

## LAS FORMAS DEL CONOCIMIENTO CIENTIFICO EN LOS ESTUDIOS VASCOS

Nicanor Ursua

---

El tema de la ponencia 'Las formas del conocimiento científico en los estudios vascos' resalta marcadamente dentro de los otros muchos e interesantes temas tratados en el XII Congreso de Eusko Ikaskuntza. La mayoría de las otras ponencias, comunicaciones y mesas redondas son tremendamente prácticas, muy centradas en el quehacer diario de los profesionales de la Educación, sobre contenidos y metodologías concretas. En medio de esa atención justificada a lo cotidiano y concreto aparece esta ponencia nada menos que sobre el conocimiento científico, la ciencia, la científicidad, el "ethos" científico, etc. Una ponencia expuesta además por un filósofo de primera categoría. ¿Se trata de una excentricidad o de un complemento necesario, de un toque exótico o de una perspectiva clarificadora?. Para mí la respuesta es clara: la ponencia es un complemento muy oportuno a la mayoría de los trabajos del Congreso y puede darles una perspectiva clarificadora. Lo razono.

Los profesionales que trabajamos en la Educación por suerte tenemos una formación universitaria y difícilmente podemos dejar de ser humanistas. Por estas dos características, aunque trabajemos en cosas muy concretas y en contextos de trabajo a veces muy limitados, nos gustan y buscamos perspectivas e intereses más amplios. Si lo logramos se introduce una luz nueva y un valor más vivificador en nuestras clases, despachos y mil papeles que trabajamos. En este sentido es muy positivo insertar nuestro trabajo dentro de una perspectiva de Ciencia y Tecnología con mayúsculas, de sus relaciones y modos. Entonces nuestra práctica se puede insertar también en la Práctica, también con mayúsculas, y en sus relaciones con la Ciencia y la Tecnología.

Algunos recalcan que de hecho son mundos separados o al menos con excesivos desfases. Será así cuando no resolvamos bien los problemas. Si es verdad que nuestra práctica es muy idiosincrática, nosotros mismos con unas características personales y profesionales muy específicas, trabajando con sujetos muy concretos en entornos y circunstancias muy particulares, y con medios más o menos limitados. Pero esa práctica es parte de un proceso educativo, por lo mismo de una intervención, aunque sea con todos los respetos para con los educandos. Y como toda intervención tiene que cuidar mucho las formas de intervención, los modos de intervención, las técnicas. De ahí el acierto de quienes insisten en dar una definición tecnológica de la Educación. Pero la tecnología es en cierto sentido una mediación entre la ciencia y la práctica, consecuencia y fruto de la ciencia, dirigida a la práctica.

De estas y otras cosas nos hablará más y mejor el profesor Ursua. Se podrían hacer referencias también a la cultura y relacionar ciencia, tecnología y práctica con la cultura. Y la Educación con todas ellas.

Permítaseme que en esta presentación introduzca una cuña sobre la investigación. Por un lado es inevitable que lo haga dado mi sesgo profesional y por otro está justificado en un contexto de ciencia y de hacer ciencia. También desde el ángulo de la tecnología y de la práctica. Quiero insistir una vez más en la necesidad de que todos los profesionales investiguemos más, en concreto los que estamos en el mundo de la educación. Es una dimensión de nuestra profesionalidad que no podemos ignorar, ni permitimos el lujo de abandonarla en general o dejarla a otros más encerrados en un mundo academicista. Por suerte cada vez se investiga más, hay más recursos para la investigación, y hay más maestros/profesores que investigan. También es verdad que los recursos para la investigación podrían adjudicarse mejor y que podríamos investigar mejor, comenzando por formarnos más y continuamente para hacerlo.

Afortunadamente lo del maestro/profesor investigador está de moda. Ultimamente aparecen muchas publicaciones sobre investigación y maestros/profesores, con ideas sobre la importancia de nuestras formas de conocer, la investigación como una forma de reflexión e interpretación de la tarea y del quehacer, su importancia en el desarrollo personal y profesional, etc.

Por supuesto preocuparse de la investigación implica preocuparse de su contexto y del método, idealmente no siendo muy restrictivos y si pluralistas en nuestras conceptualizaciones.

Obviamente exponente no puede tratar estos y otros temas relacionados con los mismos con toda amplitud. Tenemos la suerte de que su ponencia sí los va a situar dentro de un nivel que nos puede gustar como perspectiva y nos puede servir para sacar consecuencias prácticas. No doy ni glosó el esquema de la ponencia, ni sus objetivos porque lo va a hacer el mismo ponente al comienzo de su exposición.

Solo me queda decir unas palabras sobre el mismo ponente, a quien ya conocéis la mayoría. Es un profesional especialmente cualificado y autorizado para hablar de estos temas. Como sabéis es doctor en Filosofía por la Universidad de Munich (Alemania) y catedrático de Teoría del Conocimiento en la Universidad del País Vasco. Sus méritos fueron reconocidos también por la Universidad Pública de Navarra, donde se le adjudicó la cátedra de Metodología de la Ciencia.

Es difícil resaltar algunas de sus muchas publicaciones. Algunos procuramos leer todo lo que publica, comenzando en su tiempo por su libro de texto "Filosofía de la Ciencia y Metodología Crítica" y siguiendo por cosas más recientes con títulos tan significativos como "Nada se fundamenta/justifica: Todo se critica".

Su trabajo práctico tiene muchas dimensiones, además de su docencia en la Universidad. Incluye su participación en organizaciones internacionales, y en el Instituto de investigación sobre Ciencia y Tecnología.

Iñaki DENDALUZE

"Sólo entendemos lo que podemos construir"

(P. Lorenzen: *Pensamiento metódico*, ed. Sur, Buenos Aires, 1973, 42).

## 1. INTRODUCCION\*

Antes de comenzar la exposición, me gustaría hacer algunas precisiones con relación al título de la ponencia:

1. Al hablar de "las formas del conocimiento científico", parece que se está sugiriendo que existe otra forma de conocimiento que no es científico y que, por lo tanto, podríamos distinguir entre pseudociencia(s) y ciencia. Esto nos llevará a preguntarnos por los conceptos de "ciencia", "conocimiento científico", "criterios o standards de científicidad y las características de una "buena" teoría científica y de su "contexto social".

2. Con relación a la expresión "Estudios Vascos", quiero entender con este término "la investigación, el estudio y la difusión de conocimientos acerca de las estructuras físicas, culturales, económicas y políticas, pasadas y presentes, que han configurado la identidad colectiva de Vasconia", todo ello con *criterios de científicidad* que iremos desgranando y discutiendo<sup>2</sup>.

