

Rodolfo Herrera

La tecnociencia y la educación: la problemática de su integración

Abstract: *The author treats in this problematic article of the teaching integration of the technologic-scientific knowledge in education. The way of answering to the demands for an “alphabetization technologic-scientific” is analyzed, in which includes the technology in the educative curriculums. The survey proposes to establish the design of the study programs based to a general setting to analyze the technology, synthesized by way of these concepts: social practice knowledge and device, approach which allows the understanding of the “technological phenomenon” and the meaning of the modern concept of the technology. This would give the analytical instruments for a curricular organization, in which includes science and technology, ordered from two perspectives: the logic-epistemology structure typical of the different fields: scientific knowledge, scientific-technologic, technologic-scientific (design, administration) and the ways in which the intelligence of the pupil who learns operates, in which case would permit in teaching, conjugate the different possibilities to develop mechanisms of articulation of the knowledge.*

Key words: *Education. Technology. Science Didactic. Curriculum. Epistemology.*

Resumen: *El autor trata en este artículo la problemática de la integración de la enseñanza del conocimiento científico-tecnológico en la educación. Se analiza la forma de responder*

a las demandas por una “alfabetización científico-tecnológica”, que incluya la tecnología en los currículos educativos. El estudio propone fundamentar el diseño de los programas de estudio en base a un marco general para analizar la tecnología, sintetizado mediante los conceptos: práctica social, conocimiento y artefacto, enfoque que permite comprender el “fenómeno tecnológico” y el significado del concepto moderno de tecnología. Esto daría las herramientas analíticas para una organización curricular que integre ciencia y tecnología ordenada desde dos perspectivas: la estructura lógico-epistemológica propia de los distintos campos: saber científico, científico-tecnológico, tecnológico-científico (diseño, administración) y de las formas en que opera la inteligencia del alumno que aprende, lo cual permitiría en la enseñanza, conjugar las distintas posibilidades de desarrollar mecanismos de articulación de los conocimientos.

Palabras clave: *Educación. Tecnología. Ciencia. Didáctica. Currículo. Epistemología.*

1. Introducción

En este artículo se estudian algunas vías que podría permitir una respuesta académica a la propuesta para crear una *cultura tecnológico-científica* en la *sociedad*, la cual actualmente se

considera como una perentoria necesidad social (Cajas 1998, 2001). Para los “especialistas de la educación”, tales propuestas producen toda una *problemática* cuya solución está relacionada directamente con los *currículos* que guían los procesos de *enseñanza-aprendizaje*. En efecto el problema que se plantea es cómo *diseñar* las condiciones necesarias para crear una *cultura tecnológico-científica* mediante la *enseñanza*, lo cual implica producir un “conocimiento científico y tecnológico” en los actuales y futuros estudiantes.

Hay que remitirse entonces a los conceptos de “enseñar y aprender”, o sea a la “práctica educativa”, cuyo objetivo es producir *aprendizaje* en algunos miembros de la composición social. Hay que comprender las características del campo que se enseña y en especial el rol del docente, elemento fundamental de los procesos involucrados. Esta demanda conceptual es una obligación primaria para aquellos que en la *práctica educativa*, realizan la investigación para diseñar currículos y metódicas de enseñanza-aprendizaje y también para su análisis epistemológico.

Se entiende aquí a la *enseñanza* como la función mediadora entre el saber existente como un patrimonio social, en este caso particular que nos concierne el “patrimonio tecnológico-científico” de la *sociedad* (Herrera, 1991) y el alumno que aprende. Esta “actividad orientada” (intencional y autodirigida) es organizada formalmente a través del *currículo* mediante estructuras de conocimiento o de sistemas de operación, y está regulada por el *aprendizaje*, es decir, el proceso mediante el cual y a través de experiencias propias, sistemáticamente organizadas, la persona incorpora a sí mismo los elementos simbólicos del saber correspondiente. Ahora la *acción didáctica* se ordena a partir del saber porque refiere a los procesos específicos de cada disciplina y se organiza según un *modelo curricular* que reúne, en síntesis, la lógica de las ciencias y la psicología evolutiva. La *tarea didáctica* exige entonces operar integrando tres componentes básicos: (i) el nivel de conocimiento del alumno; (ii) el dominio del saber particular que se enseña; (iii) el manejo de técnicas instrumentales para operar en situaciones de clase.

