

¿Qué alfabetización científica en Electrónica se promueve desde la escuela?

Antonio García-Carmona

The paper argues that a suitable scientific literacy in Electronics, as well as the acquisition of conceptual and procedural contents, should integrate the Science-Technology-Society interactions concerning this topic. This way, students can develop attitudes and capacities that allow them to evaluate critically the consequences —to short and long term— of the use (and abuse) of Electronics in the world through that they live. Results and conclusions of a descriptive study on Science-Technology-Society interactions integrated in Technology textbooks of secondary school are presented.

Introducción

No cabe duda de que la Electrónica es uno de los campos que simbolizan la gran revolución científica-tecnológica del mundo actual; no en balde su desarrollo ha dado origen a la conocida *Era de la Información y Comunicación*. Este hecho plantea la necesidad de impulsar una alfabetización científica básica en Electrónica desde los niveles elementales de la educación (García-Carmona, 2008).

Las primeras iniciativas aparecían durante la década de 1980, en países como Francia (p.e. Baroux y Habran, 1986) y Reino Unido (p.e. Summers, 1985). Prácticamente todas ellas tenían como principal objetivo que los alumnos adquiriesen, prioritariamente, conocimientos conceptuales y procedimentales sobre el funcionamiento de sistemas electrónicos. Sin embargo, una adecuada alfabetización científica en Electrónica debe ir más allá; también debe abarcar aspectos como su historia y evolución, su naturaleza y características, así como su papel en la vida personal y social, es decir, las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad.

En los últimos años han aparecido algunos proyectos encaminados a promover la enseñanza de la Electrónica desde esa perspectiva. Dos ejemplos son el "Get Electronics Project", que se desarrolla en Finlandia (Lavonen y Meisalo, 2003), y el "Electronics in Schools" (Murphy et al., 2004), en Reino Unido.

En España, es a partir de la década de 1990 cuando se introduce la Electrónica en Educación Secundaria Obligatoria (ESO), dentro del área de Tecnología. Desde entonces, el libro de texto viene siendo el recurso más utilizado en su enseñanza. Por tanto, su análisis constituye una de las principales fuentes de información sobre el tratamiento habitual de sus contenidos en la escuela.

Por ello, nos propusimos explorar qué atención reciben los aspectos anteriores en diversos textos escolares de Tecnología de la ESO.

Metodología

El estudio se concretó en un análisis descriptivo sobre la introducción y tratamiento de las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad, existentes en torno a la Electrónica. Para ello se analizaron 9 textos escolares de Tecnología de 3º de ESO (tabla 1). Se eligió este curso porque es el único de la etapa donde se incluyen contenidos de Electrónica de manera obligatoria para todo el alumnado. No se siguió ningún procedimiento específico de selección, sino que se escogieron aquellos textos a los que se tuvo acceso. Si bien, la relación era lo suficientemente representativa como para poder extraer datos significativos.

T1	ARMADA, M. et al. (2004). <i>Tecnología. Serie Motor. 3º ESO</i> . Madrid: Santillana.
T2	BLÁZQUEZ, M. et al. (2002). <i>Tecnología (Libro/Diario de clase). 3º ESO</i> . Madrid: Santillana.
T3	GONZALO, E. et al. (2002). <i>Tecnología e Informática. 3º Educación Secundaria</i> . Madrid: Anaya.
T4	CASTELLÓN, T. et al. (2004, 3ª ed.). <i>Tecnología. 3º ESO</i> . Sevilla: Guadiel-Grupo Edebé.
T5	LÓPEZ, M., LÓPEZ, J. Y FERNÁNDEZ, N. (2002). <i>Tecnología. 3º ESO</i> . León: Everest.
T6	MORENO, J. et al. (2002). <i>Tecnología. Proyecto Exedra. 3º Secundaria</i> . Madrid: Oxford.
T7	MARTÍN, L. et al. (2002). <i>Tecnología. 3º Secundaria</i> . Madrid: SM.
T8	MARTÍNEZ, J.A., SILVA, F. Y DE LA ROSA, C. (2002). <i>Tecnología. 3º ESO (Proyecto 2.2)</i> . Zaragoza: Edelvives.
T9	ROMERO, A. Y SERRATE, X. (2002). <i>Tecnología 3º ESO</i> . Madrid: Bruño.

