión, construcción o desarrollo de las mismas.

### **Problemática de la Educación en Tecnología**

El aprendizaje de la Tecnología en la escuela ha sido, por lo general, algo marginal, aislado y de baja categoría; son varios los factores que han contribuido a esta marginalidad: en primer lugar, la imagen social, que tradicionalmente la ha relacionado con la preparación en oficios u ocupaciones específicos, de carácter vocacional y con intenciones laborales en alguna rama de la producción; en segundo lugar, la concepción de la tecnología como aplicación de la ciencia, lo cual, a pesar de la gran cantidad de evidencia empírica que refuta lo anterior, incide con fuerza en la estructura del currículo escolar, desde la educación básica hasta la universidad (los estudios de ingeniería, por ejemplo, parten de estudiar primero los principios científicos y luego las aplicaciones en campos específicos); en tercer lugar, la visión cultural occidental, que infravalora la actividad práctica y, pese a que la Educación en Tecnología implica una relación Teórico-Práctica, la reflexión sobre su importancia no ha tenido aún cabida en la escuela; en cuarto lugar, la presencia de la informática y de los computadores en todos los ámbitos, tanto cotidianos como especializados, ha originado una gran tendencia a considerar la Educación en Tecnología como sinónimo de alfabetización en computadores o de aprendizaje de principios informáticos.

No obstante lo anterior, la introducción de la Tecnología en la escuela como ingrediente formativo de tipo general está tomando fuerza en el mundo. Para un buen número de investigadores y docentes de distintas disciplinas, la Educación en Tecnología tiene mucho que aportar y se ve como un campo prometedor, aunque con grandes interrogantes que producen una vasta problemática referida a la naturaleza de esta asignatura o componente, a las temáticas de trabajo, a los ritmos y niveles de acción en la escuela, a los ejes curriculares, etc.

Para algunos críticos, la Tecnología en la Educación Básica y media es de carácter espurio e ilegítimo. Una asignatura más en el ya sobrecargado programa escolar; basan sus argumentos (desde la concepción de la tecnología como hija de la ciencia) en que la Tecnología es un campo que puede ser tratado desde cada una de las asignaturas tradicionales de la escuela, y en que todo buen docente de matemática, ciencias sociales o ciencias naturales, debe ser capaz de asumir e involucrar espacios relacionados con la aplicación tecnológica de los conocimientos impartidos en su asignatura.

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

Estas apreciaciones no permiten modificar prácticas convencionales de la escuela e impiden el avance de propuestas innovadoras. Pese a que la enseñanza tradicional de las ciencias deja mucho que desear como aporte significativo para la vida de los estudiantes, la costumbre, la inercia de lo conocido y seguro y el temor a experimentar y construir nuevas alternativas de trabajo escolar más acordes con la

realidad del entorno concreto, permanecen y cierran los espacios a la Educación en Tecnología, particularmente en los países con más bajos niveles educativos.

### Enfoques para la Educación en Tecnología

Es evidente que el contexto socioeconómico-cultural, regional o local, determina las concepciones, enfoques o tendencias asumidos para la puesta en funcionamiento de la Educación en Tecnología. En este sentido, la UNESCO publicó un estudio sobre los modelos más relevantes asumidos por los sistemas educativos de un buen número de países. El volumen quinto, relativo a las innovaciones en Ciencia y Tecnología, presenta los siguientes modelos:

**Modelo con Énfasis en las Artes Manuales:** el eje central de este enfoque, en términos de ambiente, es el taller. Este es un modelo en el cual los medios físicos de trabajo escolar simulan los ambientes industriales. Las máquinas y equipos son similares a los que usa la empresa y, por tanto, se utilizan como si de puestos de trabajo se tratara. Las actividades están prescritas por el profesor, que normalmente es un experto en el oficio respectivo y puede haber sido formado en un establecimiento de la misma naturaleza. En términos de género, la formación en este enfoque se orienta primordialmente a los varones. La intención última del modelo es la formación de trabajadores para la industria. Se utilizan diagramas y planos de tallados de la pieza a construir, incluyendo materiales y tratamientos. La mayor parte del tiempo se emplea en producir piezas de metal o madera.

**Modelo Con Énfasis en la Producción Industrial, Agropecuaria o Comercial:** constituye una extensión del anterior. Aquí las habilidades prácticas a desarrollar se eligen en relación con la producción en alguno de los sectores indicados (industria, comercio o agropecuario). Todas las actividades de los alumnos están prescritas. Los alumnos no sólo producen piezas sino también aprenden cómo se producen en la industria, o efectúan prácticas de cultivos o simulaciones de la actividad comercial; muchos docentes provienen de estos sectores. En términos de género, la participación de los jóvenes de uno y otro sexo en las distintas modalidades está sesgada por estereotipos culturales inequitativos. Su enfoque deriva de la visión social de que el hacer productivo es un asunto vital. Incorporan la Tecnología como una materia Teórica propia de las especialidades y refuerzan una concepción de la Tecnología Orientada a Productos.