En este sentido el *currículo* (Herrera 2006), entendido como una tecnología de organización de las actividades que posibiliten el logro de las experiencias de aprendizaje, requiere una base epistemológica, en tanto la epistemología estudia la racionalidad (el *logos*) que se halla en la *episteme* (ciencia).

La preocupación por hacer que *la ciencia* y la tecnología *sean aprendibles*, que sean *episteme matemática*, requiere conocer la estructura de la *tecnociencia*, su valor y sus debilidades, lo cual implica elaborar un *currículo* que nos dé un alumno con *mentalidad tecnológico-científica*, que es el tipo de saber que se pretendería enseñar en este caso.

Los presupuestos anteriores hacen ver que es fundamental la inquietud epistemológica en el momento en que se prepara un *currículo*, o sea, en el momento en que se estudia cómo transmitir re-creativamente en el aula el saber, en este caso el científico o el tecnológico.

Para diseñar un *currículo*, en cualquier nivel educativo, es necesario conocer la *práctica* que se va a enseñar, es decir, tener el dominio del saber que se enseña, pues sólo quien tiene la mentalidad propia de su disciplina puede construir, preparar un *currículo* en el que más que los contenidos, estén acentuados los *procesos* propios de la *ciencia* y la *tecnología*, procesos que los científicos y los tecnólogos (por ejemplo, ingenieros) han inventado e impuesto, y que el docente, en su función pedagógica, pretendería enseñar.

En el caso que nos concierne, cualquier diseño de un *currículo* que los expertos de la educación realicen para llenar el vacío social existente del conocimiento científico y tecnológico, debe fundamentarse en una interpretación del significado del concepto de *tecnología* y su relación con la *ciencia* correcta o suficientemente explícita, o lo que es lo mismo, implica conocer el significado epistemológico de este concepto, conocer las bases epistemológicas y metodológicas de los procesos tecnológicos.

A pesar de que en el nivel social amplio (pe., el periodístico o el político) y análogamente en los medios académicos, se discute y apoya la necesidad del desarrollo del “conocimiento tecnológico”, es poca la comprensión clara del

llamado “fenómeno tecnológico”. Tanto es así que su significado usualmente se le asocia o identifica con los *artefactos* (p.e., computadores, artefactos de comunicación, etc.), lo cual limita totalmente el rico significado epistemológico del concepto de *tecnología* y de la posibilidad de su integración en la enseñanza y su didáctica.

Para fundamentar el objetivo cultural propuesto se ofrece aquí un *marco general* para tratar el concepto de *tecnología*, el que permite sugerir una concepción genérica de “educación en tecnología” que pueda guiar un potencial *currículo* en ciencia y en tecnología.

2. El concepto de tecnología

En ensayos anteriores el autor ha interpretado la *tecnología* como un tipo de *práctica social* o una “actividad orientada”, es decir, intencional y autodirigida, de transformación de la realidad (cambios de estado de las cosas o de las actividades humanas, creación de cosas artefactos, sistemas concretos y procesos) basada en el *conocimiento científico* existente y coetáneo. Este concepto que se designará como *práctica tecnológica* funge como concepto teórico en éste desarrollo, y representa a la colección de todas las prácticas tecnológicas particulares, las cuales son la actividad de los sistemas productivos concretos de la sociedad (p.e. industrias, laboratorios de investigación científica, sistemas educativos, etc.). Se hará un breve esbozo de este concepto teórico, que permita orientar un diseño curricular.

Las *prácticas tecnológicas* (Herrera, 1989) tienen, como todas las prácticas sociales, un *referente* u *objeto de transformación*, es decir, una realidad material o un sistema conceptual específicos (p.e. un material, un espacio físico, un ser humano, un currículo, un sistema de reglas, etc.). Obsérvese que aquí el referente es más general que lo usual, pues no solo puede ser un *objeto material*, sino también uno *conceptual*. También tiene *medios de producción* como son *artefactos materiales* (herramientas, máquinas, ordenadores, equipos electrónicos, etc.) y *artefactos conceptuales* (p.e. teorías, reglas, etc.). Su *producto* o resultado de la transformación es un *artefacto*

o un *cambio artificial*, sea físico (un puente, un computador, etc.), sea humano (una intervención quirúrgica, un control médico, etc.), sea social (una nueva fábrica, un cambio de organización, etc.), o sea conceptual (un nuevo currículo, un sistema de leyes, etc.).