## 2. OBJETIVOS GENERALES QUE SE PERSIGUEN EN ESTA PONENCIA

1. Clarificar el concepto de ciencia y conocimiento científico como valor terminal y como construcción humana.

\* (Muchas de las ideas expuestas han surgido en el seno de INVEVICIT (Instituto de Investigación sobre Ciencia y Tecnología) y se las debo a J. Sanmartín, J.A. López Cerezo, J.L. Luján, M. Medina, A. Alvarez, A. Martínez, R. Mendez y E. Aibar).

1. Cfr. *Memorandum sobre Eusko Ikaskuntza*, 1993, 5.

2. En el folleto explicativo referente al XII Congreso de "Estudios Vascos en el Sistema Educativo" se tienen en cuenta las siguientes áreas de estudio: Ciencias de la Naturaleza: formales y materiales; Ciencias Sociales, Geografía e Historia Lengua y Literatura Expresión Artística y Corporal: Tecnología y Universidad.

2. Establecer los criterios o standards de científicidad y las características de una "buena" teoría científica.

3. Introducir valores culturales y un "ethos" científico.

4. Sustituir el ingenuo optimismo científico y tecnológico por una actitud crítica, pero sin negar el valor y significado de la ciencia y la tecnología en la sociedad contemporánea.

5. Recurrir a una cierta síntesis de las diferentes ramas del saber para adoptar un *enfoque interdisciplinar y holístico* para abordar los grandes y graves problemas que se deben afrontar en una sociedad científico-tecnológica.

6. Sin negar (o "deconstruir") la diferencia de las disciplinas científicas, intentar una "mediación" entre las así llamadas "dos culturas": por un lado, la científica y, por otro, la humanística.

7. Asegurar un desarrollo sostenible (mejora de las condiciones de la vida humana) y contribuir al liderazgo (mundial) a través de la promoción y desempeño del uso responsable de los recursos nacionales. Esto requiere la configuración de un liderazgo científico-tecnológico y el reconocimiento de responsabilidades intergeneracionales<sup>3</sup>.

## 3. EL CONCEPTO DE "CIENCIA" Y "CONOCIMIENTO CIENTIFICO"

La *ciencia* se puede entender como un proceso sistemático, ordenado y metódico de la mente humana para obtener un saber ("conocimiento") fiable. El *conocimiento científico* es un "saber (conocimiento) público". Es un saber que pertenece a los miembros competentes de un grupo científico, a saber, la "comunidad científica", que trabajan juntos, se critican mutuamente, lo expresan en enunciados científicos y son responsables del mismo. En este sentido, por ejemplo, la ecuación de Maxwell de la electrodinámica es aceptada y aplicada por todos los físicos independientemente de su nacionalidad, su procedencia y credo político.

3. Cfr. G. Vollmer, 1992; L. Tondl, 1993; T. Sorell, 1993; M. Horvat, 1993.

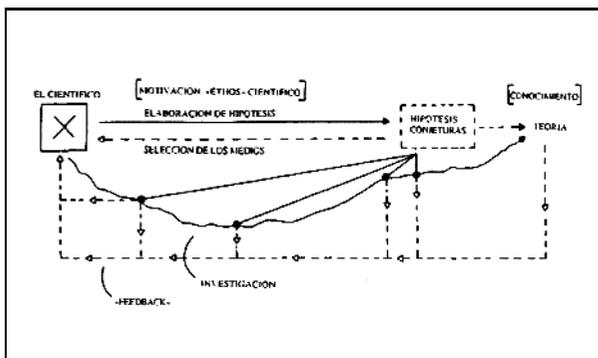
La obtención del conocimiento presupone tres cosas: 1) la inclinación o impulso por el conocimiento (propensidad del investigador), 2) el método científico (estrategia investigadora) y 3) una conducta científica (virtudes del investigador o "ethos" científico).

La mayoría de los científicos (y otras personas) piensan que el conocimiento es un "bien", un valor terminal importantísimo (primado del conocimiento) por el que vale la pena luchar, aunque quizá el "conocimiento por amor al conocimiento" —se noble ideal de algunos científicos—, sea algo demasiado para los humanos, pues la motivación por la ciencia no siempre es el "conocimiento", sino la solución de problemas existenciales concretos: bienestar y libertad, seguridad, un alto nivel de standard de vida, salud, etc. La valoración del conocimiento objetivo por amor al conocimiento es un producto de la evolución cultural y, por lo tanto, algo frágil y reversible. Desde el punto de vista de la herencia genética, sólo estamos interesados en el conocimiento en tanto en cuanto nos ayuda a sobrevivir, pues en la evolución genética del ser humano no existía ninguna ventaja selectiva para el conocimiento sin aplicación. Hoy muchos científicos buscan el "reconocimiento" de la comunidad científica, lo que significa confirmación, por parte de colegas competentes, de que el trabajo de uno ha sido bien hecho y es importante para el desarrollo científico.

Este acuerdo entre los expertos puede determinar, a su vez, lo que se ha de considerar como "conocimiento científico" y lo que se ha de rechazar como no científico. Sea como fuere, lo cierto es que hoy no podríamos sobrevivir sin "conocimiento científico" y la renuncia a este conocimiento supondría, desde el punto de vista de la evolución cultural, la muerte de la especie humana, pues este "conocimiento" eleva nuestra "eficacia".

La estructura de la ciencia se podría expresar del siguiente modo:

Al principio tenemos los fines, a saber, el conocimiento. Este es considerado por el científico como el valor terminal supremo. El fin "conocimiento" requiere, como cualquier valor terminal, un sistema de valor instrumental que garantice la obtención del fin propuesto. El "ethos" científico es ese sistema de valor instrumental. En un esquema, tomado de H. Mohr (1987, 33), podríamos ilustrar la estructura teleológica de la ciencia de esta forma:



La meta del científico es la teoría correcta, conocimiento. El diseño de una teoría (la anticipación de la teoría) es la hipótesis o conjetura. El camino para obtener la meta —una teoría fiable— se denomina investigación. El sistema de valores que está detrás de la investigación es el "ethos" científico; la fuerza, la motivación que está soportando la investigación

es el interés del ser humano por el saber fiable. El "feedback" se obtiene a partir de la comparación del estado de la investigación correspondiente con la hipótesis/teoría.