**Modelo de Alta Tecnología:** aunque difiere del anterior por otorgar un alto status a la tecnología, el concepto es análogo a los enfoques precedentes, dado que se enfatiza en el uso y manipulación de equipos modernos. Los computadores tienen

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

un papel esencial, y las clases están equipadas con máquinas sofisticadas, demandando altas inversiones. Los docentes se capacitan en el uso y mantenimiento de los equipos, pero no profundizan en su aprovechamiento pedagógico. Este enfoque es estimulado por la concepción de que la posesión de

equipos modernos es sinónimo de apropiación tecnológica. Se evidencia más equidad de género en la selección de los cursos.

**Modelo de Ciencia Aplicada:** este modelo ha sido desarrollado por educadores de ciencias con el propósito de hacer su materia más interesante a los alumnos. Según él, el camino desde el conocimiento científico hasta el producto tecnológico es directo. Los alumnos son motivados a investigar fenómenos científicos a partir de la observación de un producto y se hacen preguntas sobre su funcionamiento. Despues de haber estudiado los principios científicos y las leyes, aprenden cómo éstos han sido aplicados al producto. Este modelo se desarrolla en los laboratorios tradicionales para la enseñanza de las ciencias y es orientado por profesores de las mismas. Se presenta en lugares donde el trabajo práctico es percibido como menos importante que los elementos cognoscitivos de la educación. En general interesa más a los varones. El diseño y la creatividad no son preocupaciones relevantes en este enfoque. La tecnología se presenta como una actividad cognoscitiva que depende fuertemente de las ciencias.

**Modelo de Conceptos Tecnológicos Generales:** ha sido desarrollado en relación estrecha con las disciplinas académicas de la ingeniería. Como el anterior, enfatiza lo cognoscitivo y ayuda a los alumnos a comprender los conceptos tecnológicos y las leyes básicas para el desarrollo de productos. El concepto más utilizado en la práctica es el de sistemas. En casos extremos los alumnos aprenden a analizar flujos de materia, energía e información en artefactos tecnológicos. Las clase están equipadas con modelos operantes de objetos tecnológicos. Los conjuntos de construcción (kits) se utilizan para mostrar los principios de una manera directa. Los docentes generalmente son ingenieros. En este enfoque existe un alto status de disciplinas tecnológicas. Es un espacio que también tiende a ser dominado por varones. La tecnología aparece como una actividad cognoscitivo-analítica.

**Modelo con Énfasis en Diseño:** incorpora la metodología proyectista en los procesos. Los alumnos reciben problemas de diseño que deben resolver de manera relativamente independiente y que deben materializar como elemento clave de la evaluación. A veces agrega la posición de futuros usuarios así como el mercado del producto y la preparación del manual del cliente. Las aulas son lugares que estimulan la investigación, la construcción de modelos y la simulación. Se encuentran también máquinas y herramientas sencillas, mesas de dibujo y conjuntos constructivos. A menudo añaden en los lugares de trabajo bibliotecas especializadas y colecciones de videos. Los docentes están capacitados no sólo en

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

artes manuales sino también en plásticas y en diseño. Este enfoque es apropiado para ambientes en donde la educación es percibida como un proceso para desarrollar en los alumnos independencia y habilidades para resolver problemas. En este modelo hay intereses iguales para niños y niñas y se considera la creatividad como rango esencial de la tecnología.

**Modelo de Competencias Clave:** difiere del anterior por su mayor énfasis en el uso de conceptos teóricos en las tareas. Como en aquél, los alumnos aprenden a resolver problemas. Estos pueden ser de diseño o aún más analíticos; por ejemplo, referidos al mal funcionamiento de un producto. El desarrollo de habilidades generales relacionadas con la creatividad, la cooperación, el análisis y la evaluación, es percibido como el propósito principal; el aula es similar al enfoque anterior, y a menudo los docentes tienen experiencia industrial. Este enfoque deriva de ver la necesidad de una fuerza de trabajo creativa para el sector productivo. Interesa por igual a estudiantes de ambos sexos. Transmite el concepto de la tecnología que privilegia la innovación como rasgo principal.

**Modelo de Ciencia, Tecnología Y Sociedad:** es una extensión del enfoque de ciencia aplicada, prestando más atención a los aspectos humanos y sociales de la tecnología. Los alumnos y las alumnas no sólo aprenden que la ciencia influye sobre la tecnología, sino también la tecnología sobre la sociedad. Este enfoque se encuentra en lugares donde la gente toma conciencia de los efectos adversos de la tecnología. Crea un concepto amplio de ella, incluyendo sus aspectos humanos y sociales así como los científicos. El modelo es débil en los procesos y el diseño no juega un papel muy importante.