El concepto de *tecnología* se puede entonces representar por medio de una terna conteniendo: (i) a la *práctica tecnológica*, es decir, el “sistema de actividades orientadas” mismo; (ii) al *artefacto conceptual*, es decir, el conocimiento necesario o por poseer y (iii) al *artefacto material* (materia reorganizada para cumplir funciones) Los dos últimos, son medios de producción y producto y también objeto de transformación de la actividad social orientada¹.

La *práctica*, así definida, es ella misma conocimiento, método específico y elaboración teórica, artefacto material o conceptual, siendo su espectro mucho más amplio que lo usualmente se ha considerado, pues no está limitado a la pura técnica, a los computadores, a las técnicas educacionales o informáticas o en general a la identificación con el *artefacto* mismo.

3. Elementos básicos de las prácticas tecnológicas

Esta “actividad orientada” tiene obviamente ejecutores humanos en distintos niveles del proceso productivo (pe.: ingenieros, médicos, planificadores, educadores, técnicos, etc.), los cuales no actúan solos o aislados, sino como componentes de *sistemas concretos* de transformación o *tecnosistemas* (Herrera, 1992), donde la mayoría de las acciones se producen en *cooperación*, es decir, que la mayoría de las prácticas tecnológicas son “actividades socializadas”, en las cuales se cumple con una “división de trabajo” o de “especialidad”. Esto es importante para la educación, pues su cumplimiento conduce al “trabajo en equipo” y remite al pensamiento sobre los efectos sociales y naturales de la transformación.

En primera instancia toda *práctica* resulta de la necesidad de “resolver” una *problemática* o conjunto de problemas concebibles (un paso de un río, o un programa educativo), lo cual genera

un conjunto de *objetivos* o *metas* (p.e., el cambio de estado de alguna cosa o sistema material, la creación de un objeto conceptual nuevo o de un código moral, construir un puente o un currículo). La manera en que se trata una *problemática* específica, se puede decir que es el *enfoque* del sistema concreto que transforma, el cual además de la definición de la problemática y los objetivos, debe contar con un *cuerpo de conocimiento*, (el cual se supone que el sistema) posee) relacionado con el *tipo de acciones* y la *meta* y con una *metódica* (un conjunto de métodos).

Todo *enfoque* propio de una *práctica tecnológica* posee un *marco filosófico* o conjunto de las tesis filosóficas siguientes: (i) los referentes u objetos de transformación son objetos objetivamente reales y/o materiales, es decir, hay realidad objetiva y material (es decir, es materialista-realista, pues no asume como referentes a entidades inmateriales); (ii) participa de la tesis “pragmática” de que la realidad se puede transformar; y (iii) que esta transformación debe sustentarse en base al conocimiento científico, por tanto a la afirmación epistemológica de que “el mundo es cognoscible”. Este es el *marco filosófico* espontáneo de los científicos y tecnólogos, que de una manera o de otra sustenta a sus acciones y resultados. Es por ello que una “educación científica y tecnológica”, en este ámbito de la *cultura humana*, se supone que produciría una formación objetiva y racional, con *valores* fundados no en la magia o la superstición, sino en la práctica concreta de la humanidad (Herrera, 1987).

Un marco filosófico no congruente con el anterior, produce una falsa alternativa en las teorías del aprendizaje, enmarcados en el debate entre “racionalistas” y “empiristas” sobre este asunto (Herrera 2006). Así para los “racionalistas”, aprender es una adquisición mística de abstracciones flotantes, mientras para los “empiristas”, el aprendizaje es una actividad no-conceptual, producida en el nivel de los concretos perceptivos. Un enfoque intensifica sobre el papel de la memorización de formulas generales y de concretos arbitrariamente seleccionados, el otro mantiene que ningún conocimiento general es posible. Los racionalistas desprecian la realidad física y los empiristas al entendimiento conceptual.

4. Los ejes de acción fundamentales de la *tecnología*

Todo *problema*, sea de tipo material o conceptual, tiene un *referente* u *objeto de transformación*, sea una realidad material específica o un sistema conceptual, referente que determina el tipo de práctica (clasificación de las tecnologías). Esto es lo que conduce a la esencia de la *práctica tecnológica* que llamamos *diseño*, proceso en que se inventa, modela, calcula, innova y controla *artefactos* (materiales, cambios de estado) (Herrera, 1990).