Desde un punto de vista teórico-cognoscitivo, podemos diferenciar diversos niveles:

1) el nivel de los hechos, las observaciones, las mediciones;

2) el nivel de las personas, que se ocupan de estos hechos, a saber, el científico. Aquí se formulan hipótesis, se elaboran teorías y se planifican experimentos;

3) a este nivel trabaja el teórico de la ciencia cuando se ocupa de los métodos utilizados por el científico, de las hipótesis y teorías desarrolladas por el científico en cuestión. El teórico de la ciencia trabaja a un meta-nivel y se puede decir que la Teoría de la Ciencia es una meta-ciencia. A este nivel se formulan los criterios o standards, según los cuales se valorarán las teorías científicas<sup>4</sup>.

### 3.1. Criterios o standards de científicidad

Ya hemos señalado que los *criterios o standards*, según los cuales se valorarán las teorías científicas, se formulan a un meta-nivel en el que trabaja el teórico de la ciencia. Se podría preguntar legítimamente quien controla a estos teóricos cuando son ellos los que formulan, determinan y mejoran los criterios o standards de científicidad. ¿No necesitaremos otro meta-nivel? Y si alguien observa, describe y controla a estos teóricos, ¿bajo qué criterios o standards lo hace o debería de hacerlo y quién controlará estos criterios o standards, según los cuales se juzgan los criterios del teórico de la ciencia? Esto puede conducirnos: a) a un regreso infinito, b) a un círculo vicioso y c) al dogmatismo. La salida solo puede darse en el nivel de la *auto-aplicabilidad o auto-referencia*, que si bien posee una estructura circular, no constituye un círculo vicioso, sino más bien un círculo constructivo, ya que no se pretende una fundamentación *última y absoluta*, pues el *conocimiento científico es hipotético*<sup>5</sup>.

Pero, ¿por qué nos hemos de ocupar de la pregunta acerca de la *científicidad* de nuestro conocimiento?

La importancia o significado de un problema depende de los elementos subjetivos de valoración; no obstante, hay un aspecto importante y es el que atañe a la *responsabilidad*. Por supuesto, que a muchos no nos es indiferente confiar en la ciencia o en la pseudociencia. Si tenemos la opción de elegir entre una empresa racional y otra irracional, aconsejamos la racional; y si se ha de financiar un proyecto de investigación con dinero público, que hoy es escaso, se financiará aquel que parece más racional y viable.

¿Constituye una tarea fácil *demarcar/delimitar* lo científico de lo no científico? El problema es difícil, pues las teorías ya no poseen una propiedad que se les adscribía en el pasado: la demostrabilidad. Este ideal de ciencia pertenece al *racionalismo clásico* que exigía tres requisitos que siempre se debían de cumplir: 1) define todos los conceptos, 2) demuestra todos tus enunciados (en tanto en cuanto son descriptivos) y 3) fundamenta todas tus normas y enunciados normativos. Si una teoría no podía satisfacer estas exigen-

4. Cfr. G. Vollmer, 1992, 158-ss.

5. Cfr. G. Vollmer, 1988; 1992. N. Ursua, 1990; 1993, 48-54

cias, no se la consideraba racional y, por lo tanto, no se podía considerar tampoco como científica. Siempre han existido escépticos que dudaban del cumplimiento de estas exigencias y que no se podían satisfacer, pues conducen a lo que se conoce como el trilema de Munchhausen: 1) a un regreso infinito, 2) a un círculo vicioso y 3) a la ruptura dogmática del proceso en un punto arbitrario.

Sólo existen dos salidas al trilema: 1) La racionalidad consiste en el cumplimiento de los tres requisitos señalados. Si estas exigencias no se cumplen, entonces la racionalidad no es posible, o bien 2) teníamos la idea de que la racionalidad consistía en el cumplimiento de los tres requisitos, no obstante, hemos comprobado que no se pueden cumplir, por lo tanto, debemos *cambiar nuestro ideal de racionalidad: la racionalidad no residirá en la demostrabilidad, sino en la criticabilidad*. Lo que se ha de considerar como racional no se tiene que demostrar, sólo tiene que someterse al riesgo de la crítica, El hecho de que las teorías no se puedan demostrar, nos obliga a elaborar una serie de *instrumentos de crítica*<sup>7</sup>.

### 3.1.1. Características de una “buena” teoría científica

Los requisitos que ha de cumplir una teoría científica para que sea una “buena” teoría, se dividen en dos grupos: a) los que se pueden considerar *necesarios: características necesarias* y b) los *deseables características deseables*.

**1. Las características necesarias** de una “buena” teoría científica son:

- *no-circularidad*: no se han de dar definiciones, argumentos, demostraciones, condiciones circulares que constituyan círculos viciosos.
- *no-contradicción interna*: (consistencia interna), no-contradicción lógica.

(Estas características valen también para las teorías de las ciencias estructurales, como puede ser, p. ej., la matemática).

- *no-contradicción externa*: (consistencia externa), concordancia con el grueso del conocimiento ya aceptado.
- *valor explicativa* las teorías deben de explicar algo. La explicación es una de las tareas principales de la ciencia.
- *comprobabilidad* una teoría científica se tiene que poder comprobar/refutar en la experiencia.

(Estos dos últimos criterios [valor explicativo y comprobabilidad] constituyen lo **que se suele denominar el “contenido empírico” de la teoría**).

- *éxito en el test* si una teoría es comprobable y si de hecho se examina, debe superar el test. Si una teoría no supera la comprobación mediante el experimento, entonces no se puede aceptar como correcta.

### 2. Características deseables

- Generalidad
- Profundidad
- Exactitud
- Simplicidad
- Intuitividad

- Capacidad de prognosis
- Reproducción de fenómeno descrito y explicado
- Productividad

Estos criterios han de ser, a su vez, *autoaplicables* (la aplicabilidad como *metacriterio*) y *son criticables*. La *criticabilidad* constituye la condición mínima de la racionalidad y, como ella, de la ciencia.

Este *metacriterio de la autoaplicabilidad* evita el amenazante regreso infinito; ahora bien, ¿no estamos pagando el precio de la circularidad, en especial, del círculo vicioso? Por supuesto, se da una circularidad, esto parece algo inherente a su naturaleza, no obstante, no se cae en un círculo vicioso porque no se intenta fundamentar/justificar nada de manera última y absoluta. La exigencia de la *criticabilidad es también criticable y, por ello, autoaplicable* (criticabilidad y autoaplicabilidad como algo normativo)<sup>8</sup>.