El aspecto general de estos enfoques permite evidenciar tres Tendencias claramente delimitadas en relación con el trabajo escolar de la Tecnología, desde las cuales se pueden agrupar por atributos semejantes los distintos modelos planteados.

En la Primera Tendencia se clasificarían el Modelo con Énfasis en las Artes Manuales, El Modelo de Producción Industrial, Agropecuaria o Comercial y El Modelo de Alta Tecnología. Estos se basan en la concepción de la Educación en Tecnología como una actividad limitada al desarrollo de habilidades y destrezas de tipo operativo, donde la manipulación de equipos y procesos es medular y el fin último formar trabajadores para el sector productivo. Su fortaleza radica en la necesidad inmediata de dotar a los jóvenes de un conocimiento práctico en relación con un oficio específico destinado a la posterior consecución de empleo. Su debilidad radica en que las vertiginosas transformaciones en los sectores productivos han cuestionado la pertinencia de este tipo de formación, dada su rápida desactualización en relación con las realidades empresariales. Por otra parte, la discriminación de género y los marcados estereotipos en la formación lo hacen débil en cuanto a la participación equitativa de la mujer en las distintas

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

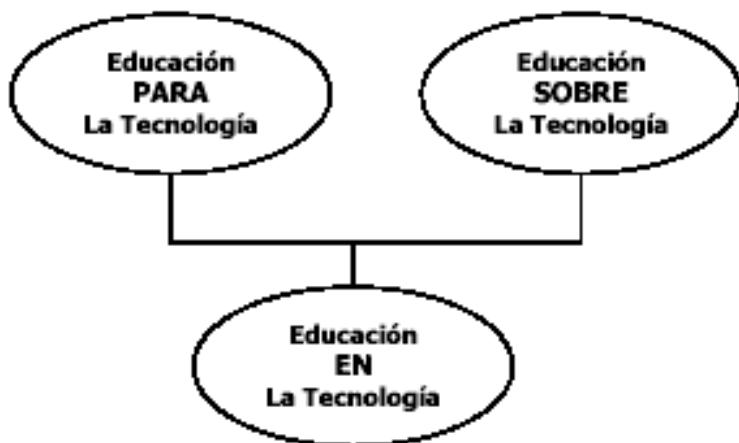
---

especialidades, que de antemano están marcadas culturalmente. Así mismo, no es evidente la reflexión sobre las implicaciones éticas de la actividad tecnológica en el contexto social. La Segunda Tendencia abarcaría el modelo de conceptos tecnológicos generales y el modelo de ciencia aplicada. Tiene como punto de partida una concepción de la Tecnología como Servidora de la Ciencia y supeditada

a ella, sobre la base de que la adquisición de principios científicos y la mirada analítica de los mismos son suficientes para comprender las implicaciones de la Tecnología. Estos modelos presentan un sesgo teórico. Su fortaleza radica en el valor pedagógico de la actividad analítica sobre los productos, lo que permite contextualizar los conocimientos científicos. La debilidad consiste en la insuficiencia de estas actividades para la Educación en Tecnología, porque dejan de lado los procesos de solución de problemas tecnológicos y la acción práctica sobre la realidad. La Tercera tal vez sea la más completa, siempre y cuando esté bien combinada y aglutine El Modelo de Diseño, el de Competencias Claves y el Modelo CTS. Su fortaleza radica en la concepción de la Tecnología como actividad Teórico-Práctica, apoyada en procesos de Reflexión-Acción; reconoce el papel de la actividad práctica y técnica, la creatividad, los principios científicos y la dimensión social de la ciencia y la tecnología. Su debilidad se halla en la tendencia a convertir el diseño o la actividad CTS en asignaturas concretas sin nexo aparente.

En particular, el enfoque CTS puede convertirse en una materia rica en reflexión sobre las implicaciones sociales de la tecnología y la ciencia pero de corte teórico, sin asidero concreto y carente de un mecanismo articulador con los procesos tecnológicos, que estimule la creatividad, la solución de problemas concretos y la cultura técnica.

En este orden de ideas, Gilbert (1993) señala en relación con la Educación en Tecnología que ésta recoge y sintetiza no sólo las tendencias que se ocupan de los aspectos técnicos (a los que ha llamado Educación **para** la Tecnología), sino también las tendencias que se ocupan únicamente de los aspectos culturales (a los que denomina Educación **sobre** la Tecnología). Se entiende que la Educación **en** Tecnología supera la mera unión de estas partes constituyentes y agrega valor y posibilidades al proceso en la escuela. El siguiente gráfico ilustra lo planteado.