El proceso de realización de un *proyecto* productivo o transformativo cualquiera, implica la existencia de dos ejes de acción fundamentales de la *práctica tecnológica*, que se denominan el *eje del diseño* y el *eje de la dirección-administración* de la práctica productiva específica o las acciones materiales de transformación (Herrera 1992, 1996).

Un ejemplo es la *práctica educativa* la cual es una actividad concreta con un *enfoque* y guiada por un sistema de conocimiento materializado en un *currículo*, el cual es necesario diseñar. Es en sí misma considerada de acuerdo a nuestra concepción de *tecnología*, una *práctica tecnológica* específica, con su eje del diseño propio (Herrera 2003, 2004).

El *eje del diseño* es un componente esencial de la actividad tecnológica, que consiste en una unidad dialéctica *análisis-síntesis* (Herrera 1990 b, c). En la primera etapa del desarrollo de un proyecto se define el problema y la determinación de objetivos, riesgos o amenazas, restricciones, etc.; se buscan y seleccionan los datos empíricos (pe., respecto a tipo de materiales), se determina el sistema de conocimiento requerido, se define su metódica, y principalmente el *modelo* de la realidad por cambiar en el nivel de la representación conceptual (pe. planos de una región geográfica, de un artefacto existente o posible), es un proceso de análisis y síntesis preliminar. El peso de cada uno de estos elementos dependerá del tipo de problema por resolver y se dan en vínculo interno en el sistema mismo de producción. En base a lo anterior es que se puede realizar un *modelo conceptual* del *artefacto* o del *cambio* propuesto

(p.e., un prototipo material de una represa, una estructura de un puente, un tipo de material, un dispositivo técnico, un plan de trabajo, un sistema de actividades humanas, una organización, etc.), un análisis del costo, un modelo de las actividades para el proceso de construcción o producción del cambio para obtener el resultado o producto final, es decir, una realidad cambiada. Este proceso, además de cálculos matemáticos y otros, implica actividades “innovadoras”. En las etapas del *diseño* hay actividades puramente conceptuales, pues éste consiste esencialmente en la creación conceptual de un *artefacto posible*, en conjunto con actividades empírico-concretas en laboratorios (pe., pruebas de prototipos, etc.), talleres o en sitio, todas materializadas mediante diagramas, planos, etc. Se puede decir que en el proceso del *diseño* en su etapa de *síntesis* se relacionan ideas para crear un *modelo* de un *artefacto posible*, por fabricar o construir. Es una actividad que se realiza en base a la escogencia de una solución global diseñada, algún cálculo preliminar, juicio y experiencia técnica en la selección del modelo a usar. En otra etapa de *análisis*, se produce el desensamblaje del modelo propuesto en componentes, se estudia el comportamiento del sistema, de sus componentes, estructura y de su integridad. Esta etapa es en general más racionalizada, pues se lleva a cabo sobre modelos teóricos representando al sistema concreto, y en la que se decide sobre el modelo definitivo a usar, si es adecuado o bueno, cuán exactamente las cifras de los valores de los parámetros del modelo son conocidas, para juzgar su grado de creencia y confianza, que los resultados del análisis denotan a la manera en que el objeto tecnológico se comportará cuando sea hecha. Ningún diseñador puede predecir el comportamiento real con exactitud. Los cálculos sirven como reglas complejas capacitando al diseñador para asegurar que el objeto sea correcto en su función.

Esta componente o proceso del *diseño* de las *prácticas tecnológicas* (Herrera, 1989, 90) se puede denominar la *práctica tecnológico-científica*² en contraposición a la *práctica científico-tecnológica* o de la *investigación* o la *ciencia aplicada* que sustenta a la actividad tecnológica y la cual se describirá resumidamente a continuación.