Tabla 1. Relación de libros de texto analizados.

Se siguió el protocolo de análisis de la tabla 2. Además de la presencia o no de contenidos, se examinó cómo y dónde

eran tratados dentro de las unidades didácticas. El lugar de ubicación de cierto contenido, o su inclusión en la propuesta de actividades, da idea de la importancia que el texto concede a dicho contenido.

Criterio 1	Se citan las aplicaciones de la Electrónica en diferentes ámbitos: industria, hogar, comunicaciones, salud, etc.
Criterio 2	Se alude a las interacciones entre la Ciencia y la Tecnología dentro de la Electrónica, así como la influencia de ésta en otros dominios tecnocientíficos. Este criterio se desglosa en: a) Se cita la contribución de la Electrónica al conocimiento tecnocientífico, en general, y especialmente a la creación de nuevos campos de investigación. b) Se establece conexión entre Física y Tecnología en el desarrollo de la Electrónica.
Criterio 3	Se trata la influencia de la Electrónica en la configuración social y cultural (y viceversa).
Criterio 4	Se comparan las consecuencias beneficiosas y perjudiciales de la Electrónica en la sociedad, intentando promover el debate y el pensamiento crítico.
Criterio 5	Se incide en la historia y evolución de la Electrónica: orígenes y desarrollo del conocimiento en electrónica, así como sus últimos avances.
Criterio 6	Se tratan los problemas medioambientales derivados del consumo de productos electrónicos.

Tabla 2. Criterios que conforman el protocolo de análisis.

Resultados

Aplicaciones de la Electrónica

El aspecto más frecuente en los textos se refiere a las aplicaciones de la Electrónica en la industria, el hogar, la salud, el ocio, etc. (criterio 1). Si bien, suele ser introducido, mayoritariamente (8/9 de los textos), como contenido declarativo en la presentación de las unidades; sólo tres lo hacen durante el desarrollo de éstas, o como información complementaria. Algo similar ocurre, aunque en menor proporción, con la propuesta de actividades. Lo más frecuente (4/9 de los textos) es plantear actividades en la presentación de la unidad; sólo uno lo hace durante el desarrollo de la unidad y/o dentro de la recapitulación de la misma. Ninguno propone actividades complementarias o de ampliación al respecto.

Ejemplos de exposición de las aplicaciones tecnológicas de la Electrónica como contenido declarativo:

“Los sistemas y dispositivos electrónicos tienen múltiples aplicaciones y se emplean en ámbitos muy

diversos, como el hogar, la industria o las telecomunicaciones. En el hogar, se utilizan en la mayoría de los electrodomésticos de que disponemos. En la industria, han permitido el desarrollo de sistemas de control automático y programable. En telecomunicaciones, los dispositivos electrónicos se emplean en emisores y receptores de radio y televisión, telefonía fija y móvil, reproductores de DVD, navegación por satélite (GPS), etc.” (T4, p. 102; contenido declarativo de desarrollo).

A través de actividades:

“Busca información y di el nombre de tres aparatos que funcionen mediante un sistema electrónico y que estén relacionados con cada uno de los ámbitos que se indican a continuación: industria, comercio, hogar, comunicaciones, tiempo libre, energía, transporte, medicina.” (T4, p. 107, actividad de desarrollo).

Ciencia y Tecnología en la Electrónica

La contribución de la Electrónica al desarrollo de otros campos tecnocientíficos (criterio 2a) es tratada sólo por cinco textos, como contenido declarativo de desarrollo de la unidad; y por cuatro, en la presentación de la misma. En las secciones de ampliación prácticamente no es abordado. Igualmente, el aspecto apenas es atendido en las propuestas de actividades.