88

### Posibilidades de la Educación en Tecnología

Desde diversos sectores educativos se oyen voces sobre la necesidad de proporcionar a los estudiantes, más que Información y Conocimientos, competencias para afrontar la vida. Dentro de las más importantes y genéricas se encuentran las relacionadas con el manejo de información, el trabajo en equipo, la capacidad comunicativa, la solución de problemas y la toma de decisiones. Además, se espera que la educación forme a los estudiantes con una Visión Científica y Tecnológica del mundo, que sea relevante e íntimamente ligada a su vida personal.

Desde la concepción de la Educación en Tecnología, y sin pretender que esta sea la panacea o una súper asignatura salvadora de todas las deficiencias del sistema educativo, los espacios son propicios para acercarse a las competencias, la interdisciplinariedad, la motivación de los estudiantes, la pertinencia de las temáticas, la renovabilidad y la flexibilidad.

En cuanto a lo que tiene que ver con las competencias, la Educación en Tecnología aporta:

- La identificación, acceso y manejo creativo de fuentes de información, las cuales pueden variar desde personas, bibliotecas convencionales, revistas y periódicos, hasta correo electrónico, redes telemáticas y búsqueda de bases de datos computarizados. La importancia de la fuente de información sobre la cantidad de información se justifica por la mencionada «explosión de la información» y por el acelerado desarrollo de las disciplinas. Se estima, según UNESCO, que la mayoría de disciplinas de orden técnico entra en obsolescencia a los cinco años, lo cual reta a la educación a poner el énfasis en los conocimientos con menor tasa de obsolescencia, esto es, en los que son la base de la ciencia y la tecnología.
- La capacidad para identificar, formular, desarrollar y presentar propuestas de

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

solución a problemas débilmente estructurados, dado que en la vida cotidiana la mayoría de problemas es de ese orden, es decir, en contraste con los problemas típicos de texto, los problemas débilmente estructurados parten de necesidades concretas, no están claramente enunciados y no poseen solución única.

- Identificar y formular problemas implica, por parte de los individuos, la compleja tarea de construir modelos mentales de la realidad. Esto es, definir los entornos problemáticos de una situación específica en la cual se percibe una necesidad concreta, y construir un modelo mental, un «espacio de trabajo» del problema como punto de partida para la estructuración de una solución factible para el mismo.
- El desarrollo de una cultura técnica básica relacionada con la naturaleza práctica del conocimiento tecnológico, que exige al estudiante la familiarización con procedimientos, elementos, dispositivos y equipos sencillos, no en el sentido de entrenamiento operativo sino con la mirada reflexiva sobre la importancia de los instrumentos tecnológicos, potenciadores de la capacidad humana para transformar los ambientes.
- La creación de esquemas de autoformación de los estudiantes, cuya plataforma es la flexibilidad de la actividad tecnológica escolar en términos de baja prescripción y alta autonomía, donde el ritmo y el control son una responsabilidad compartida entre el maestro y el alumno. En efecto, es el alumno quien de acuerdo con sus posibilidades asume una tarea en un contexto determinado, «negociado» con el docente y evaluado permanentemente de manera conjunta.
- Desde el punto de vista de la interdisciplinariedad (condición natural de la tecnología), la Educación en Tecnología posee un enorme potencial, ya que los contenidos, conceptos y procedimientos a los cuales se enfrenta el estudiante se ubican en proyectos globales compartidos con varias disciplinas. Alumnos y alumnas, con la Educación en Tecnología, abordan situaciones problemáticas que trascienden los límites de una disciplina concreta para detectar, analizar y solucionar problemas nuevos con los que jamás se había encontrado. La razón de esta posibilidad es que los temas y problemas propios de la actividad tecnológica escolar están relacionados con la vida y con su entorno, situación que exige una aproximación global que articule distintos conocimientos, informaciones y formas de operar en el ambiente tecnológico.

Es evidente entonces que en la Educación en Tecnología la participación del estudiante en la toma de decisiones sobre temáticas, ritmos, tareas y evaluación proporciona un ingrediente de alto valor en el aprendizaje significativo: la

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

motivación intrínseca del sujeto. Esta motivación se produce cuando una actividad es reconocida como intrínsecamente valiosa y ventajosa en sí misma por el alumno, al tener la sensación de control sobre su tarea debido a que en el punto de partida de la misma él tuvo participación directa, y la competencia y reto requeridos no son impuestos externamente. Esto alumbra una relación agradable con el ambiente y, por ende, proporciona mejores resultados en el desarrollo de otras potencialidades propias de la actividad tecnológica escolar.