5. El conocimiento científico-tecnológico

Es obvio que las acciones en general requieren *conocimiento*, especialmente el científico, es decir, el correctamente contrastado³. Así la *práctica tecnológica* “contiene” necesariamente un cuerpo o “sistema de conocimiento”, sea ya existente o por producir (sistema conceptual), además una “metódica” o “estrategia” (conjunto de métodos), como sus *medios de producción*. Este conocimiento permite no solo una explicación de un proceso existente o de uno posible, sino que tiene también una “función predictiva”. Este hecho es importante porque el tipo de conocimiento requerido depende del *problema* y no siempre existe, hay que producirlo colateralmente durante los procesos mismos del *diseño*, lo que implicará hacer un tipo especial de *investigación científica* que produzca un “conocimiento práctico” dirigido a resolver los problemas específicos según las necesidades del problema a resolver. Se genera aquí un tipo de *práctica científica* que el autor ha llamado en el pasado *práctica científico-tecnológica*, la cual trabaja no solo sobre la explicación de procesos existentes en condiciones particulares o artificiales, sino que especialmente modela y explica *artefactos*. Si por un lado las tecnologías o ingenierías *diseñan sistemas*, la *ciencia tecnológica* explica los sistemas que aquella realiza. Las *ciencias de la ingeniería* contienen sistemas conceptuales como teorías científicas particulares sobre los procesos existentes, modelos simplificados y teorías sobre el *artefacto diseñado* o sobre todo un *género* de artefactos (Herrera 1991). Por eso es que se puede decir que los referentes de explicación de estas ciencias no son solo lo dado, sino lo dado reorganizado por el hombre. Además la *práctica del diseño* requiere de *reglas tecnológicas*, basadas en lo posible en el conocimiento científico existente, y cuya elaboración es un campo específico de la *ciencia tecnológica*.

Estos aspectos le dan una característica a la *ciencia tecnológica* cualitativamente nueva respecto a las ciencias “puras”, cuyas investigaciones tienen solo el objetivo de explicación racional y objetiva de los procesos existentes en cada esfera

de la realidad o en las ciencias formales, en donde el proceso productivo se da enteramente en el nivel conceptual o del pensamiento. Estas son algunas de las razones por las cuales consideramos que la *ciencia* que soporta o produce la *tecnología*, que denominamos *ciencia tecnológica* (ciencia aplicada), es cualitativamente distinta a la clásicamente conocida como académica, sea experimental o teórica, como se acostumbra denominarlas.

Además, y esto es a nuestro criterio importante, si la *práctica tecnológica* requiere usar *conocimiento científico* para su *función predictiva*, hay sin embargo una diferencia crucial entre *predicción científica* y *predicción tecnológica*. Y esto se debe a que las consecuencias de una predicción incorrecta son muy diferentes para ambas prácticas. La falla de un descubrimiento solo atrasa a la *ciencia*, no daña de inmediato salvo al que dio la idea, a su reputación. En *tecnología* es muy diferente, así por ejemplo si un gran puente o edificio fallan es una catástrofe, si un tratamiento médico falla puede llevar a la muerte al paciente, si un proyecto educativo se diseña en bases filosóficamente erróneas producirá daños sociales a largo plazo, igual que un proyecto de ingeniería puede producir daños ecológicos. Por otro lado los científicos y sus teorías están interesados con predicciones exactas, pero las teorías tecnológicas y los modelos del diseño son unilaterales, creados del lado de la seguridad y para hacer predicciones seguras. Cuando se hacen aproximaciones en el uso de una teoría y también durante su desarrollo (como frecuentemente se hace para obtener una solución de un problema) ellas están del lado de la *seguridad*. Estas son una de las razones que diferencian la naturaleza de las ingenierías y las ciencias. La naturaleza deductiva del cálculo en la ciencia de la ingeniería es, por otra parte, similar a la usada en la ciencia “pura”, las matemáticas basadas en la lógica de dos valores es también su principal herramienta.

6. Tecnología y ciencia

La concepción desarrollada anteriormente muestra que hay diferencias entre las actividades

tecnológicas y las científicas, que entre las últimas se presentan diferencias debido a sus objetivos inmediatos. Que existe una *ciencia tecnológica*, es decir, la que sustenta directamente a la *tecnología*, que se puede llamar *ciencia aplicada* o *ciencia de la ingeniería* (es un nombre usual en la enseñanza de la ingeniería). Que la *tecnología* no es *ciencia* pero si *científica*. Que se podría decir que hay un “saber del diseño”, que es el eje principal de la *tecnología*. Que muchos desarrollos de la ciencia dependen o han surgido de las necesidades de las *prácticas tecnológicas*, lo que constituye la unidad en las diferencias con las *prácticas científicas*. Que las *teorías tecnológicas* (Herrera 1990) son en general teorías particulares a partir de las cuales se construyen las teorías más profundas de explicación, y que ellas son la vía en que se contrastan empíricamente las teorías generales. Que la actividad tecnológica, con sus procesos de transformación de la realidad, son el criterio de la verdad de las ciencias, tal es el criterio general de la práctica. Este marco teórico permite vincular la enseñanza de las ciencias con las tecnologías, vínculo que se establece por la relación entre las ciencias aplicadas y el diseño.

