

Educación Tecnológica ¿qué y cómo?

Tomás Buch, Enero de 2007¹

1.

No cabe duda de que “tecnología” es una de las palabras más frecuentemente usadas en los tiempos actuales. Es probable que también sea una de las peor entendidas. Mejor dicho, cada uno parece entender algo diferente cuando la usa. Para poder hablar de ET deberemos, pues, empezar hablando de qué entendemos por tecnología. Y la manera más fácil de hacer eso es enunciar lo que NO entendemos por tecnología - por lo menos en un sentido útil desde el punto de vista de la ET.

Por lo pronto, hay una cierta confusión semántica en el uso de la misma palabra ‘tecnología’. En efecto, etimológicamente, tecnología significa “discurso sobre la técnica” – y no califica la técnica misma. En algunos idiomas europeos (francés, alemán) ha conservado este sentido, derivado del griego, *τεχνε*. Pero en inglés – que es el idioma extranjero dominante entre nosotros – “technology” ya no es el discurso sino la técnica misma. Es en ese sentido que usaremos la palabra en este texto.

Para muchos, la tecnología se ha transformado en un mito. De realidad concreta, que se expresa en aparatos y modos de actuar, para mucha gente la tecnología se ha autonomizado al punto de ser una fuerza comparable a la de los antiguos dioses, cuyo comportamiento no se podía entender, pero cuyas acciones podían traer la fortuna o la desgracia. El poder de la tecnología puede ser benigno al salvar una vida; entretenido al proveernos los juegos que nos evitan tener que pensar; o maligno, al contribuir a la destrucción del medio ambiente o producir enormes cantidades de desechos con los que nadie sabe qué hacer. Hasta hay una corriente de pensamiento, el de la “tecnología autónoma”² según la cual ésta se ha convertido en una entidad metafísica imparables, que ya sólo obedece a sus leyes propias, y que se apodera de nosotros sin que podamos oponernos más que radicalmente. Sin embargo esa visión casi apocalíptica es falsa, ya que cada tecnología sirve a un fin y a alguien que la financia; en ausencia de tales finalidades muy concretas, esa tecnología no existiría – porque es un producto humano y no puede independizarse de sus creadores como la escoba del Aprendiz de Hechicero. Es imposible que volvamos de donde estamos hoy a una

¹¹ Este documento fue preparado y presentado a estudiantes y profesores de la Especialización en Educación en Tecnología por el profesor Tomás Buch.

² L. Winner, *Tecnología autónoma*, ed. Gustavo Gilli, 1979; E. Braun, *Tecnología Rebelde*, ed. Fundesco, 1986

sociedad menos tecnificada. Heidegger³ expresó esta idea en términos del involucramiento de la humanidad por su propia creación: según él, habríamos llegado a formar una parte insoluble y sin escapatoria visible del sistema tecnológico creado por nosotros mismos. Es cierto, sin embargo, que dentro de una estructura social cuya única finalidad es el lucro, el control “humano” sobre la codicia es un problema político, social y hasta militar de difícil solución. Pero creo que una especie de convivencia pacífica entre el hombre y sus creaciones es posible si la tecnología se pusiese al servicio de la humanidad y no del lucro sin límites.

La tecnología es definitoria de la especie humana aunque hay evidencias de que hubo especies prehumanas que usaron el fuego de manera inteligente; también hay algunos animales que usan tecnologías sencillas, pero tecnologías al fin. ¿Cómo llamar, sino, lo que hace un cuervo que fabrica un gancho de alambre para alcanzar un balde con comida⁴, o un chimpancé que usa una pajita para sacar termitas de un hueco en un árbol? ¿Se puede o no hablar de tecnología en esos casos? La pregunta queda abierta. En ambos casos se trata de una “resignificación” de un objeto natural, lo mismo que debió hacer el *Homo Sapiens Sapiens* cuando tomó una rama y la usó como garrote.

La tecnología existió siempre y fue evolucionando lentamente, por pruebas y errores y por ensayos transmitidos de maestro a discípulo. A mediados del siglo XVIII los Enciclopedistas⁵ comenzaron a impulsar la reflexión de los artesanos sobre su propio trabajo, dando origen a lo que etimológicamente es lo único que debería llamarse tecnología: la reflexión sobre la manera de hacer las cosas.

Si bien la tecnología existió desde los albores de la humanidad, lo que no existió siempre es su estrecha vinculación con la ciencia, y es esta vinculación la que permite el avance cada vez más acelerado que observamos en la actualidad, a la sombra, claro está, del impulso dado a ese avance por el ansia de ganancias típico del capitalismo moderno. Hacia dónde ha de conducirnos ese avance es otro tema.

La calificación de la tecnología como mito no es arbitraria, y uno de los objetivos de la ET es su demitificación y su reinterpretación como acción puramente humana. Sin embargo, para un lego, la tecnología contemporánea es una magia eficaz, reservada a los ‘brujos-especialistas’ e incomprensible para la mayoría de la gente; si cuatrocientos años atrás alguien hubiese visto a una persona caminando por la calle hablando sola, la hubiese condenado por brujería; solamente cincuenta años atrás se hubiera dudado de su salud mental; ahora, sabemos que probablemente esté hablando con alguien por un pequeño teléfono

³ W. Heidegger, La Pregunta por la Técnica, en Conferencias y artículos, Época de la Filosofía, Barcelona ·1, 1985.

⁴ <http://www.esmas.com/nationalgeographic/materialrelacionado/541312.html>

⁵ D’Alembert, Diderot et autres, L’Encyclopédie, ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers. Version on-line, www.inaf.fr/



celular. Muchos toman entonces, frente a la tecnología, una actitud similar a las de los pueblos primitivos ante las fuerzas de la naturaleza: una mezcla de adoración con temor reverente y desconfianza.

Para otros, la tecnología es la fuerza que resolverá todos los problemas – aún los que ella misma o ciertas formas de su uso han creado. Son los que manifiestan una confianza absoluta en que los males de la tecnología se combatirán con más tecnología. En ambos casos, se trata de una actitud irracional y supersticiosa. La tecnología es la manera en la que la civilización contemporánea – o aquellos que tienen en ella el poder de decisión, los poderosos - han elegido para satisfacer las presuntas necesidades de algunos de sus ciudadanos. Esto es también una de las definiciones clásicas: la manera de cada sociedad de responder a las necesidades planteadas por su supervivencia.