Las “buenas” teorías científicas se diferencian de este modo, por ejemplo, de las:

	por medio de
Ciencias estructurales (matemáticas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— referencia fáctica</li> <li>— enunciados sobre el mundo</li> <li>— utilización del concepto “verdadero/falso” en sentido fáctico</li> </ul>
Empresas irracionales, (arraigadas o antirracionales) como, p.ej., el esoterismo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— criticabilidad con relación a la</li> <li>— comunicación intersubjetiva</li> <li>— comprensión intersubjetiva</li> <li>— no-contradicción, no-circularidad</li> <li>— valor explicativo</li> </ul>
Metafísica, Teología, etc,	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Comprobabilidad empírica/ refutabilidad</li> <li>— Ahorro ontológico: navaja de Ockam: ninguna instancia explicativa superflua,</li> </ul>
Pseudociencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>— No-circularidad</li> <li>— No-contradicción</li> <li>— Concordancia con el grueso del conocimiento</li> <li>— Comprobabilidad/refutabilidad</li> <li>— Éxito en el test</li> <li>— Ahorro ontológico</li> </ul>

Una consecuencia inmediata que podemos extraer de lo dicho para la enseñanza, tanto a nivel de Bachiller como de Universidad, sería no exponer las teorías científicas como algo acabado y elaborado (“ciencia acabada” o “elaborada”), sino más bien intentar entrar en la ciencia y la tecnología, como señala B. Latour, 1992, 4, “por la puerta trasera de la ciencia en proceso de elaboración” y preparando a los estudiantes y profesores para la *argumentación crítica*<sup>9</sup>, ya que siempre estamos *presuponiendo* algo. No olvidemos la condicionabilidad, el carácter “si ... entonces” o hipotético de nuestro saber y el “contexto” en el que tiene lugar. Por otra parte, como ya ha indicado también B. Latour (1992, 173), hay que decir que “el aumento del número de elementos vinculados a una afirmación ha de *pagarse*, y ello hace de la producción de hechos creíbles y de artefactos eficientes una empresa costosa”. Quizá se pueda investigar todo, pero lo que sí está claro es que no hay financiación para todo. Tampoco se

6. Cfr. N. Ursua, 1993, 48-51.

7. Cfr. G. Vollmer, 1988; 1992. N. Ursua, 1990.

8. Cfr. G. Vollmer, 1988; 1992, 161-173. N. Ursua. 1990.

9. Cfr. G. Vollmer, 1992, 163, 165, 166.

debería concluir del hecho de que porque alguien sea criticado ya es un segundo Einstein (como si se tratase de un genio no reconocido, avalado por las críticas).

### 3.2 “Ethos” científico

Volviendo al tema de la conducta científica: “virtudes del investigador” o “ethos” científico (código normativo de comportamiento que resulta de la aceptación del “conocimiento” como valor terminal), hay que señalar que si bien no se ha formulado de manera explícita y no se ha investigado sistemáticamente, este determina la conducta del científico en el laboratorio, en la mesa de trabajo y en el aula. Los científicos, por su parte, han considerado principios tales como la honestidad intelectual o la objetividad como algo imprescindible en la conducta científica. Si atendemos a la reconstrucción explícita post-factum del código normativo, seguido por el científico moderno, podemos distinguir dos partes: 1) *suposiciones y condiciones fundamentales*, de las que participan todos los miembros de la comunidad científica y 2) unos *principios imperativos propios del quehacer científico*. Hay que añadir que sin este “ethos” científico no se daría ninguna investigación tendente al “conocimiento”, no se daría el “Horno investigadores”<sup>10</sup>.

#### 1.1. Suposiciones fundamentales

- Existe un mundo real (se rechaza la idea del solipsismo)
- El mundo real es cognoscible (la idea de verdad como idea regulativa),
  - La lógica y la matemática sirven y son útiles para la investigación y descripción del mundo real.
  - No existe una ruptura en el nexo causal (la física cuántica, por su parte, ha puesto en evidencia ciertos límites en cuanto a la predicción).

#### 1.2. Condiciones fundamentales

- Libertad de pensamiento (libertad intelectual)
- Libertad de investigación.
- El conocimiento es “bueno”, es decir, el saber fiable es, de cualquier modo, mejor que la ignorancia. El conocimiento es un valor importante, el mayor bien para el ser humano, en tanto en cuanto este se dedica a la ciencia (primado del conocimiento).

#### 2. Principios imperativos propios del quehacer científico

- Se honesto (no manipules datos o conclusiones: honestidad científica).
- No seas dogmático. (El conocimiento científico es hipotético).
  - Se preciso (postulado de precisión).
  - No tengas prejuicios (sobre todo, con relación a datos o ideas del rival).
  - Argumenta simétricamente (o sea, examina las alternativas propuestas por ti con el mismo cuidado con el que examinas los argumentos del contrario).
  - Utiliza palabras y símbolos unívocos
  - Formula enunciados claros y sencillos (claridad en la expresión).

- Haz predicciones en forma de enunciados “si ... entonces”.
- Apela a los datos empíricos como instancia de control.
- Estate preparado para modificar tus enunciados singulares o universales y sustituirlos del todo en el caso en que surjan contradicciones internas o se den nuevos datos empíricos.
- No contraigas compromisos sospechosos; intenta solucionar el problema.

El científico como miembro de la sociedad y de la comunidad científica está sujeto, a su vez, a un *control social*. El grupo al que pertenece, la comunidad científica correspondiente, mide su conducta con relación a la exigencia y cumplimiento del “ethos” científico. Como el “reconocimiento” por parte de la comunidad y, sobre todo, la comunidad científica, constituye para el científico una de las metas profesionales más altas, éste acepta el sistema normativo de valores como algo obligatorio y digno de toda confianza, pues aunque el ciudadano medio no esté especialmente interesado en el “conocimiento por amor al conocimiento”, éste por razones prácticas, a saber, porque quiere solucionar los problemas técnicos y sociales, se interesa por el saber fiable, el conocimiento objetivo. La *institución ciencia* que crea el “conocimiento por amor al conocimiento” subsistir en tanto en cuanto el ciudadano esté convencido de que la ciencia produce un “saber fiable”, —aquel saber que configura el fundamento de nuestra sociedad civilizada, pues en todo argumento teórico y en toda acción práctica podemos confiaren él.