De lo anterior se colige que pertinencia, renovabilidad y flexibilidad son categorías claves para la educación en general, pero en el caso concreto de la Educación en Tecnología son inherentes a ella. De hecho, los temas, proyectos y actividades escolares relacionados con la actividad tecnológica están íntimamente relacionados con el contexto local o regional, y tienen que ver con necesidades de la comunidad y no con requerimientos exclusivos de un programa académico. Su pertinencia

estará supeditada a los intereses concertados de todos los agentes del conglomerado social de influencia institucional (docentes, estudiantes, padres, empleadores, etc.). Sin embargo, la Educación en Tecnología se apoya en conceptos y competencias de orden genérico válidos en distintos contextos y aplicables a lo largo de toda la vida de los estudiantes. De hecho, las circunstancias de la vida cotidiana y del desarrollo científico y tecnológico son, por regla general, cambiantes. Esto hace que, a diferencia de otras disciplinas escolares, la Educación en Tecnología tenga que renovar sistemáticamente contenidos y metodologías y pueda hacerlo con relativa facilidad, condición para mantener su pertinencia y novedad, con lo cual le imprime un alto grado de flexibilidad curricular.

### **EL AMBIENTE ESCOLAR, FACTOR CLAVE EN LA EDUCACIÓN EN TECNOLOGÍA**

Al hablar de ambiente se hace referencia a un todo globalizado, donde espacios, objetos, conocimientos y seres humanos establecen relaciones con un propósito, produciendo entonces un tejido de interacciones asociado a la solución de necesidades que requieren cada día, con mayor fuerza, la creación de estructuras artificiales para ser alcanzadas por el hombre. De esta forma, la acción humana, cualquiera que sea el campo de desarrollo, está enmarcada por diversos tipos de interacción con el entorno, que se traducen en organizaciones que, en última instancia, constituyen el ambiente.

La escuela como organización crea un ambiente donde los propósitos fundamentales resultan de la intencionalidad social de la educación. Concebir la educación como un proceso de formación permanente, personal, cultural y social, impone a la institución escolar un reto que desborda las maneras convencionales de relacionarse con el conocimiento.

El ambiente escolar puede concebirse como una estructura cuyos elementos constitutivos son de dos tipos: Físicos (Concretos) y Lógicos (Abstractos). Los Elementos Concretos del ambiente escolar abarcan los espacios, los equipos, los materiales y todo un sistema organizacional de horarios, cargas académicas, disciplina y demás. Los Elementos Lógicos están constituidos por los saberes o conocimientos que se van a adquirir en el proceso educativo. Estos elementos no tienen sentido sin el factor medular de la estructura ambiental escolar, la gente, la comunidad educativa y las relaciones que establece con los medios físicos y con los medios lógicos, relación que es definitiva y que, en última instancia, define un modelo pedagógico específico.

En los ambientes escolares tradicionales, la participación de la comunidad está limitada y reducida a la relación profesor-alumno, con una caracterización vertical donde el sentido de comunidad educativa se pierde como elemento vital del ambiente. La relación del estudiante con todos los agentes de la comunidad educativa, los saberes y conocimientos, los medios físicos, no es favorable para la interacción social, lo que da lugar a un tipo de institución con fronteras.

### **El Ambiente para el Aprendizaje de la Tecnología**

Con base en los anteriores presupuestos, el ambiente para el aprendizaje de la Tecnología deberá proporcionar a los niños y niñas las oportunidades para relacionarse con el Conocimiento Tecnológico, las cuales apuntan a la reflexión sobre las circunstancias propias de la tecnología, las metodologías apropiadas y los saberes y conocimientos pertinentes.

El ambiente para el aprendizaje de la tecnología tiene tres características claves: es manifiesto, estructurado y definido. Manifiesto, en cuanto que el conjunto de agentes responsables y usuarios del servicio educativo, que involucra a docentes, padres de familia, alumnos, directivos docentes, personal administrativo y demás personas relacionadas con la institución educativa, conocen y reconocen el valor y la importancia del ambiente tecnológico escolar como espacio de reflexión y trabajo sobre la tecnología; estructurado, en la medida que debe ser organizable, explicable y funcional, de acuerdo con las necesidades y realidades de la institución y la comunidad educativa; definido, en atención a que cuenta con límites, linderos y criterios para el trabajo escolar, en los cuales los distintos actores se relacionan e interactúan con unos propósitos claros y realizables. Ahora bien, "los diferentes niveles de desarrollo de los estudiantes ponen de

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

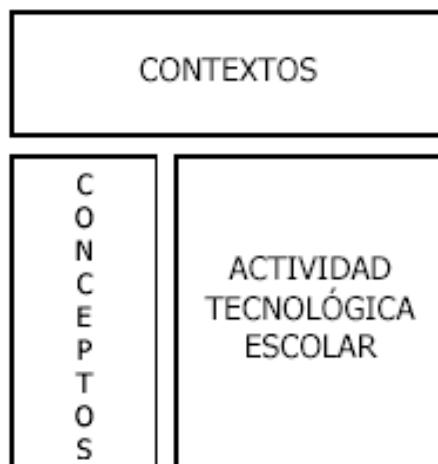
manifiesto una capacidad para la adquisición de conceptos y por supuesto para la categorización de los mismos. En el ambiente para el aprendizaje de la

Tecnología, es necesario que los Conceptos Tecnológicos se piensen de manera relacionada con los Contextos de manifestación de la Tecnología" (Rodríguez, G. y Leuro, A., 1996).