Pero aquí hay que señalar un cambio que distingue la tecnología actual de épocas anteriores: como en la sociedad actual el máximo fetiche – como dijo Carlos Marx – es el dinero, “el sistema” no vacila en crear necesidades artificiales, a través de herramientas – que a su vez son objetos tecnológicos⁶ – tan poderosos como la publicidad. La cualidad de fetiche se transmite en alguna medida al objeto tecnológico mismo, símbolo de aquel fetiche máximo. Se ha formado, entonces, una especie de helicoide ascendente, donde una necesidad conduce a otra, y donde la cantidad reemplaza a la calidad, motorizada por la codicia infinita de una sociedad desbocada.⁷ Un automóvil de 1920 estaba diseñado para durar una vida; uno de 2006 durará cinco años, porque “el sistema” necesita un reemplazo más frecuente a costas de la calidad del producto – al margen de que su confort y su desempeño es muy superior al del viejo Ford T. Lo mismo ocurre con todos los productos de consumo. Los que defienden este sistema de consumo desenfrenado afirman que es éste el que motoriza la economía y crea fuentes de trabajo. Esto es así, pero no hace más que constatar la irracionalidad de todo el sistema, ya que maximiza el uso de los recursos naturales para crear objetos, muchos de los cuales son superfluos; y también la generación de desperdicios, los cuales ya amenazan con ahogar a nuestras ciudades.⁸

Para cierta parte de la población, la ET es meramente el manejo de una computadora, el cual – así lo esperan – les dará una “salida laboral” y que es casi imprescindible saber manejar aunque sea a nivel rudimentario para poder ocupar

⁶ T. Buch, *Sistemas Tecnológicos*, ed. Aique, 1999.

⁷ Como vemos, creo más bien en que la desbocada es la sociedad, no su tecnología.

⁸ Al abrigo de la falta de respeto por las normas municipales y la debilidad de su imposición, en Buenos Aires, el problema de la basura se ha transformado en casi insoluble. En los alrededores se acumulan depósitos pretendidamente higiénicos que son explotados por los indigentes que encuentran allí su miserable modo de sobrevivir, desde residuos vendibles (metales) hasta alimentos desechados. En las demás ciudades la situación no debe ser muy diferente. Pero en la Edad Media los desechos – inclusive los cloacales – se volcaban directamente en las calles... Por otra parte, ya comienza a causar preocupación la acumulación de desechos de las tecnologías informáticas y la “basura espacial” dejada por la desintegración de satélites en desuso.



un lugar de trabajo medianamente digno. Esta exigencia es parcialmente cierta, y además el desarrollo de software se ha transformado en una de las tareas mediante las que nuestros países, con una inversión modesta, están en condiciones de hacer un aporte substancial al PBI nacional. Pero por cierto que la tecnología tampoco se reduce a la informática y la computación: esto es muy elemental, pero vale la pena mencionarlo nuevamente porque a nivel escolar se trata de un error frecuente. Cuando se habla con algunos docentes de la ET para los alumnos, refieren que muchos padres piensan y reclaman sólo el uso de la computadora. También se ha transformado en una costumbre para muchas industrias, la de vanagloriarse por regalar a las escuelas las computadoras que ellos descartan por obsoletas... Para nosotros, por supuesto, la ET debe ser algo completamente distinto de la enseñanza del uso más o menos inteligente de una computadora de la generación que sea.

La tecnología moderna contiene cada vez más componentes científicos – es decir, requiere la aplicación de más ciencia – matemáticas, física, química, biología, sobre todo - para poder desarrollar nuevos objetos tecnológicos. Los ejemplos son muy conocidos: los circuitos integrados requieren física de los sólidos, los medicamentos modernos, conocimientos de bioquímica y de fisiología que eran inaccesibles hace pocos años. Este hecho innegable hace que haya una tendencia muy activa de relacionar la tecnología de una manera indisoluble con la ciencia. Hasta se habla de “tecnociencia”⁹ al mencionar desarrollos en los cuales el camino del laboratorio a la fábrica es cada vez más corto; y en la cual el concepto de “fábrica” se aleja tanto de la idea fordista de la línea de montaje que ya se trata de otra cosa, para la cual no se ha inventado aún un nombre propio; por eso se habla de “laboratorio” aunque se trate de entidades productivas.

Nosotros creemos que la designación “tecnociencia” es errónea y tiende a producir errores conceptuales en cuanto a la esencia de la tecnología, que es mucho más que la aplicación de la ciencia, por compleja y sofisticada que ésta sea. El ejemplo más tradicional de esta diferencia es la máquina de vapor: su invención antecedió en varias décadas a la explicación científica de su funcionamiento, aunque ésta permitió luego optimizar su operación y su diseño y actualmente es impensable el diseño de cualquier máquina térmica sin profundos conocimientos de termodinámica. Sin embargo, para nosotros la distinción entre tecnología y ciencia aplicada es tan fundamental, que no nos cansamos de destacarla ya que se trata de un error tan difundido. La tecnología actual es ciencia, más política local, más economía, más geopolítica, más organización del trabajo, más psicología – tanto de los productores como de los consumidores – lo que incluye tanto la publicidad como las relaciones laborales el interior de la organización productiva. Además, es un objeto de comercio: sin un cliente no hay tecnología, aunque sea difícil de convencer de esto a más de un científico aplicado que cree estar haciendo

⁹ M. Bunge, La ciencia, su método y su filosofía,
www.canariastelecom.com/personales/carlos.clavijo/ebooks/bunge_ciencia.pdf



tecnología. Pero es necesario admitir que la tecnología de hoy está mucho más cercana a la ciencia que las de otras épocas.