Ahora bien, no sólo habrá que analizar los sistemas de relaciones e imperativos institucionales de la comunidad científica, al estilo mertoniano de la sociología de las comunidades de científicos<sup>11</sup>, en la que se tiene en cuenta sólo a la comunidad científica y sus aspectos institucionales (roles, status, normas éticas, etc. “Lógica + experiencia + ethos normativo”), pero que no aborda el análisis sociológico del contenido de la ciencia, pues el contenido de las teorías científicas pertenecía a otra esfera, a la cognitiva, y la sociología no tenía nada que decir acerca de lo que era patrimonio de la naturaleza y la verdad. La reacción frente a esta “sociología externa”, a partir de los años 70, se centró en desarrollar una “*sociología del conocimiento científico*” en la que el mismo contenido de la ciencia, y no solo su organización social, fuera objeto de análisis. No sólo el número de factores que se añadían a la ecuación “lógica + experiencia + ethos normativo” aumento, sino que la suma era diferente. Pues como veremos ya no se trataba de acercarse a la verdad, sino de *construirla*.

## 4. TRES IMAGENES DIFERENTES DE LA CIENCIA Y SUS CONSECUENCIAS DIDACTICAS

En la enseñanza habitual de la ciencia, a nivel de secundaria, comenta W.E. Bijker (1985, 1-7), se transmite una imagen de la ciencia que va bastantes décadas por detrás de nuestra comprensión de la práctica científica.

### 4.1. La imagen de la ciencia para los alumnos en la educación standard

De acuerdo con la imagen ofrecida por algunos libros de texto, la ciencia es una *actividad estancada*: desde 1945 la investigación científica no produce ningún resultado nuevo.

10. Cfr. H. Mohr, 1987, 39-W

11. Cfr. R. K. Merton, 1973.

La ciencia no es *humana*, no tiene relevancia para los problemas humanos, y *no es objetiva*, no es capaz de contribuir a la comprensión de la naturaleza. La ciencia es omnipotente: los problemas en los libros de texto solo presentan una única solución y no la discusión acerca de como esa solución es posible. La verdad reside, de acuerdo a esta imagen, en el apéndice o es proclamada por el profesor-sacerdote.

#### 4.2. La imagen de la ciencia de los profesores de la educación standard

La imagen de la ciencia sostenida por la mayoría de los profesores de ciencias es opuesta a la primera imagen: en la investigación científica nuevos descubrimientos son efectuados cada día; la ciencia potencialmente resuelve casi todos los problemas humanos y explica la realidad, y, por supuesto, no todos los problemas pueden ser solucionados (todavía). Dentro de la tribu de los científicos, una gran parte de los profesores sostiene el criterio de que *la ciencia está libre de valores, es racional* y constituye una fuente para la *innovación tecnológica*. La investigación científica se presenta como *des-cubrimiento* de la verdad acerca de la realidad por formular preguntas correctas a la naturaleza. Este enfoque ofrece a los estudiantes una orientación sobre la ciencia como una disciplina académica. La asignatura se presenta como un conjunto *teórico*: conceptos, leyes, modelos y métodos, desarrollados y estructurados por los científicos. La enseñanza comienza desde la teoría, con actividades de laboratorio y ejercicios, en su mayor parte, para ejemplificar esa teoría y practicar su utilización<sup>12</sup>. Si se comparan los resultados de los estudios recientes del conocimiento y la práctica científica, esta imagen de la ciencia resulta inadecuada.

#### 4.3. La imagen que surge a partir de los recientes estudios históricos, sociológicos y filosóficos de la ciencia y del conocimiento

Para muchos, la *ciencia* o investigación básica es teórica, la *tecnología* es aplicación de los resultados de la ciencia, la *sociedad* es el conjunto de seres humanos donde tiene acogida tal aplicación y la *naturaleza* es ese trozo de playa o montaña que compartimos con insectos y demás animales cuando salimos los domingos de paseo en familia. Esto quiere decir que muchos contemplan a la "ciencia", la "tecnología" y la "sociedad" como esferas autónomas con cometidos diferentes, a saber, demostrar, aplicar y acoger. Como tal, esto es una creación del analista y corresponde a la concepción standard de la ciencia que sólo permite evaluaciones expertocráticas, legitimadas por la racionalidad sobre la que se sustentan la propia ciencia y sus aplicaciones.

La actividad científica que observamos en el laboratorio y en el seno de grupos e instituciones no parece tener mucho que ver con la metodología de la ciencia o la argumentación racional que algunos filósofos analíticos, lógicos y científicos han pretendido hacernos creer, a saber, una empresa lógica, racional, neutral (libre de cualquier valor externo) y objetiva. La imagen tradicional de la ciencia, en su búsqueda de la verdad, reglada únicamente por la ecuación "lógica + experiencia", se rige por la diferenciación jerárquica entre *conocimiento teórico* (ideal del conocimiento) y *saber operativo* (habilidades y conocimientos precientíficos); por un lado, tendríamos *Ciencia pura*, a saber, adquisición de conocimiento, búsqueda de la verdad y explicación de la naturaleza, lo que

configuraría la *investigación básica*, y por otro, la *Técnica*: aplicación de resultados teóricos, que sería la *Ciencia aplicada*. A esta *imagen convencional* le acompañan, por lo general, algunas ideas (*prejuicios*) muy arraigados:

#### Prejuicios epistemológicos

— Primacía de lo teórico respecto a lo práctico y lo social.

— Carácter descriptivo-realista de las teorías. Las teorías científicas se conciben como conocimiento directo y descripción de las "leyes de la naturaleza". (Las teorías "describen" las leyes de la naturaleza).

— Que el objeto de la ciencia, "la naturaleza", implica "objetividad".

— Que hay un "método" que orienta la adquisición del conocimiento y que la realidad acaece según una legalidad.

— Los instrumentos de observación y medida se consideran neutros, "transparentes" respecto a los "hechos naturales" que ponen de manifiesto.

— Que el conocimiento científico no tiene límites ni restricciones (instrumento de poder y control).

— La ciencia sólo tiene dos jueces: 1) la lógica (formal) que la examina "desde dentro": corrección en sus procesos inferenciales y 2) el mundo, que la enjuicia "desde fuera" contrastando sus consecuencias (el conocimiento científico como algo autónomo de lo psíquico o social).

#### Prejuicios históricos

— La historia se interpreta como progreso de la verdad y se entiende como una acumulación de conocimientos mediante la inserción de teorías en otras más globales.

— Todo desarrollo tecnológico es precedido por un conocimiento teórico.

— El cambio tecnológico es una marcha lineal de las teorías científicas. A una teoría científica dada sucede otra mejor, pues incrementa nuestro conocimiento del mundo en algún sentido. Si una teoría científica se ha aplicado a una técnica generando una tecnología, los sucesores mejores de esa teoría irán generando una secuencia de tecnologías mejores, pues son más eficientes y no se tiene en cuenta que el resultado de aplicar una teoría a una técnica genera una tecnología que puede tener, en principio, múltiples configuraciones.