La confluencia de conocimientos científicos y tecnológicos en la construcción y desarrollo de Electrónica (criterio 2b), sí es tratado con más frecuencia que lo anterior. Si bien, siete de los textos limita su tratamiento, casi exclusivamente, a la exposición de contenidos declarativos; sólo dos proponen actividades al respecto. En su tratamiento se observan dos modos. El primero, pone de relieve que tanto la Física como la Tecnología son esenciales y se complementan para lograr avances en Electrónica. Un ejemplo:

“Los semiconductores son materiales que presentan características intermedias entre los conductores y aislantes. [...] Estos elementos son tetravalentes, es decir, tienen cuatro electrones de valencia, y forman enlaces covalentes en los que comparten estos electrones con sus átomos vecinos. [...] En la actualidad el semiconductor más utilizado es el silicio, debido a sus mejores características y a su capacidad para soportar mejor altas temperaturas. [...] La teoría de bandas constituye una explicación alternativa del comportamiento de los semiconductores. [...]” (T2, p. 52-55; contenido declarativo de desarrollo).

El otro modo transmite la idea de que la Electrónica es un campo esencialmente tecnológico. Los textos ubicados en esta línea, relegan los principios físicos en los que se basa a un segundo plano, al presentarlos fuera del *corpus* básico de la unidad. Esta perspectiva no es la que mejor refleja la construcción y desarrollo de la Electrónica; máxime si se atiende a su historia y epistemología (Jenkins, 2005), que indica que

es uno de los campos donde las aportaciones de la Física y la Tecnología están más equilibradas.

Electrónica y configuración sociocultural

La presencia de la Electrónica en la sociedad es bastante notoria (criterio 3), de manera que su repercusión en nuestro estilo de vida merece ser tratada en una alfabetización científica básica en Electrónica. Hoy son pocos los hábitos o tareas diarias en los que ésta no interviene. Ello, a su vez, genera nuevas necesidades que condicionan, de alguna forma, el desarrollo de este campo. Por tanto, se puede hablar de una influencia recíproca entre Electrónica y sociedad.

La interacción de la Electrónica con la sociedad (criterio 3) es sólo tratada en 4 textos, principalmente, como contenido declarativo de presentación de la unidad. Sólo dos lo incluyen dentro del desarrollo de la unidad, y uno como ampliación. En estos textos, la influencia de la Electrónica en la sociedad es el tratado mayoritariamente; mientras que la influencia de la sociedad en el desarrollo de la Electrónica, es escasamente abordada. Y prácticamente no plantean actividades al respecto.

Ejemplo del tratamiento de la influencia de la electrónica en la configuración social y cultural:

“Seguramente la electrónica ha sido uno de los campos de la tecnología que más ha hecho cambiar la vida de las personas, desde principios del siglo XX hasta nuestros días. [...] Para darse cuenta de la magnitud de la electrónica en el mundo actual, no hay más que intentar vivir un día sin luz eléctrica, sin comida calentada en hornos microondas, sin posibilidad de transporte, sin calefacción, y sin multitud de aparatos y sistemas eléctricos y electrónicos. [...]” (T2, p. 41; contenido declarativo de presentación).

Ejemplo del tratamiento de la influencia de la sociedad en el desarrollo de la electrónica:

“El Centro Nacional de Microelectrónica fue creado en 1983 y depende del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Cuenta con tres sedes, radicadas en Madrid, Barcelona y Sevilla. En cada una de las sedes, la investigación se orienta de manera particular, dependiendo de las necesidades y de las demandas de la sociedad. [...]” (T4, p. 117; contenido declarativo de ampliación).