Esto nos lleva a la crecientemente clásica – aunque equívoca y, en el fondo, falsa – subdivisión de la tecnología en “dura” – la de los objetos concretos, tales como los martillos, los teléfonos celulares o los automóviles – y “blanda” – la de los métodos de organización del trabajo, de diseño industrial o urbanístico, la contabilidad y la organización de la circulación vehicular y de personas (en los pocos lugares en que esta actividad se desarrolla¹⁰). En este contexto se puede mencionar un objeto tecnológico complejo, una ciudad, que además de un conjunto de edificios, incluye los servicios, el transporte, el comercio, mezclando sin solución de continuidad las tecnologías duras con las blandas.¹¹ Es también un ámbito en el que se desarrolla la vida un número creciente de personas, lo que implica la búsqueda de una adecuada calidad de vida para tantos de ellos como sea posible. “Calidad de vida”, sin embargo, es un concepto “blando” compuesto de componentes “duras” tan poco obvias como el nivel de ruido que deben soportar los habitantes o la calidad de sus viviendas y los servicios de que disponen en distintos barrios. Una ciudad es, sin duda, un tema de estudio apropiado para cierta concepción de la ET.

Dejando de lado los problemas tecnológico-sociales como el anterior, en los que frecuentemente predominan los factores históricos, el origen de la tecnología que cada sociedad emplea para sus fines, es un problema esencialmente político y económico, y de decisiones que pueden ser tomadas dentro o fuera de las fronteras nacionales. Éste es también un tema de estudio para la ET. La tecnología y objetos tecnológicos para distintos fines se pueden comprar en un mercado internacional que en algunos casos es muy poco transparente y creador de dependencia. También puede desarrollarse localmente en función de las necesidades reales de cada país, y la ET debe ayudar a maximizar la conciencia de esta posibilidad – cosa que le confiere un rol político. En Argentina, el sistema científico ha trabajado muchas veces duramente con la mejor voluntad de contribuir a la industria nacional; pero ésta ha desdeñado casi siempre esos aportes, prefiriendo – o siendo obligada a – usar tecnología importada. Se trata, pues, de analizar el efecto de los desarrollos de todo tipo sobre la sociedad de nuestros países, sobre todo – aunque no solamente – sobre sus sectores más desprotegidos. Como nuestros países se encuentran en buena medida a la merced de las tecnologías de origen extranjero, son éstas las que debemos mirar con especial cuidado; en segundo lugar, debemos procurar que las tecnologías

¹⁰ El ejemplo de este tipo de actividad se encuentra en la ciudad brasileña de Curitiba, que ha desarrollado un sistema de circulación urbana ejemplar en escala mundial.

¹¹ T. Buch, *Sistemas Tecnológicos*, Aique, 1999.



que usamos no sean simples adaptaciones de otras importadas sino que estén construidas desde el comienzo en base a nuestras propias necesidades.¹²

Esa tecnología importada suele venir en un paquete muy difícil de abrir,¹³ con lo cual, además de – digamos – una máquina debemos comprar los repuestos, el service, tal vez los nuevos modelos, etc. con lo cual pone un límite sumamente estrecho a las posibilidades de desarrollo de nuestros países. La decisión sobre este aspecto es política, y más adelante volveremos sobre ese tema.

2.

Apareció, pues, de parte de las autoridades educativas en la mayoría de nuestros países, la convicción de que la tecnología debería incorporarse en las currículas escolares. Se creó la ET. Entonces se puso de manifiesto la profunda ignorancia de esas mismas autoridades, incluso acerca de qué era la tecnología y qué debería transmitirse a los alumnos sobre esa nueva asignatura. Rápidamente aparecieron diversas personalidades que se interesaron por el tema, y empezaron a desarrollar sus propias ideas sobre los posibles y/o deseables contenidos. Para algunos, era suficiente que los alumnos conocieran superficialmente los productos tecnológicos más llamativos, tanto los específicos como los vehículos espaciales como los de uso cotidiano tales como los hornos de microondas. Hubo otros, quienes definieron la tecnología como “resolución de problemas”, y diseñaron problemas que los alumnos podrían resolver con elementos que estuvieran a su alcance, dejando de lado todo el resto por falta de tiempo y de elementos. Otros definieron con claridad algunos de los conceptos básicos de la tecnología como el de “realimentación”, “flujos”, “diseño” y otros y desarrollaron métodos para transmitirlos. También empezaron a aparecer en el mercado pequeños equipos que se podían instalar en las escuelas para que los alumnos pudiesen experimentar con conceptos tecnológicos. Otros pensaron que lo más importante del conocimiento tecnológico de un alumno que no iba encaminado hacia una carrera técnica era que se transformase en un “usuario inteligente”, al que no pudieran encandilar los últimos modelos de productos tecnológicos que la industria le quisiera vender.¹⁴

¹² Según una anécdota sobre cuya autenticidad no opino, hace unos años Venezuela compró un hospital “llave en mano”. El proyecto incluía las barredoras de nieve usadas en Canadá.

¹³ El tecnólogo argentino Jorge Sabato acuñó el término “paquete tecnológico” para designar el conjunto de T que se compraban frecuentemente “llave en mano”: Sabato insistió en que este paquete debía poder abrirse, produciendo localmente todo lo que era posible en cada momento dado. Así fue cómo la primera central nuclear de Argentina – y de toda América Latina – tuvo un considerable porcentaje de contribución tecnológica local.

¹⁴ Algunos casos son típicos: cada modelo de computadora necesita más memoria y los programas y sus soportes se hacen más complejos y deben ser renovados con frecuencia, incorporando mucho más prestaciones que un usuario común empleará jamás; los teléfonos celulares realizan funciones cada vez más complejas e innecesarias si lo que sólo se quiere es comunicarse; etc.



La ET sigue siendo una novedad absoluta en educación. Hasta hace relativamente poco tiempo, la educación y sus planes siguieron un camino completamente separado de los desarrollos tecnológicos, a los que se ignoraba totalmente. Se estudiaba lengua, literatura, historia, matemáticas, a veces religión y filosofía, y tal vez un poco de física y de química – estas últimas de modo formal muy remotamente relacionadas con la vida práctica. En el fondo, la currícula educativa era una consecuencia directa, no del desarrollo tecnológico ni de la estructura social,¹⁵ sino de las antiguas ideas escolásticas modificadas – ablandadas, podríamos decir, y privadas de sus excesos de autoritarismo – por el humanismo y la ilustración. Es ésta – y su consecuencia, el positivismo – la que introduce la ciencia en la educación superior por primera vez a mediados del siglo XIX mediante la creación de las carreras de ingeniería civil¹⁶ – e ingresando, mucho más tarde, a la escuela media.