#### Prejuicios evocativos

— La ciencia al ser objetiva tiene un valor en sí que la hace neutral.

— La tecnología, considerada como ciencia aplicada, tiene carácter neutral y es autónoma de lo psíquico o social. El uso que se haga de ella es ajeno a la propia tecnología y son los usos los que pueden ser buenos o malos. Responsabilizar a la tecnología por sus visibles malos efectos, se dice convencionalmente, es lo que ha generado una percepción pública negativa acerca de la tecnología. Puesto que la tecnología es ciencia aplicada, se afirma, esa percepción pública negativa esta afectando a la ciencia en general.

— La innovación tecnológica se produce en ámbitos cerrados, dominio de expertos, en el que la sociedad no desempeña ningún papel y, por lo tanto, no es competente para evaluar.

— La ciencia y la tecnología deben estar libres de intervenciones externas, La ciencia, la tecnología, la industria y el

12. Cfr. J. Koffland, 1992, 2-3

mercado autónomos inducen al progreso social a cambio de la no intervención social.

Según esta concepción convencional cabría distinguir dos esferas en la actividad científica: 1) la de "dentro de la ciencia" (internalismo) y 2) la de "afuera" (externalismo) que no tendría carácter teórico, ni cognitivo. La primera correspondería a un modelo logocéntrico que sobre dimensionaría los productos teóricos y la segunda se podría expresar mediante el símil del hombre práctico que nos orienta entre artefactos tangibles<sup>13</sup>.

Sin entrar en las críticas ya realizadas por T.S. Kuhn (1975) a la concepción tradicional de la ciencia, donde ya dejó bien sentado que no hay una evidencia natural, un posible reconocimiento universal de los hechos naturales, sino que los "hechos son hechos para teorías" y que el reconocimiento de los hechos relevantes científicamente y de los experimentos cruciales depende del "paradigma" en el que se desarrolla la actividad científica (universo pragmático de instrumentales, adiestramiento disciplinar. compromiso con su comunidad y el paradigma de ésta, sesgos, prejuicios, etc.), hemos de señalar que los instrumentos de observación y medida y las técnicas simbólicas y de representación no son elementos naturales, ni "transparentes" respecto a los hechos naturales que vienen a poner de manifiesto. No se puede separar el conocimiento de la naturaleza de las *propiedades artificiales* de los instrumentos de observación y medida. La experiencia de la ciencia natural moderna es hoy una *experiencia técnica* y está estructurada por la *instrumentalización*, tanto *artefactual* como *simbólica*. En este sentido, hacer un experimento es, en general, una actividad destinada a la producción de un efecto técnico (proceso o estado artificial más que búsqueda de enunciados verdaderos). Esto nos lleva a pensar que tal experiencia, obtenida por medio de instrumentos, sólo es comprensible en el contexto de la *acción humana y forma de vida* y que la ciencia natural es una consecuencia, entre otras, de la *tecnología*. Otra consecuencia es que tal conocimiento de la naturaleza no se sustrae a la disponibilidad técnica de cada época y, por consiguiente, no es independiente de la *historia* en la que intervienen diferentes y múltiples actores con ideas dispares, saberes, acciones irregulares, alianzas, grupos sociales, disponibilidad de técnicas, etc. etc. Investigar, experimentar, construir, etc. no es algo que corresponda únicamente a la actividad científica y ésta, a su vez, no parece haberse desarrollado según un *patrón de ámbito cerrado*. Los datos observacionales y la lógica no parecen ser suficientes para explicar por que tenemos las teorías que tenemos; es necesario recurrir también a *factores técnico-instrumentales, sociales, económicos, políticos, etc.*

Entre el *hombre teórico* y el afán del *hombre práctico*, cabe la acción del *hombre prático*: ese lugar donde conocimiento y acción no tienen una matriz diferente<sup>14</sup>.

La *reconstrucción histórico-social de la ciencia y tecnología* afirma el primado de la praxis sobre la teoría-a, muestra que el desarrollo tecnológico esta regido por la acción de grupos sociales relevantes y desmitifica la imagen de una ciencia racional, neutral y objetiva. La ciencia es una forma más de representación del conocimiento, la que predomina en

Occidente. Sus resultados son *construcciones*, cuya eficacia no nos exime de responsabilidad social<sup>15</sup>.

El *conocimiento científico* es más *construido* que descubierto. Este resulta de una *construcción humana* y como tal acción humana, se inscribe en un contexto *social*. Los recientes estudios de ciencia y tecnología ponen de manifiesto que la ciencia y la tecnología son *procesos sociales*. No obstante, si bien lo que llamamos naturaleza, realidad o mundo exterior, es *interpretable* de diversas maneras (componente social del conocimiento) no lo es de cualquier manera (componente lógico y empírico).

En esta línea, en la medida en que se adopta el modelo de entramado *sociotécnico* ("seamless web" metaphor, metáfora del "tejido sin costuras", utilizada por los *constructivistas sociales*) para explicar que son la "ciencia", la "tecnología" y la "sociedad", ya no se mantendrá exclusivamente relaciones bipolares y/o puras, sino que más bien todas las relaciones e interconexiones existentes permitirán ayudarnos a comprender la complejidad del fenómeno "ciencia" y "tecnología" entreverada con la "sociedad"<sup>16</sup>.

El tejido de la sociedad no parece<sup>17</sup> estar cosido entre sí desde las distintas piezas de tela científica, técnica y económica; al contrario, no hay costuras visibles y cualquiera de los pliegues que vemos son producidos por el analista. Todas las relaciones que vemos son tanto sociales como técnicas. Las relaciones puramente sociales sólo existen en la imaginación o posiblemente en playas nudistas y las relaciones puramente técnicas sólo las encontramos en los dominios salvajes de la ciencia ficción. Lo *técnico está socialmente construido* y lo *social está técnicamente construido* (paisaje sociotecnológico). Hoy no podemos imaginar nuestra sociedad sin ciencia y tecnología y tampoco podemos pensar en la ciencia y la tecnología al margen del *contexto social*.