Los Contextos Tecnológicos son campos sociales de manifestaciones tecnológicas objetivables y relacionales, ligados por una necesidad o requerimiento reconocido por los miembros de la sociedad, que evolucionan histórica y culturalmente (Rodríguez, G., 1998). Los Conceptos Tecnológicos son representaciones mentales de la realidad construidos a partir de la acción-reflexión sobre el entorno tecnológico.

Algunos de los contextos más significativos de expresión de la Tecnología son: hábitat, transporte, industria, comunicaciones, servicios, comercio y agro. En el ámbito de los conceptos propios de la tecnología estarían: estructura, control, seguridad, fuente de energía, sistema, diseño, operador tecnológico, función tecnológica, etc.

La conjugación de Contextos y Conceptos Tecnológicos en una matriz de trabajo define un escenario de la Actividad Tecnológica Escolar, base de la configuración del ambiente para el Aprendizaje de la Tecnología (ver gráfico).



### Diseño y Educación en Tecnología

La relación entre la Educación en Tecnología y el Diseño es directa. Goel y Pirolli (1992) le han atribuido al diseño una propiedad de alto valor cognoscitivo, pero, además de esto, es una actividad relacionada con la práctica, dado que tiene que ver fundamentalmente con la actividad humana en la transformación de su entorno.

Al abordar la temática del Diseño, es común encontrar concepciones que lo reducen al dibujo, bosquejo o gráfico de un objeto a producir en actividades específicas como la moda, la industria o el arte, que son extremadamente limitadas.

El Diseño es una actividad cognoscitiva y práctica de carácter proyectivo, orientada a la solución de un problema concreto y débilmente estructurado, que debe ser resuelto en unas condiciones definidas y con recursos concretos. Tiene como finalidad particular crear un producto material para un requerimiento humano definido y un objeto de estudio que le es propio, la interrelación Hombre-Producto- Entorno.

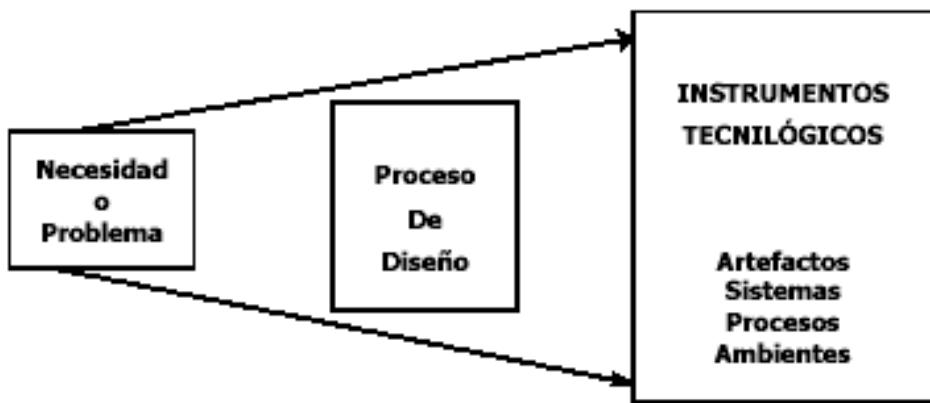
Al abordar la temática del Diseño resulta pertinente tener en cuenta tres puntos de vista sobre su concepción:

- El Diseño como campo de estudio de carácter interdisciplinario, ya que pese a la existencia de confrontación con concepciones de tipo disciplinar, pluridisciplinario y transdisciplinario, no es común asumir el diseño como una disciplina en razón a la naturaleza compleja y diversa de los problemas sobre los que trabaja, referidos a la modelación y comprensión del entorno artificial; por esta razón, el diseño requiere el apoyo de distintas disciplinas para resolver dichos problemas.
- El Diseño como resultado del proceso, como el objeto diseñado que cumple un propósito definido y es llevado a la realidad para realizar una función determinada. Un diseño es un instrumento que sirve para algo.
- El Diseño como acción del sujeto o sujetos diseñantes, como proceso de construcción de conocimiento, generación de ideas e impulsor de la creatividad humana.

La Actividad de Diseño involucra el acto creativo, la prefiguración de los objetos, la previsión de la realidad posible, factores que a su vez no tienen sentido sin una génesis vital, las necesidades y requerimientos individuales y sociales, motor que ha movido desde sus orígenes la acción creativa de la humanidad. Cuando esas necesidades tienen solución a través de la construcción de un artefacto, la configuración de un sistema, la concepción de un proceso o la conformación de un ambiente determinado, pueden asumirse como diseños.