Sin embargo, la tecnología estaba implícita en la filosofía práctica de Occidente desde siempre, si se sabía verla – desde el libro del Génesis que nos ordenaba “dominar el mundo” hasta Francis Bacon¹⁷ y de allí en adelante.

Sin embargo, fueron la ilustración y el modernismo fáustico los que lleva a su máximo nivel la idea ya expresada en toda la tradición occidental de que el mundo está allí para que nosotros lo explotemos en nuestro propio beneficio, aunque la escuela rara vez daba las herramientas para llevar esta explotación a la práctica. Esto era lo contrario de las tradiciones orientales y aborígenes, que consideraban al humano como una parte más de un mundo complejo aunque – según algunas de esas tradiciones – ilusorio. Entre otras causas, tal vez fue por eso que no fueron los orientales quienes encabezaron la Revolución Industrial, a pesar de que la tecnología china en la Edad Media era muy superior a la occidental, y muchos de nuestros dispositivos más comunes tienen su origen en China.¹⁸ Es una cuestión interesante la de preguntarse qué hubiesen hecho los chinos con su filosofía y la ciencia moderna que no desarrollaron.

La escuela tradicional siguió la tradición escolástica más que al pragmatismo de los artesanos, cuyas profesiones se manejaban en secreto: al énfasis en los conocimientos literarios y filosóficos se añadió recién después de la Revolución Francesa el positivismo y la apreciación por las ciencias, y en muchos de nuestros países se crearon instituciones con ese fin durante los años de la formación nacional – la que, en la mayoría de los casos, estuvo impulsada por Inglaterra y su interés en tenernos en su órbita económica. Entró pues, la ciencia en las aulas, pero la tecnología permaneció ausente, salvo en las escuelas técnicas, creadas en los albores de nuestra industrialización¹⁹ y aún de nuestra existencia misma como

¹⁵ Salvo a través de los problemas de acceso de las clases menos acomodadas a una educación de calidad.

¹⁶ Los ingenieros militares existieron, por supuesto, mucho antes.

¹⁷ F. Bacon, *Novum Organum*, ed. Sarpe, 1984. (párr. 29)

¹⁸ Por supuesto, el ejemplo más conocido es la brújula, pero hay muchos más.

¹⁹ La primera Escuela Industrial argentina se creó en 1897.



naciones.²⁰ La Escuela Técnica no se dedicaba a la ET ni tenía la finalidad de generar tecnólogos sino técnicos, que la naciente industria empezaba a necesitar. Recién en los últimos veinte años se comienza, pues, a pensar seriamente en que es muy extraño que las componentes más significativas de nuestra vida diaria – los productos de un desarrollo tecnológico cada vez más veloz y variado – esté totalmente ausente de las curricula escolares.

A esta altura, las materias literarias y las lenguas clásicas ya habían sido reemplazadas – o por lo menos, complementadas - por las ciencias naturales, aunque éstas se enseñaban muy mal desde el punto de vista metodológico, defecto que aún hoy no se ha corregido enteramente: se muestra a la mayoría de los alumnos la ciencia como un cuerpo cerrado de conocimientos – actitud que falsea el espíritu de la ciencia y mata la mayor parte del interés de los alumnos por esas ramas del saber. La enseñanza de la ciencia debe ser, sobre todo, la enseñanza de su método y una manera de mirar el mundo sin anteojeras ideológicas – y no la enunciación dogmática de sus resultados, por recientes que éstos sean; pero ese es un tema que merecería una nota por derecho propio.

Dada la importancia de la tecnología y su mistificación por parte de tanta gente, se hace cada vez más fundamental, entonces, en primer lugar la clarificación de qué estamos hablando, y luego, la incorporación de la tecnología en las curricula escolares. Es sencillamente absurdo que se sigan enseñando las asignaturas tradicionales del modo tradicional – aunque se cambie su énfasis, dando más importancia que antes a las asignaturas científicas que a la cultura clásica de antaño – y ni se mencione las fuerzas que dominan nuestra vida diaria, su naturaleza y su origen. Es absolutamente necesario proceder a la alfabetización tecnológica de los alumnos así como es necesario entregarles una alfabetización científica.²¹ Uno de los problemas que esto enfrenta es la gran variedad de ideas acerca del contenido de esa nueva asignatura, la ET.

3.

Como lo hemos esbozado más arriba, hay varios enfoques sobre el contenido que deberían tener los cursos de ET – que son muy diferentes entre sí, pero varios de los cuales se pueden complementar si el sistema educativo permite emplear el tiempo suficiente para que la ET no sea una más de una docena de asignaturas casi todas irrelevantes para los estudiantes.

Para algunos, la ET no es muy diferente de las tradicionales “actividades prácticas”, en las que se trata de fabricar diversos objetos que, dado que no se suele disponer de mucho tiempo de clase, no podrán tener gran complejidad. Esto es, en parte, una consecuencia de la falta de capacitación de los docentes, a

²⁰ En el caso argentino, Manuel Belgrano creó una Escuela de Náutica en 1802, aún antes del movimiento independentista.

²¹ G. Fourez, Alfabetización científica y tecnológica, Ediciones Colihue, 1994 Buenos Aires



quienes se pone frente a las clases de tecnología sin que ellos mismos sepan con claridad qué se espera de ellos. Se elige para ello aquellos docentes que según el criterios de funcionarios que tampoco saben de qué se trata, están más cerca de las actividades “prácticas” que suele confundirse con la ET.²² Se puede tratar de construir objetos artesanales de madera o de metal, o de aparatos algo más sofisticados que sean capaces de realizar algunas funciones incorporando componentes eléctricas o electrónicas preformadas por el fabricante. Los tradicionales componentes Lego™ han llevado esta variante a niveles realmente importantes, con componentes de alta complejidad con las que se pueden construir maquinas bastante intrincadas y hasta provistas de un alto grado de automatismo. Con estas componentes los alumnos logran construir aparatos que “hacen cosas” – lo cual los acerca en alguna medida a la tecnología actual.