En el contexto social en el que nos movemos cada *grupo social relevante* atribuye a la innovación científico-tecnológica un *conjunto diferente de significados* (que podrán girar en torno a la productividad, seguridad, comodidad, etc) (*flexibilidad interpretativa* que no solo se refiere a como la gente piensa o interpreta una tecnología, sino también a la forma de diseñar, a los requisitos técnicos y a la eficacia) y que comportan requerimientos técnicos diferentes. Esto es lo que hemos llamado *entramado sociotécnico* de la ciencia y la tecnología. Hasta que se implanta una innovación científico-tecnológica tienen lugar controversias, estabilizaciones precarias y transformación de nociones. Habrá que estudiar las controversias científicas o tecnológicas para determinar la variabilidad en la interpretación de datos (en el caso de la ciencia), o en la interpretación de tecnologías de los diseños tecnológicos alternativos (en el caso de las tecnologías). Se analizarán los mecanismos por los que dicha variabilidad se reduce y uno de los diseños o una de las interpretaciones es la que permanece o se impone (mecanismos de "clausura" de la controversia, dentro de determinados estreñimientos estructurales). Por último, se relacionan estos mecanismos de *clausura* con el contexto social (grupos sociales relevantes)<sup>18</sup>.

15. Cfr. B. Latour, 1992; W.E. Bijker, 1985, 1987, 1992, 1993; J. Sanmartín y otros, 1992; A. Alvarez y otros, 1993.

16. Cfr. A. Alvarez y otros, 1993, 14

17. Cfr. W.E. Bijker, 1993, 1992

18. Cfr. W. E. Bqker, 1987, 1992, 1993, J. L. Lulan, en J. Sanmartín y otros, 1992, 35, cfr. también p. 62; A. Alvarez y otros, 1993, 41.

13. Cfr. J. Sanmarín, en J. Sanmartín y otros, 19732, 42-46 A. Alvarez y otros, 1993.32-35.

14. Cfr. A. Alvarez y otros, 1993, 13-43.

Como no todos los grupos sociales son iguales y no todos juegan el mismo papel ni tienen los mismos intereses, el producto no siempre resulta de un *acuerdo democrático*, pues existen diferencias con relación a la disponibilidad del poder, recursos y significado que la tecnología tiene para los distintos grupos. Todo conocimiento científico-tecnológico se desarrolla en un cierto ambiente, constituido por múltiples factores: intereses de grupo ("grupo promotor"), el público, los medios de comunicación, la administración, etc., pudiéndose dar *situaciones de conflicto*. Si tal como ya hemos afirmado, lo técnico está *socialmente construido* y lo social está *técnicamente construido*, se impone una *evaluación* de la *actividad científico-tecnológica*, que anticipe los impactos (identificación de factores de su ambiente), los analice en su previsible comportamiento e identifique situaciones de conflicto entre los factores. Antes de entrar en ese tema quisiera ofrecer algún argumento muy breve, pero necesario, para transformar la enseñanza del conocimiento científico-tecnológico y transmitir de este modo la tercera imagen de la ciencia aquí esbozada y defendida, entre otros, por W.E. Bijker (1985).

Los materiales didácticos diseñados en torno a la primera y la segunda imagen de la ciencia ofrecen e intensifican una *actitud pasiva* por parte del estudiante, a saber, la verdad se transmite a través de la mediación del profesor-sacerdote. No se da una *reflexión crítica* u otras formas de mayor *participación creativa* del estudiante en sus procesos de aprendizaje. Aunque dentro de este modelo educativo "consumista" (el estudiante "consume" lo que se le ofrece), el estudiante apenas llega a comprender alguno de los complejos conceptos ofrecidos por el profesor, la razón para incorporar los recientes resultados de los estudios de la ciencia dentro de la enseñanza de la ciencia es más política. De los muchos estudiantes que ahora cursan la Enseñanza Secundaria, sólo una pequeña parte necesitan un conocimiento detallado de la ciencia en su vida profesional posterior y un número todavía menor llegara a ser científico. En este sentido, deberíamos pensar y centrarnos en los estudiantes para quienes la Enseñanza Secundaria es su único contacto con la ciencia. En opinión de W.E. Bijker (1985, 3), "observador participante", pues durante mucho tiempo fue profesor de Física con una dedicación de diez años al desarrollo del currículum de ciencia en Holanda, el objetivo *más importante de la enseñanza de la ciencia* debería ser: '(capacitar [a los estudiantes] como futuros ciudadanos para participar en una sociedad democrática. La importancia de la primera y segunda imágenes de la ciencia en la enseñanza es perjudicial para el objetivo de estimular una ciudadanía crítica y activa. ¿Cómo puede usted esperar discutir críticamente cuestiones sociocientíficas, si su única experiencia con la ciencia está personalizada en su profesor de ciencia que tendrá el monopolio de la verdad objetiva? Y ¿cómo reaccionarían los ciudadanos, educados en tal sentido, ante una controversia científica? Después de que han sido educados con una imagen de la ciencia en la que la duda no era posible, probablemente llegaran a la conclusión de que estos científicos son todos incompetentes o peores'. De este modo, pueden acabar formando el grupo de anti-ciencia, lo que constituiría una amenaza para el control democrático de la ciencia y la tecnología.

Para hacer *efectiva* la tercera imagen de la ciencia en *materiales didácticos de enseñanza de la ciencia* es necesaria una *propuesta orientada a la realidad*, una "*orientación basada en la ciencia sobre el mundo real*": la ciencia ha de

ser presentada como algo que puede "contribuir hacia una mejor comprensión y una más completa toma de decisión en el mundo en el que viven los estudiantes". La enseñanza ha de comenzar desde "situaciones prácticas en la vida cotidiana: el uso de la ciencia y la tecnología por los estudiantes y la manera en que la sociedad utiliza la ciencia y la tecnología". El punto de arranque de la "enseñanza de la ciencia es el mundo en el que los estudiantes viven"<sup>19</sup>.

En este sentido, en estos últimos años, esta *propuesta orientada a la realidad*, se ha hecho patente no sólo en los materiales de enseñanza, producidos por los proyectos de innovación curricular, sino también en los documentos del currículum oficial y programas de examen, sobre todo, en el Reino Unido y en Holanda.

El *objetivo de la educación en ciencia* intenta conseguir un equilibrio entre:

1) preparación de los estudiantes para la educación superior y/o de su futura ocupación (dando importancia a un adecuado dominio de los conceptos y habilidades científicas y ofreciendo una orientación sobre el uso del conocimiento científico en los diferentes sectores sociales y tipos de educación superior).

2) preparación de los estudiantes para enfrentarse con sus futuros roles sociales como consumidor y como ciudadano en una sociedad democrática desarrollada tecnológicamente y capacitarles para una más completa toma de decisiones.