### El Acto de Diseño

Es pertinente especificar que la expresión diseño abarca más allá del producto, el objeto o el resultado del proceso. Cuando se habla de diseño, se involucra el acto mismo de diseñar (proceso total), los procedimientos requeridos para encontrar la solución o soluciones y lo diseñado (ver gráfico).



Diseñar es Construir Conocimiento, es el conjunto de hechos, principios, conceptos, normas, valores, habilidades, destrezas, informaciones y competencias presentes en el entorno, en los objetos y, por supuesto, en las personas. Diseñar es una acción humana productora. Es seguir un camino sinuoso, siempre distinto, sin reglas predeterminadas, donde la creatividad, la intuición, el error y lo desconocido son importantes.

Tradicionalmente, en los sistemas educativos se ha impuesto una forma de conocer pasiva, prescrita, reproductiva, segura y mediada por la adquisición de información. Según Perkins, "en el contexto del aprendizaje y de la enseñanza el

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

conocimiento como diseño tiene mucho que ofrecer. El conocimiento como información proporciona un punto de vista pasivo del conocimiento, uno que subraya el conocimiento almacenado en vez del conocimiento como factor de acción. El conocimiento como diseño puede ser nuestra mejor opción como primer postulado para construir una teoría del conocimiento para la enseñanza y el aprendizaje”.

En este sentido, la acumulación y transmisión del conocimiento son características humanas, pero tal conocimiento no tiene ningún valor cuando no posee una forma y estructura que le permita servir para algo. Si el conocimiento no posee un propósito será un cascarón vacío y sin sentido. El diseño referido al esfuerzo humano por dar forma a los objetos de acuerdo con propósitos representa una herramienta muy poderosa para la Educación en Tecnología, dado su propósito de acercar a los individuos a la comprensión, el entendimiento y la construcción de conocimiento tecnológico.

### Los Valores y la Educación en Tecnología

El papel de los valores y del acto valorativo en la Educación en Tecnología es indiscutible. Los juicios de valor acerca de las necesidades y requerimientos

humanos, de lo que es posible y útil en las soluciones y su impacto en el ambiente, son aspectos relevantes en la actividad tecnológica escolar.

Los valores implícitos en los artefactos, sistemas, procesos y ambientes tecnológicos no son fácilmente visibles pero están ahí, y es necesario que desde la acción educativa en tecnología en la escuela se proporcionen elementos a los estudiantes para detectarlos. En sentido práctico, los productos tecnológicos pueden ser evaluados desde su forma, estructura, función e impacto.

Como estrategia para “detectar” núcleos valorativos en Tecnología, Leyton (1994) sugiere tomar en cuenta cuatro campos claves:

Adopción de Tecnología: su fin es analizar la pertinencia o no de la adopción de una tecnología, lo cual no debe depender exclusivamente de factores técnicos internos. El carácter adecuado y apropiado del producto en un determinado contexto social debe ser también un elemento prioritario en la toma de decisiones.

La Obsolescencia o “Senilidad” de la Tecnología: tiene como propósito revisar los impactos de la tecnología cuando esta se convierte en disfuncional dentro de un contexto cultural, es decir, cuando “los valores implícitos en la tecnología ya no son congruentes con los valores contextuales dominantes”.

La Transferencia de Tecnología: implica un marco de reflexión sobre la problemática del trasplante de soluciones tecnológicas, válidas en un contexto pero

## Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación

---

no en otro.

La Equidad de Género en Tecnología: es una cuarta perspectiva que ayuda a hacer visibles los valores de género implícitos, por ejemplo, en los estereotipos de las actividades tecnológicas para niños y niñas (la madera y el metal se asocian con los niños; los alimentos y los textiles con las niñas).

De hecho, en Educación en Tecnología se hace presente una buena cantidad de opciones para emitir juicios de valor en distintos ámbitos y contextos de expresión tecnológicos. Entre los más importantes valores susceptibles de ser abordados en

Educación en Tecnología están los:

- Técnicos,
- Económicos,
- Estéticos,
- Sociales,
- Ambientales,
- Éticos y morales.

Las actividades de identificación, análisis, proyección y producción de Instrumentos Tecnológicos requieren constantemente poner en juego el potencial valorativo de todos los agentes que intervienen en el ambiente tecnológico escolar. Seleccionar y usar los materiales adecuados, identificar la función tecnológica de los operadores, mejorar el funcionamiento de los artefactos, usar cuidadosamente equipos, materiales y herramientas, determinar niveles de acabado en los trabajos tanto en lo estético como en lo formal, fomentar la equidad de género, reconocer las ventajas y desventajas técnicas de los artefactos, preservar el aspecto ecológico en la producción de los instrumentos, trabajar en equipo y respetar el criterio de solución planteado por los otros a los problemas tecnológicos, son algunas de las actividades con un contenido profundamente valorativo que se ponen en acción dentro del trabajo concreto en tecnología en la escuela.