Otro enfoque de la ET es el de los “proyectos”. Este enfoque subraya la definición de la tecnología como “resolución de problemas”. Se propone a la clase o a un grupo de alumnos un problema que deberán resolver por los medios que estén a su alcance o que se puedan procurar, en el tiempo del curso. Este método tiene la ventaja de enfocar la atención de los alumnos en algunos de los aspectos fundamentales de la tecnología, que es, justamente, la manera de resolver los problemas planteados por la vida práctica, y muchos de los cuales han sido los problemas básicos de la humanidad, que originaron la tecnología en el horizonte histórico: cómo obtener agua en un desierto, cómo cazar un animal asustadizo y veloz, cómo construir un edificio o cómo cruzar un río mediante los medios de que se dispone en cada caso. Estos ejemplos son muy rudimentarios, y poco aplicables en una clase moderna de ET pero dan la idea de qué se pretende lograr del alumno. Ejemplos más cercanos podrían ser: ordenar el tráfico o el estacionamiento en la zona céntrica de una ciudad mediana. También se estimula con esto lo que se ha dado en llamar el “pensamiento lateral”. Un ejemplo es el ya casi tradicional de construir un puente usando solamente hojas de papel como materiales de construcción.²³ Los alumnos agudizan su ingenio y reciben, como de regalo, conceptos muy prácticos sobre resistencia de materiales, momentos de inercia, etc.. Podría ser parte de un interesante curso de Introducción a la Ingeniería. Pero si no se complementa esto con otros enfoques, la información obtenida será sumamente limitada y no hará nada para transformar al alumno en un “usuario inteligente” de la tecnología con que deberá enfrentarse en su vida diaria.

Un tercer modo de encarar la ET es insistiendo en algunos conceptos esenciales de la tecnología que son relativamente ajenos a otras disciplinas, tales como la cibernética o teoría del control y el concepto de realimentación. Para esta

²² A nuestro conocer, el colmo de esto – acompañado, además, de un error elemental de lógica formal – se dio en una región argentina en la que se habilitó a los contadores a dar T, sobre la base de que la contabilidad es una T, aunque fuera de las “blandas”.

²³ A. Rodríguez de Fraga, *Educación tecnológica (se ofrece) espacio en el aula (se busca)*, Aique, 1985, Buenos Aires



finalidad, se han desarrollados numerosos aparatos de laboratorio que permiten a los alumnos ir variando los diferentes parámetros de un circuito neumático, eléctrico o hidráulico, en función del acoplamiento entre diversos segmentos de una estructura que se desea hacer funcionar, teniendo un fin determinado a la vista: tal como la optimización y estabilización de un sistema de bombeo para riego por goteo – para citar sólo un ejemplo existente. Esto puede ser una variante – aunque más restringida – del enfoque anterior. Y un buen negocio para los diseñadores y fabricantes de esos dispositivos, que, lamentablemente, suelen ser muy poco flexibles para ser empleados en conexión con el modelo de “resolución de problemas”.

En cuarto enfoque prescinde en gran medida de los aspectos operativos de la tecnología y pone el énfasis en sus aspectos sociales. Creo que este enfoque responde mejor a las ideas de “alfabetización tecnológica” que los anteriores, aunque – como lo anunciamos más arriba - es perfectamente posible combinar varios de los enfoques mencionados si el tiempo disponible lo permite.

Uno de los objetivos centrales de la ET es, a mi entender, que el alumno se forme como consumidor inteligente de los productos de la tecnología contemporánea. Para ello, la ET debe ayudarlo a encontrar un camino racional para distinguir entre sus ventajas y sus desventajas, y no caer víctima, ni de los mercaderes tecnófilos vendedores de baratijas (aunque éstas sean sumamente complejas en comparación con los clásicos “espejitos de colores” con los que los conquistadores embaucaban a los indígenas) ni de los “ambientalistas” tecnófobos que tienden a echar la culpa de todos los males a una entelequia llamada “la tecnología” sin tener en cuenta que con eso relegan a nuestros países al rol de campos del juego turístico de los países más ricos – con un impacto ambiental peor que el de la industrialización contaminante que quieren evitar.

4.

Escribo en la Argentina, donde se ha desatado un conflicto de serio alcance internacional con el Uruguay por una polémica que ilustra perfectamente lo que queremos demostrar, y también lo que queremos que la ET ayude a evitar. Grandes empresas transnacionales han plantado cientos de miles de hectáreas de bosques de eucaliptus y quieren instalar enormes fábricas de pasta de celulosa sobre la orilla uruguaya del Río Uruguay. Los habitantes de la ciudad turística de Gualaquaychú, en la ribera argentina, temen que estas plantas contaminen las aguas del río, han lanzado el *slogan* “papeleras = muerte” y cortan los puentes que unen ambas orillas, con lo cual perjudican gravemente al Uruguay, comprometen al gobierno argentino y crean y/o plantean un problema de difícil solución para ambos países. Aún no se sabe cómo éstos lograrán resolver esto y no quiero ahondar en los detalles, pero el conflicto es típico: se trata de evaluar el impacto ambiental de las gigantescas plantas en construcción, pero se quiere mantener el estilo de vida tradicional y se desconfía de las evaluaciones de



impacto que se suponen interesadas. Se sabe que la contaminación de las aguas fluviales se puede minimizar usando la tecnología más moderna, pero muchos desconfían de que eso se haga, porque la legislación y la capacidad de control de los gobiernos de nuestros países son débiles y su hambre de inversiones, enorme.

¿En qué medida la ET podría ayudar a encarar un problema de esta naturaleza? Posiblemente lograría hacerlo ayudando a distinguir entre las componentes tecnológicas, ecológicas, económicas, políticas y emocionales que intervienen en este conflicto, con lo que se aclararía bastante la comprensión de lo que está pasando y tal vez se acercaría una posible solución. Además debería preguntarse para qué nuestra civilización necesita tanto papel. También debería plantearse el problema – que no es sólo ecológico, sino también tecnológico – de los monocultivos y su efecto sobre la biodiversidad y el ambiente en general, como es el caso del eucaliptus en Uruguay y la soja en la Argentina. Todo lo cual plantea un tema tecnológico real en toda su complejidad, y sería un excelente tema de estudio para un curso de ET.

Uno de los problemas – y en eso consiste una parte del análisis que debería hacerse en las clases de ET – es el destinatario de las riquezas generadas, porque hemos visto demasiadas veces que los que pagan el precio (en el caso mencionado más arriba, el costo ambiental, luego de determinar su real magnitud: esto es también un problema tecnológico) no suelen ser los mismos que recaudan los beneficios. Esta asimetría es típica de la estructura social, tanto a nivel local como general.