Beneficios y perjuicios del consumo de productos electrónicos

Actualmente existe un consumo excesivo de productos electrónicos, que está dando lugar a una serie de problemas psicosociales significativos (El País, 2005). Por ello, parece lógico que una adecuada alfabetización científica en Electrónica promueva debates orientados a reflexionar sobre los beneficios y perjuicios del consumo de productos electrónicos (criterio 4). Sin embargo, la mayoría de los textos no se

ocupan de ello. Sólo dos lo tratan, y como algo secundario, mediante alguna actividad de ampliación. Ejemplo:

“En los últimos años los avances electrónicos han contribuido enormemente a mejorar el bienestar del género humano. a) ¿Crees que estos avances han sido siempre beneficiosos? b) ¿Han mejorado realmente el nivel de vida de todas las personas? c) ¿Han significado una disminución del número de puestos de trabajo? d) ¿Existe realmente un mayor bienestar social?” (T5, p. 97; actividad de ampliación).

Historia y evolución de la Electrónica

La integración de la historia de la Electrónica en su enseñanza (criterio 5) ofrece una visión realista de ésta, como campo en construcción permanente, condicionado por las circunstancias de cada época.

La Electrónica nace a finales del siglo XIX con la invención de la válvula de vacío, por Thomas A. Edison, en 1883. Pero los avances más espectaculares en este campo son más recientes. A mediados del siglo XX, la Electrónica protagoniza una de las mayores revoluciones tecnocientíficas de la historia de la humanidad: el uso de materiales semiconductores en la fabricación de chips, o circuitos electrónicos integrados; hecho reconocido con el premio Nobel de Física 2000.

En los textos analizados, sólo cinco tratan algunos de estos aspectos como contenido declarativo básico de la unidad. El resto lo hace en la presentación de la unidad, y/o en la sección de ampliación.

Ejemplo del tratamiento dado a la historia de la electrónica:

“En 1947, J. Bardeen, W. Brattain y W. Shockley crearon un curioso dispositivo formado por dos láminas de oro muy finas, montadas sobre un triángulo de plástico y unidas mediante una hoja de germanio (material semiconductor). Al enviar una señal eléctrica [...] ésta se reproducía, en el otro contacto, amplificada cientos de veces. Había nacido el primer transistor.” (T8, p. 76; contenido declarativo de desarrollo).

Ejemplo donde se mencionan los últimos avances o tendencias en investigación electrónica:

“[...] En la Universidad de Harvard han construido nanocables hechos con átomos individuales, que miden una millonésima de micra de ancho y unas milésimas de micra de largo. Utilizan una gota de disolvente que contiene un semiconductor y que se deposita sobre una superficie de óxido de silicio llena de microscópicas celdillas. En cada punto donde se cruzan dos de estos nanocables se forma una estructura que actúa como un transistor.” (T7, p. 129; contenido declarativo de ampliación).

En relación con la propuesta de actividades, sólo dos textos proponen alguna en la presentación de la unidad, en la recapitulación de la unidad y/o como ampliación. Y sólo

uno propone alguna durante el desarrollo de los contenidos de la unidad:

“La constante miniaturización de los circuitos electrónicos ha permitido, no sólo simplificar en tamaño y complejidad muchos aparatos, sino también introducir la electrónica en objetos que hace poco era impensable. Para ilustrar este rápido desarrollo buscad circuitos, desde los más antiguos hasta los de última generación, y comparad su tamaño y capacidad. [...]” (T2, p. 85; actividad de ampliación).

Problemas medioambientales derivados del consumo electrónico

Quizás una de los aspectos menos conocidos o aludidos de la Electrónica sea su impacto medio ambiental (criterio 6). El continuo reemplazo de aparatos electrónicos (computadoras, teléfonos móviles, etc.), que se vuelven obsoletos ante otros más modernos, hace que cada vez se acumulen más desechos electrónicos. El problema es encontrar formas de reciclarlos, o eliminarlos, sin que dañen al ser humano y al medio ambiente. Además, es urgente pues lo que está ocurriendo es que las naciones más ricas depositan sus desechos electrónicos en los países más pobres (BBC, 2006). Su tratamiento en el aula puede contribuir, por tanto, a la educación ambiental y de consumo responsable.