7. El artefacto como tecnología

Veamos estos conceptos en relación con el *artefacto material*, que es en general un *sistema* [Herrera 1991]. Para conocer un *artefacto* hay que comenzar por determinar los elementos básicos del “modelo mínimo” como sistema: *composición* (sus componentes), *estructura* (las relaciones y la organización de los componentes), su *ambiente* (aquellos con lo que interactúa), *mecanismo* (o proceso o función, actividad esencial) y *superestructura* o el sistema conceptual o modelo que representa al artefacto (incluyendo su instrucción técnica para operarlo o repararlo, o una teoría sobre su mecanismo: leyes, reglas, etc.). Por otra parte todo *artefacto* es construido o fabricado en un proceso de ensamblaje, resultado de un proceso que desorganiza el todo material y lo reorganiza en un sistema (artefacto) según sus fines. Para poseer el *saber-hacer* (*know-how*)

completo de una *tecnología* considerada como *artefacto*, es necesario desensamblar el modelo como “caja negra” de “entradas” (*input*) y “salidas” (*output*), para hacerlo “traslúcido”, por tanto tener un conocimiento de la estructura y las leyes de su “mecanismo interno”⁴. Lograr esto es construir una “teoría del artefacto” o de un género de ellos, solo así se devela el misterio del mismo, por lo menos en el nivel ontológico no-social (Herrera 1991)⁵.

8. Didáctica y currículum

Como es conocimiento de los expertos en educación, la tarea didáctica debe instrumentarse desde una organización curricular que se ordena desde dos perspectivas: la estructura lógico-epistemológica propia del saber que se enseña, en este caso la tecnología o ingeniería, y las formas en que opera la inteligencia del alumno que aprende. Aquí se sugiere y afirma que en la enseñanza se pueden conjugar, con distintas posibilidades de mecanismos de articulación, un saber científico básico (formal) y un saber tecnológico (aplicado).

Ubicándose en el ámbito científico de la *didáctica*, hay que considerar y elegir los principios básicos abarcadores o grupo de ideas generales que se han presentado para construir un *currículo*, pues es teniendo en cuenta estos criterios, sobre los que se deben fundamentar la enseñanza de la *ciencia* y la *tecnología* con las características de variabilidad a que está sujeta por su ubicación en un mundo de cambio. La didáctica necesaria de la *tecnología*, de su saber-hacer, debe partir de la naturaleza misma de los conocimientos específicos y fundamentarse en su propia estructura.

Toda intención de fundamentar una *didáctica* implica la exigencia de una *organización curricular* que permita desarrollar situaciones de clase dentro de un proyecto de realización personal de los alumnos. La *teoría didáctica* parte de una determinada concepción de *aprendizaje* a la que se suman los criterios operativos de una *tecnología de enseñanza* de gestión bipolar, de inter-estructuración en el aprendizaje entre los

procesos psicológicos del alumno y las estructuras lógico-epistemológicas de las materias de estudio.

El *diseño curricular* de base epistemológica se articula desde la materia de estudio, lo que significa referirse a la síntesis didáctica de las ciencias y las tecnologías con la intención puesta en los alumnos y en facilitar su acceso al pensamiento científico- tecnológico de acuerdo con sus posibilidades de aprender.

El carácter de la *práctica tecnológica* implica comenzar con un “problema”, cuya “solución” consiste en la producción de un *artefacto*, la corrección de alguno dado o su control. Esto requiere la elaboración de un *diseño*, y éste de *conocimiento científico* existente en algún campo específico o elaborar uno nuevo (conocimiento científico-tecnológico) para fundamentar sus modelos, que culminan en una transformación empírico-concreta específica. Esta conjunción de la *práctica: diseño, artefacto, transformación directa*, permite una conexión realista con los objetivos de una educación científica, pues no des-contextualiza el conocimiento dejándolo en un nivel puramente abstracto⁶.