Otro aspecto del tema de la ET en un país latinoamericano es que casi siempre se trata de un problema importado de alguno de los países más desarrollados. Con esto no quiero caer en fáciles consignas antiimperialistas, sobreseyendo a nuestras propias estructuras económicas de los males que aquejan a nuestros pueblos. Nuestras estructuras políticas son corruptas, poco dadas a la innovación y prefieren quejarse a actuar enérgicamente contra los males que aquejan a nuestros pueblos. La gente está harta de estas estructuras, pero no sabe cómo cambiarlas; la consecuencia son puebladas, y consignas como “que se vayan todos”²⁴ referidos a los políticos – slogans que suelen ser olvidados pronto y no cambian nada en el fondo de las costumbres ciudadanas.²⁵

La relación de nuestras estructuras políticas corruptas y la ET es más directa de lo que parecería. En efecto, son intereses importadores perfectamente identificables los que corrompen a las autoridades y con ello tratan de sabotear el desarrollo autónomo de nuestros países, logrando generalmente que los gobiernos compren en el exterior productos de alta tecnología que podrían desarrollarse localmente,

²⁴ Esta fue la consigna referida a los políticos que se popularizó en la Argentina durante la grave crisis económica de 2002. No sé si está de más aclarar que los políticos no se fueron y todos ellos siguen combatiendo por “quedarse” sin que casi nadie ya cuestione seriamente la legitimidad de sus esfuerzos.

²⁵ Es aún temprano para evaluar los procesos más profundos que se están dando en estos días en varios países latinoamericanos.



abriendo simultáneamente nuevos mercados que complementen aquellos tradicionales de productos primarios que nos caracterizan. ¿Es esto un tema de estudio para la ET? Habría que analizarlo.

La mayoría de los proyectos tecnológicos de cierta envergadura planteados a nuestros países son importados y pretenden aprovechar alguna de las ventajas de nuestros países, tales como la mano de obra barata, los recursos naturales poco protegidos o las estructuras políticas permeables a la corrupción; además de nuestra crónica hambre de inversiones, ya que nuestros propios “ricos” generalmente prefieren invertir sus dineros fuera del país. Una ET de la amplitud que sugerimos también debería analizar el verdadero valor de tales inversiones para el bienestar de nuestros pueblos.

Pero al margen del origen de las tecnologías que empleamos, el ciudadano medio debe ser capaz de analizar el efecto real que su uso tendrá sobre su estilo y nivel de vida, así como sobre la ecología de nuestros países. De tal modo, los cultivos industriales tecnointensivos, además de dar productos exportables al mercado internacional, desplazan a la población rural, modifican la tenencia de la tierra, afectan la biodiversidad, y hacen que nuestros países produzcan bienes agrícolas para el mercado internacional mientras que sus propias poblaciones pasan hambre.²⁶

La tecnología también tiene otros ejemplos de relación ambigua con la sociedad. Un ejemplo de esto es el caso de los teléfonos celulares, cuyo modo de funcionamiento es un digno tema de estudio de la ET en varias de sus versiones. Por una parte, esos adminículos se nos han hecho indispensables en muy pocos años, y representan un progreso inmenso en las posibilidades de comunicación entre aquellos seres humanos que tienen acceso a sus beneficios – cuyo número aumenta de manera sorprendente. Pero la contaminación radioeléctrica del ambiente por radiación por debajo del nivel de ionización es aún un fenómeno casi desconocido, y ya han surgido prevenciones – probablemente injustificadas y que por supuesto no lograrán detener el avance de la telefonía celular. Pero la aparición del teléfono celular y los adminículos que traen algunos de sus modelos está teniendo efectos sobre nuestro estilo de vida – y esto también es objeto de la ET.

Diferente es el fenómeno del automóvil, que en muchas ciudades, que – en vez de facilitarlo - está haciendo cada vez más dificultoso el desplazamiento al haberse abandonado casi enteramente el transporte público urbano (especialmente en los EEUU) y el interurbano de media distancia, mientras los vehículos individuales tienen dificultades crecientes para circular, ya no hay donde estacionarlos y las autopistas desfiguran el paisaje; al margen de que la falta de transporte público

²⁶ Es probable que esta situación empeore cuando se generalice el uso de aceites comestibles para producir combustibles (biodiesel) – un típico problema tecnológico que la ET debería encarar en su integridad – además de estudiar el proceso químico mediante el cual se transesterifican esos aceites para producir el combustible.



genera un gasto espacial (para un pasajero que viaja solo, del orden de 10 m² por persona, espacio en el que podrían viajar 20 personas sin apretujarse...) y de combustible totalmente irracionales, haciendo, para colmo, cada vez más irrespirable el aire de las grandes ciudades mientras se siguen postergando la aparición de los automóviles más “limpios” y de menor consumo por razones estrictamente comerciales. Es evidente que la generalización del uso de automóviles privados a países aún subdesarrollados como India y China es ambientalmente insostenible – además de estimular el individualismo y la falta de solidaridad entre los ciudadanos. Es de desear que este problema se resuelva mediante el uso de transportes públicos baratos, cómodos e ubicuos. Cosa que es perfectamente posible desde el punto de vista tecnológico, en la medida en que avance la tecnología del hidrógeno generado por energía eólica. Esta clase puede complementarse con un debate sobre el uso de la energía eléctrica en el transporte urbano y del uso de volantes de inercia para optimizar el uso de esa energía. El estudio de tales temas es ET en su mejor aspecto.

No cabe duda de que los productos de la tecnología contemporánea han traído enormes beneficios a la humanidad – pero no sólo beneficios y no a toda la humanidad, sino sólo a una parte, más o menos importante.²⁷ Esto también es un problema digno de ser debatido en una clase de ET mientras se discuten los principios de la televisión satelital y se explica qué es un satélite geoestacionario.²⁸ Es bueno que sepamos qué pasa en el mundo; es malo que se nos induzca a pensar los que “ellos” – los propietarios de los canales – quieren que pensemos o, mejor aún, dejemos de pensar. La comprensión de esta acción dual es otro de los temas que debería ser objetivo de la ET.