Sin embargo, además de las anteriores, existen otras importantes competencias valorativas susceptibles de fomento en Educación en Tecnología, que tienen que ver, por una parte, con el reconocimiento de la variedad de formas que resultan de la diferencia de valores, creencias y necesidades de las personas y, por otra, con el reconocimiento de los efectos del medio social, moral y ambiental en la actividad tecnológica. Reconocer conflictos potenciales entre las necesidades del individuo y las necesidades de la comunidad y saber negociar cuando se presentan puntos de vista encontrados, son elementos medulares y de gran contenido valorativo en el trabajo con tecnología: "Algunos 'defensores' de la Tecnología afirman que ésta es neutral, que puede tener efectos socialmente deseables o bien perjudiciales,

según sea el empleo que le dé el hombre. Negar esto y decir que la Tecnología no es estrictamente neutral, que posee unas tendencias inherentes o impone sus propios valores, equivale meramente a reconocer el hecho de que, como parte de nuestra cultura, tiene influencia en nuestra manera de comportarnos y de crecer.

Así como los hombres han tenido siempre alguna forma de tecnología, también esa tecnología ha influido en la naturaleza y la dirección del desarrollo del hombre. El proceso no puede ser detenido ni se puede poner fin a la relación; sólo puede ser comprendido y -así lo esperamos- si está dirigido hacia unos objetivos dignos de la humanidad" (Kranzberg, M. y Pursell, Carroll, La importancia de la Tecnología en las cuestiones humanas).

### Bibliografía Sugerida

ANDRADE, LONDOÑO: El papel de la Educación en Tecnología en el Desarrollo Nacional de los Países del Tercer Mundo. CIUP, Universidad Pedagógica Nacional. Santa Fe de Bogotá, 1994.

BASALLA, George: La Evolución de la Tecnología. Editorial Crítica. Barcelona, 1991.

BRONOWSKI, Jacobo: El Ascenso del Hombre. Fondo Educativo Interamericano. Edición en Español. Santa Fe de Bogotá, 1983.

BUCH, Tomás: El Tecnoscopio. Editorial Aique. Buenos Aires, 1996.

DUSSEL, Enrique: Filosofía de la Producción. Editorial Nueva América. Santa Fe de Bogotá, 1984.

GILBERT, J. R.: "Educación en Tecnología: Una Nueva Asignatura en todo el Mundo". Ponencia presentada en el IV Congreso Internacional sobre la Investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas. Barcelona, 1993.

GIORDAN, A. y DE VECCHI, G.: Los Orígenes del Saber. Editorial Diada. Sevilla, 1988.

GOEL, V. y PIROLI, P.: Structure of Design Problems Spaces. Cognitive Science, Pág. 395-429, 1992.

## **Construyendo Ciencia y Tecnología en Educación**

---

HOTTOIS, Gilbert: El Paradigma Bioético. Una Ética para la Tecnociencia. Editorial Anthropos. Barcelona, 1991.

LEYTON, D.: Los Valores en Diseño y Tecnología. Universidad de Leeds, 1994.

LÓPEZ CEREZO, J. A. y otros. Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una Introducción al Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología. Editorial Tecnos. Madrid, 1996.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL DE COLOMBIA: Educación en Tecnología. Propuesta para la Educación Básica. Santa Fe de Bogotá, 1996.

MITCHAM, Carl: Qué es la Filosofía de la Tecnología. Editorial Anthropos. Barcelona, 1989.

MOCKUS, A. y otros: Las Fronteras de la Escuela. Colciencias-CINDEC Universidad Nacional. Santa Fe de Bogotá, 1994.

MUMFORD, Lewis: Técnica y Civilización. Editorial Alianza. Madrid, 1971.

PERKINS, David y otros: Enseñar a Pensar. Editorial Paidós. Barcelona, 1985.

PERKINS, David: Conocimiento como Diseño. Edición en español de la Facultad de Psicología de la Universidad Javeriana. Santa Fe de Bogotá, 1989.

PERKINS, David: La Escuela Inteligente. Editorial Gedisa. Barcelona, 1995.

RODRÍGUEZ, G. y LEURO A.: Ideas Preliminares para una Propuesta Curricular en Educación en Tecnología. Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá, 1994.

TORRES, Juro: Globalización e Interdisciplinariedad: El Currículo Integrado. Editorial Morata. Madrid, 1994.

UNESCO: Innovaciones en la Educación en Ciencias y Tecnología. Vol. I, II, III, IV y V. Montevideo.

UNESCO: La Educación Encierra un Tesoro. Santillana Editores-UNESCO. Madrid, 1996.

UNESCO-CEPAL: Educación y Conocimiento: Eje de la Transformación Productiva con Equidad. Santiago de Chile, 1992.