Del análisis epistemológico realizado, se puede concluir que la educación científica no conviene realizarla fuera del contexto tecnológico y de la práctica productiva. Es decir, se debe partir del planteamiento de problemas concretos, cuya solución requiere en primera instancia “educación en tecnología” (transformación, diseño, creación, control, predicción), lo cual implica el desarrollo de las metas de la “educación en ciencia” (describir, explicar, predecir), en unión mutua e interactiva.

En general toda “acción humana” resuelve un *problema* y esto es importante para la enseñanza, pues induce la idea de que se debe enseñar tal y como se realiza el “trabajo productivo”. Después de todo si la enseñanza está socialmente separada de aquel, ella debe por lo menos consistir en una “simulación” correcta de esos procesos reales. El objetivo de un *currículo* para enseñar “*tecnociencia*” difiere del tradicional, pues al contrario de la enseñanza de origen escolástico y desligada de la ciencia que produce currículos atomizados mediante temas, en este caso sería organizado mediante problemas, es decir, según los ejes

tecnológicos (Herrera 1990 b). Un proceso constituido por operaciones activas que cumple el que aprende, supone una tarea de *redescubrimiento* personal, desarrollada a través del *esfuerzo* y de la *voluntad* para superar los obstáculos que se presentan en la solución de problemas reales y por lo tanto en la adquisición del dominio del saber necesario.

Surge paralelamente la necesidad del aprendizaje de las disciplinas-conocimientos organizados para la enseñanza en relación con los problemas diseñados, disciplinas que comportan estructuras de bases epistemológicas y lógicas que implican procesos específicos en la articulación funcional de sus componentes. Es en el *aprendizaje* que estos procesos lógicos, epistemológicos son redescubiertos por medio de los procesos psicológicos de adquisición del saber, en el que el sujeto recompone el modelo formal propuesto a su conocimiento.

Sólo de esta manera se hará *pensar* al alumno; el alumno deberá asumir la libertad guiada y la responsabilidad del pensar, y no se lo convertirá en un competidor de una computadora o de una máquina. Sólo quien sabe, y sabe que sabe, conoce los límites de su saber y podrá crear nuevos “hechos” científicos o tecnológicos, nuevas hipótesis arriesgadas que deberá confirmar, nuevos modelos que tendrán que probar, nuevas ciencias y técnicas, en un mundo nuevo con aceleración histórica y explosión demográfica que exige soluciones no pensadas ni exigidas en otros tiempos.

9. Epistemología y currículo

Hacer, pues, *epistemología* en función del *currículum*, supone saber unir, entre otras, dos exigencias igualmente legítimas: (i) la estructura de la ciencia y la tecnología, sus procesos, que es la norma *objetiva* en la transmisión del saber científico-tecnológico; y (ii) la finalidad del que hace *tecnociencia* y la enseña: esta finalidad indica la *dosis técnica* que se debe exigir al recrear la ciencia en el aula. El conocimiento de la *epistemología* hace ver, entonces, al científico-pedagogo qué es lo que enseña, qué valor científico

tiene eso que enseña. La cultura, el medio, la psicología, deberán indicarle luego, sin menospreciar la estructura del campo científico o tecnológico, las posibilidades y finalidades de aplicación concreta en el aula, con la ayuda de las técnicas didácticas correspondientes. La *epistemología* se pone, entonces, en una enriquecedora y creativa función pedagógica, que es lo que se ha tratado muy someramente en este artículo.