Con el impacto ambiental de las actividades tecnológicas pasa lo mismo. Hemos mencionado más arriba el problema actual de las papeleras sobre el río Uruguay. Como es obvio, no hay actividad humana que no tenga un impacto sobre el ambiente. La conciencia ambientalista ha surgido de la convicción de que la tecnología actual es tan potente que puede tener consecuencias irreparables. Hace cien años, se cortaban árboles; hoy, se puede deforestar una selva: y la diferencia – que es una consecuencia de los medios tecnológicos empleados – puede ser la devastación de países enteros, en pos de ganancias rápidas. Y esta afirmación no es teórica porque exactamente es lo que está ocurriendo en todos los continentes. Las selvas están desapareciendo rápidamente – en América, en África, en Asia y en Oceanía - y nadie sabe qué consecuencias tendrá eso sobre

²⁷ Uno de los beneficios de la tecnología contemporánea es la televisión globalizada por el uso de los satélites de comunicaciones, pero ella es sumamente ambigua: a la vez nos muestra el sufrimiento de millones de seres del modo más crudo, y los estilos de vida idealizados de unos pocos a los que las mayorías nunca podrán acceder. A la vez, esa misma televisión contribuye a descerebrarnos con programas imbéciles. Peor aún: nos acostumbra a la violencia, a la que muestra “en vivo y en directo” a nuestros niños. No se sabe la medida en la cual esta habituación a la violencia contribuye a hacer este mundo cada vez más violento.

²⁸ Recientemente, un periodista argentino definió ese tipo de satélite diciendo que la Tierra gira alrededor de él, en vez de los comunes, que giran alrededor de la Tierra. Por pudor omitimos la cita.



el clima, que ya está cambiando ante nuestra vista por otros motivos – a una velocidad impresionante y sin que aún queramos reconocer que los excesos de lluvias y las inundaciones en muchas partes del mundo tienen algo que ver con esto.

¿Son éstos problemas dignos de un curso de ET o no lo son? Los ejemplos desarrollado en cierta profundidad en los párrafos anteriores muestran la extensión y profundidad en que creemos que pueden y deben ser tratados los problemas tecnológicos: lo anteriormente dicho es ET en acción, ni más ni menos: una mejor comprensión del mundo en que vivimos.

La respuesta, para algunos, es la tecnofobia, la negación absoluta. El movimiento ambientalista es también un producto del desarrollo tecnológico, y es muy heterogéneo; está formado por miles de militantes abnegados y racionalmente preocupados por el futuro del planeta; pero en él también militan grupos de fanáticos, cuyo ideal de vida sería una sociedad aldeana y campesina al estilo del siglo XIX, mundo apto para una fracción de la población humana actual de la tierra;²⁹ el razonamiento de que este estilo de producción es altamente selectivo en cuanto a sus destinatarios les es ajeno.³⁰

Lo mismo ocurre con las opciones energéticas: la fobia ambientalista contra la energía nuclear es paradigmática de una posición que no tiene en cuenta la correlación entre riesgos y ventajas de esta forma de producción de energía, y uno de los objetivos de la ET es enseñar a evitar las tomas de posición *a priori*. Otro objetivo – aún más central – es discutir por qué y para qué el hombre necesita generar tanta energía como para combatir sangrientas guerras por el control de las fuentes de petróleo del mundo.

El problema energético tiene muchas facetas que la ET puede abarcar, aunque sea someramente. Uno es, por supuesto, el de las emisiones de gases que poseen “efecto de invernadero”; el más citado de los cuales es el anhídrido carbónico. Pero el metano – producido por el ganado y aún los bosques y los embalses hidroeléctricos – es cuarenta veces más efectivo que el CO₂ en relación con el efecto invernadero y se lo menciona pocas veces. Esto no significa que no haya que hacer todo lo posible por reducir el consumo de carbón y de hidrocarburos – pero es un buen ejemplo de la complejidad de cada uno de los problemas generados por la civilización contemporánea, porque no es suficiente y además reduce la utilidad de los trueques de emisiones por la plantación de bosques.

²⁹ Es poco probable que estos ambientalistas estarían dispuestos a renunciar, a la vez, a los adelantos de la medicina moderna.

³⁰ Por ejemplo, bregan por la alimentación “orgánica” cultivada sin los agroquímicos que aumentan en muchas veces el rendimiento por hectárea de cualquier cultivo; pero una reflexión más detallada y menos apasionada mostrará que la agricultura orgánica, si bien ya posee un mercado que la hace rentable, es una agricultura para ricos a quienes no importa el hambre de las mayorías.



Esto nos lleva a los tratados internacionales como el de Kyoto, cuyos objetivos no sólo no se han cumplido, sino que en la actualidad ya son completamente insuficientes. El cambio global del clima produce víctimas a diario, y las consecuencias del derretimiento de los hielos continentales o polares son también en buena parte un producto de ciertas tecnologías intensivas en el uso de energía.

No nos cansaremos de insistir en que las actividades basadas en las tecnologías actuales afectan nuestras vidas diarias, además de afectar profundamente el ambiente en que éstas se desarrollan, y citaremos algún ejemplo más. Uno de los fenómenos más fundamentales de la época actual es la creciente urbanización: los más diversos tipos de poblaciones migran del campo a las ciudades. No es la primera vez que esto ocurre. Cuando se produjo la Revolución Industrial inglesa en el siglo XVIII, una de sus causas y a la vez de sus efectos fue la expulsión de una población campesina de sus predios y su migración a las ciudades, donde contribuyeron a formar el proletariado industrial. Este proletariado tuvo que luchar duramente y ofrecer miles de víctimas hasta que pudo encontrar en las ciudades condiciones de vida relativamente dignas. El proceso actual es distinto, pero sus consecuencias son similares: la concentración de la propiedad del campo y el crecimiento de las grandes plantaciones que industrializan la producción agraria cada vez más, con la ayuda de máquinas cada vez más complejas que expulsan de la actividad a lo que quedaba de la población rural, generan un excedente de población que forma los cinturones de miseria de las grandes ciudades sudamericanas, asiáticas, africanas. Evitar este fenómeno es una de las grandes preocupaciones de los países centrales. Europa, por ejemplo, subvenciona a su producción agraria – contra los intereses de los países productores que no pueden acceder a sus mercados – y genera así una clase campesina que goza de todas las comodidades de la vida urbana sin los inconvenientes de la ciudad, que además está siempre a una distancia accesible.