Pese a su importancia, los textos prácticamente no abordan el tema. Sólo uno lo trata como contenido declarativo en la ampliación de la unidad:

“[...] ordenadores, teléfonos móviles, etc., que han perdido su utilidad como consecuencia del deterioro producido por su uso cotidiano, o bien por la aparición de nuevos modelos con mayores prestaciones, que dejan desfasados a los anteriores, se conocen como residuos eléctricos y electrónicos. [...] Lo grave es que estos equipos en desuso contienen sustancias tóxicas [...], que resultan peligrosas tanto para la salud de las personas como para el medio ambiente [...]” (T5, p. 97; contenido declarativo de ampliación).

Conclusiones

1. Las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad, relativas a la Electrónica, no forman parte del *corpus* básico de los contenidos propuestos en los textos de la ESO sobre el tema. Frente a la enseñanza de conceptos, leyes y técnicas, dichas interacciones suelen considerarse un contenido secundario. Con lo cual, se fomenta una enseñanza de la Electrónica esencialmente propedéutica, neutra y, consecuentemente, poco alfabetizadora. Algo ciertamente preocupante, si consideramos que, para una inmensa

mayoría de la ciudadanía, probablemente sea lo único que estudien sobre Electrónica.

2. Los aspectos analizados suelen ser tratados como contenidos declarativos, con poca incidencia en las secuencias de actividades. Esto es significativo, considerando que su realización constituyen el mejor medio de aprendizaje en las etapas básicas de la educación.
3. Aspectos como las repercusiones sociales del consumo electrónico y su impacto medioambiental son escasamente tratados. Igualmente se obvian otros como el papel de la electrónica en decisiones políticas y administrativas (el DNI electrónico, el voto electrónico, la receta electrónica, etc.), en el arte; o el uso y desarrollo de la Electrónica con fines bélicos y armamentísticos.
4. Se tiende a presentar la Electrónica como un campo esencialmente tecnológico, adjudicando a la ciencia electrónica un papel subordinado a la primera. Tal vez ello sea consecuencia de concepciones epistemológicas inadecuadas sobre la Electrónica; el hecho de que, en la educación básica, sea introducida exclusivamente en la materia de Tecnologías dice mucho al respecto.
5. En consecuencia, creemos que con los contenidos que presentan los textos escolares analizados, poco se contribuye a una adecuada alfabetización científica en Electrónica. Y ello se torna aún más alarmante si se tiene presente que estos son el recurso didáctico utilizado, mayoritariamente, en su enseñanza.

Referencias

- [1] BAROUX, H. Y HABRAN, J. (1986). PAE: Iniciation à l'électronique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, **683**, 699-701.
- [2] BBC MUNDO (2006). *Riesgos de la basura electrónica*. Edición digital BBC MUNDO.com/CIENCIA (28-11-2006). [Última consulta: 06-11-2008].
- [3] EL PAIS (2005). *El Defensor del Menor de Madrid alerta del uso adictivo del móvil entre los adolescentes*. Edición PAÍS.es/Sociedad (24-05-2005). [Última consulta: 25-01-2007].
- [4] GARCÍA-CARMONA, A. (2008). *Física de Semiconductores en la Educación Científica Secundaria*. Ourense: Educación Editora.
- [6] JENKINS, T. (2005). A brief history of... semiconductors. *Physics Education*, **40**, 430-439.
- [7] LAVONEN, J. Y MEISALO, V. (2003). Current Research Activities in the LUONTI Project. *Media Education Publication*, **8**, 307-338.
- [8] MURPHY, P., MCCORMICK, B., LUNN, S., DAVIDSON, M. Y JONES, H. (2004). *Electronics in Schools (EiS) Programme. Final Evaluation Report*. Milton Keynes: Open University.
- [9] SUMMERS, M.K. (1985). Electronics 11-18: a coordinated programme for the school physics curriculum. *Physics Education*, **20** (2), 55-61.

Antonio García-Carmona
Dpto. de Didáctica de las Ciencias,
Universidad de Sevilla.