Notas

1. Dada la generalidad de la noción de *práctica tecnológica* es evidente que en ella caben las prácticas “duras” como la ingeniería (o con procesos industriales), y otras usualmente no consideradas así, como p.e., la medicina, la agronomía, el derecho, la *educación*, etc. Lo que cambia en cada caso es el referente u objeto de la transformación, así en la medicina el ser humano en el nivel biológico, psicológico o biosocial. Respecto a la *educación* hay un obvio consenso en que es una *práctica social*, sin embargo debido al uso del concepto de *tecnología* antiguo, es a veces difícil su aceptación o comprensión. El carácter *tecnológico* de la *educación* o *práctica educativa* se visualiza en tanto se estudie su objetivo inmediato y sus características esenciales.
2. Básicamente hay un tipo de conocimiento distinto al puramente explicativo de los procesos existentes (un saber-saber), en sus objetivos, referentes y métodos primarios e inmediatos.
3. Son corrientes las intervenciones públicas sobre la necesidad del conocimiento científico, como si las acciones se pudieran realizar sin ningún conocimiento.
4. Tanto es así que las grandes empresas protegen su objeto mediante “patentes” que imposibilitan de cierta forma hacer traslúcida a tal modelo del artefacto, haciendo que la llamada “transferencia tecnológica” sea un mito.
5. En efecto, como el “valor de uso” del artefacto estriba en su capacidad para cumplir con alguna función al servicio de la labor humana, la *tecnología* como *objeto tecnológico* en el que se concentra un “saber-hacer”, es un medio de producción necesario, una mercancía útil.
6. Ver un interesante ejemplo para introducir la tecnología en la enseñanza en Guatemala, desarrollado por Cajas (Cajas 1998).

10. Bibliografía

- Cajas F. (1998) "Introducing Technology in Science Education: The Case of Guatemala". *Bulletin of Science, Technology and Society*, 18 (3), 194-203, USA: Sage Publications, Inc.
- Cajas F. (2001) "Alfabetización Científica y Tecnológica: La Transposición Didáctica del Conocimiento Tecnológico". *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 234-254, Washington D. C.: Editorial AAAS.
- Cajas, F. & Gallagher, J. (2001) "The Interdependence of Scientific and Technological Literacy". *Journal of Research in Science Teaching* 38 (7), 713-714. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Cajas F. (2002) "The Role of Research in Improving Learning Technological Concepts and Skills: The context of Technological Literacy". *International Journal of Technology and Design Education* 12, 175-188. Netherlands: Kluwer Academic Publ.
- Cajas F. (2001) The Science/Technology Interaction: Implications for Science Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (7): 715-729. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Herrera R. (1987) "Educación y Tecnología, 1-6". Costa Rica: Editorial Oficina Publicaciones Universidad de Costa Rica.
- Herrera R. (1989) "La práctica tecnológica". *Rev. Filosofía XXVII* (66), 349-359. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Herrera R. (1990) Tecnología y Sociedad. *Rev. Filosofía XXVII* (67/68), 77-84. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Herrera R. (1990b) "Crítica al Modelo Ortodoxo de la Enseñanza de la Ingeniería e Ideas para su Modificación". *Tecnología en Marcha* 10 (1), 3-16. Costa Rica: Editorial Instituto Tecnológico.
- Herrera R. (1990c) "Consideraciones sobre el método". *Memorias V Seminario de Ingeniería Estructural*, 353-362. Costa Rica: Editorial CFIA.
- Herrera R. (1991) "Sistemas Conceptuales de la Tecnología". *Ingeniería* 1(1), 67-68. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Herrera R. (1992) "Los Sistemas Tecnológicos Concretos". *Ingeniería*, Univ. 2 (2), 43-58. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Herrera R. (1996) "Ingeniería: un marco conceptual". *Ingeniería*, 5 (1), 39-51. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Herrera R. (1996) "Algunas tesis sobre la tecnología". *Revista de Filosofía XXXIV* (83-84), 365-384. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Herrera, R. (2005) Tecnología: una concepción general. *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, Volumen XLIII, Número doble (109/110), 99/108, mayo-diciembre 2005.
- Herrera, R. (2004) "Ciencia, tecnología y sociedad: consideraciones filosóficas". En *La Construcción de la Tecnociencia en la Sociedad Contemporánea*. México: Editorial Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. Extraído de: <http://uamex.mx/Evento/esocite2004/>
- Herrera, R. (2005) Teoría y Práctica: una polaridad ideológica. En XI Jornadas de Investigaciones Filosóficas, Universidad de Costa Rica.. Extraído de: <http://cariari.ucr.ac.cr/~macalvoh/>
- Herrera, R. (2006) "Universidad, sistemas educativos y carreras académicas: un enfoque sistémico". Extraído de: <http://cariari.ucr.ac.cr/~macalvoh/>. *Ingeniería* 17 (2): 13-36, ISSN: 1409-2441 208, San José, Costa Rica.