Según algunos autores,³¹ este proceso de urbanización – que tiene un límite natural que ya ha sido alcanzado en todos los países desarrollados y está progresando rápidamente en los continentes más “atrasados” - es uno de los motores más eficaces del desarrollo económico. Por eso, sería previsible una crisis económica de gran magnitud cuando avancen más los procesos de urbanización en China e India.

Dentro del ámbito de las ciudades, el tamaño creciente de las aglomeraciones también está teniendo efectos profundos sobre la vida urbana misma. Por una parte, se hacen cada vez más necesarios los sistemas de conservación de alimentos, y tal vez sea necesario aumentar el rendimiento de las cosechas por medios genéticos. Por la otra, el sistema de distribución de bienes se masifica de tal modo que los pequeños comercios de antaño tienden a desaparecer, a favor de los gigantescos hipermercados y shopping-malls que minimizan los costos de distribución. Como producto secundario de la sociedad de consumo, estos

³¹ R. Kozulj, ¿Choque de Civilizaciones o Crisis de la Civilización Global? Miño y Dávila, eds. 2005



comercios se transforman en sitios de atracción turística, en circunstancias en que la naturaleza impoluta desaparece bajo el cemento. Las sociedades suelen reaccionar ante este fenómeno, con mayor o menos éxito, ya que los intereses inmobiliarios suelen ser un enemigo formidable y corruptor.

Una corriente contraria, que también es una consecuencia de los desarrollos de equipos de transmisión radioeléctrica de baja potencia, es el surgimiento de cientos de estaciones de radio FM vecinales, que contribuyen a la democratización del conocimiento.

5.

La medicina es un caso particular, aunque igualmente multifacético y digno de ser incluido en un curso de ET. Es evidente que se ha logrado prolongar la esperanza de vida al nacer en varias décadas en los países desarrollados. En primer lugar esto es consecuencia del mejoramiento de las condiciones sanitarias de las poblaciones más favorecidas. En segundo lugar, está el desarrollo de los antibióticos que han disminuido enormemente el impacto de la mayoría de las enfermedades infecciosas.³² Recién en tercer lugar vienen los métodos de diagnóstico y el diseño de drogas específicas basadas en un conocimiento cada vez más detallado de los mecanismos de acción de muchos agentes patógenos. Este hecho se debe destacar especialmente porque se suele insistir preferentemente en los equipos de alta visibilidad y complejidad, como los tomógrafos, las técnicas de trasplante de órganos y otros procedimientos de alta tecnología que salvan vidas pero en ese sentido son mucho menos importantes que la generalización - aún esperada - del acceso a agua potable y cloacas...

Este no es solamente un problema tecnológico, por supuesto: depende de factores sociales y aún geográficos; pero esto es, justamente, el objetivo de nuestra versión de la ET: muestra que uno no debe encandilarse con los innegables logros de la alta tecnología en medicina, ya que la finalidad de ésta es salvar vidas humanas y no sólo realizar proezas tecnológicas fascinantes, como sin duda son los trasplantes de órganos.

La organización de la Salud Pública es un objeto genuino de la ET; en una clase sobre ese tema, se podría analizar el equilibrio necesario entre la disponibilidad de equipos de última generación de diagnóstico por imágenes y la existencia de

³² Aunque se combata con éxito las enfermedades infecciosas clásicas como la viruela - el caso paradigmático, que ha desaparecido totalmente luego de haber diezclado la población originaria de América en tiempos de la conquista - se producen o aparecen nuevas enfermedades como el SIDA, cepas resistentes de tuberculosis, la fiebre de Ébola; y se mantienen en sus niveles tradicionales la malaria y el mal de Chagas-Mazza simplemente porque son enfermedades de pobres, y los grandes laboratorios no destinan a esas enfermedades los fondos necesarios para contribuir a su erradicación. La malaria es un caso especial: empleando insecticidas clorados como el DDT se ha conseguido disminuir mucho el impacto de estas enfermedades, pero al haberse descubierto que esos compuestos tienen efectos cancerígenos muy persistentes se prohibió su uso, lo que condujo a un nuevo aumento de la incidencia de la enfermedad.



centros periféricos de atención primaria. El diseño conceptual de una asistencia de este tipo es un proyecto digno de un curso de ET.

6.

Ha llegado el momento de dar un cierre a estas reflexiones con una propuesta revolucionaria. Es notorio el desinterés de los adolescentes por la escuela, con las notorias y meritorias excepciones que siempre modifican estas generalizaciones. Por otra parte, hemos defendido la tesis de que la ET es una componente esencial de la educación en nuestros días; la cuestión es ver en qué consiste y en las líneas que anteceden hemos intentado ofrecer varias variantes, que no se interponen entre sí si se dispone de tiempo suficiente y se puede diseñar un programa de clases que estimule a los alumnos.

La propuesta que podría revolucionar a toda la educación secundaria – y darle un nuevo sentido del que ahora carece - sería la que toda ella se articule alrededor de la ET como centro de una red de relaciones con las demás asignaturas. En efecto, sería hora de que la enseñanza secundaria deje de ser una yuxtaposición de temas que no guardan relación unas con otras ni con la vida diaria de los alumnos. La T puede perfectamente ser el nexo unificador: es del interés inmediato para la vida de los ciudadanos, y permitiría unificar en un solo haz de conocimientos desde la química hasta la geografía.

Sería lo contrario al concepto de la tecnología como ciencia aplicada, y en ese sentido, también iría en contra de la mayoría de los planes de estudio de las carreras universitarias de ingeniería.

Reconozco que la propuesta es tan revolucionaria que su realización en un futuro próximo es poco practicable: primero habría que formar con ese criterio a toda una nueva generación de docentes – con lo cual habría que comenzar modificando radicalmente el criterio de capacitación de éstos. Una tarea de titanes. Pero, por otra parte, si no se modifica a fondo, la educación formal pronto será un ritual carente de todo sentido práctico, y que se enfrentará cada vez más con el rechazo o la resignación de las nuevas generaciones de adolescentes; los que, entonces, serán educados en cada vez mayor medida por las peores influencias que brinda una civilización cada vez más degradada.

Tomás Buch, enero de 2007