La enseñanza de la ciencia a nivel de la Educación Secundaria no se concentraría, como ya hemos indicado, exclusivamente, por mucho tiempo, sobre algunos estudiantes esperando entrar a la Universidad, sino que intentara preparar a "todos los estudiantes para una mejor comprensión del debate público sobre los problemas sociales relativos a la ciencia y les proporcionaría la capacidad para tomar parte en ellos de una forma comunicativa y equilibrada"<sup>20</sup>.

El punto de partida puede ser un *problema extraído de la vida cotidiana* (futuro energético, armamento nuclear, tecnología informática, biotecnología, alimentación, salud, etc.) y el *contenido de la ciencia* se incluye sobre una base *necesaria para conocer*. (Ciencia enseñada a través de la interacción entre "Ciencia-Tecnología-Sociedad", La educación en ciencia está parcial o gradualmente convirtiéndose en una educación en "Ciencia-Tecnología-Sociedad").

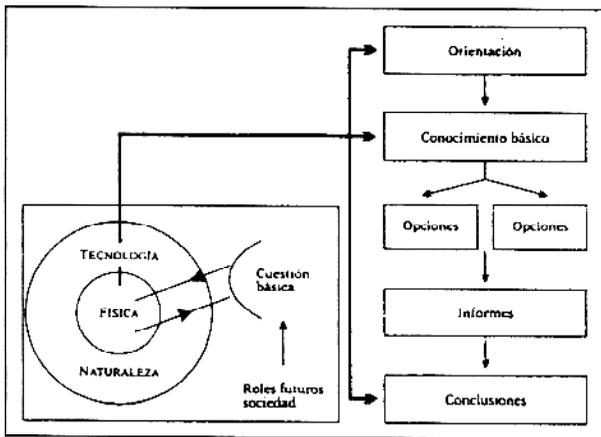
Dentro de los diferentes proyectos de desarrollo curricular en Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad (SISCON [Ciencia en un Contexto Social] (1970) y SISCON-en-Escuelas, aprobado por la Asociación Británica para la Educación de la Ciencia, 1983; SATIS [Ciencia y Tecnología en la Sociedad], patrocinado por la Asociación para la Educación de la Ciencia, Reino Unido, 1984; PP [Proyecto de Física de Harvard] y otros), quisiera centrarme brevemente en el Proyecto de Desarrollo Curricular de Física PLON (Project LeerpakketOntwikkeling Natuurkunde, Universidad de Utrecht), que entre 1972-1986 desarrolló cerca de 40 unidades didácticas para utilizar en el curso de física en los niveles de Educación Secundaria en Holanda<sup>21</sup>, siguiendo una cierta

19. J. Kortland, 1992

20. J. Kortland, 1992, 3-5. Sobre la enseñanza en Ciencia, Tecnología y Sociedad, cfr. J. Sanmarth y otros, 1992, 64-84; J. Salomon, 1993.

21. Cfr. J. Kortland, 1992, 13-16.

metodología social-constructivista (el constructivismo, como ya se ha dicho, cultivado por la moderna sociología del conocimiento científico, es un enfoque que entiende la ciencia y la tecnología como *constructos sociales* y estudia el proceso de *construcción* de las mismas), parte de un problema básico — extraído de la sociedad y conectado con los futuros roles del estudiante en la vida— y que actúa como criterio organizador del conocimiento físico. Este problema básico también determina el tipo de conocimientos y pericia en física que debe enseñarse para ser capaz de hallar alguna respuesta (preliminar) para ayudar a los estudiantes a enfrentarse con un artefacto tecnológico, una decisión de consumo, o un punto de vista sobre una cuestión social relacionada con la ciencia. El método general de una unidad PLON está esquematizado en el siguiente diagrama de J. Kortland (1992, 14)<sup>22</sup> que refleja el contenido general y formato de una unidad didáctica:

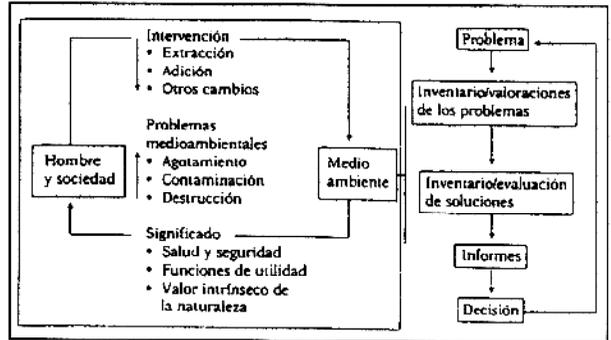


Las cuestiones básicas cubren una amplia variedad de contextos del mundo en que se vive: desde temas de seguridad vial y aplicaciones de radiación ionizada, hasta el tema de la extracción de agua potable en un pueblo del tercer mundo. Se discute también la cuestión del gasto de grandes sumas de dinero por parte de los físicos de altas energías. Se trata de la relación entre ciencia y tecnología, la diferencia entre investigación fundamental y aplicada, sobre la naturaleza y los límites de la ciencia, la investigación científica y los científicos. Este método puede ser aplicado a otros temas escolares próximos, a saber: geografía, biología, química, medio ambiente, etc.

En los temas medioambientales, el proyecto holandés NME-VO (Natuur-en Milieu-educatie in het Voortgezet Onderwijs) (Universidad de Utrecht) (Educación medioambiental en la Escuela Secundaria), desarrollado a partir de 1986, ha tratado de proporcionar a los estudiantes un marco general o modelo de las cuestiones medioambientales relacionadas con la ciencia (consumo de energía doméstica, ruido del tráfico, gestión de residuos, etc.). En cada unidad, la cuestión básica es abordada desde la perspectiva de, al menos, dos materias de estudio diferentes (pluridisciplinariedad).

En este modelo, los problemas medioambientales aparecen como el resultado de la tensión existente entre el signifi-

cado del medioambiente para la humanidad y la intervención en él. El formato de las unidades didácticas representa un proceso estructurado de toma de decisión: se introduce el tema, el modelo de la relación humanidad-medioambiente se emplea para llegar al *inventario de los problemas* conectados con el tema y se ofrece a los estudiantes la posibilidad de *valorarlos*. Se *evalúan* soluciones alternativas, que debidamente *informadas*, pueden constituir una base para la *toma de decisión* con relación al tema de partida elegido. La siguiente estructura para temas medioambientales y toma de decisión en las unidades didácticas del proyecto NME-VO, está tomada de nuevo de J. Kortland, 1992, 17<sup>23</sup>.



Marco general de una unidad NME-VO

La perspectiva constructivista del conocimiento científico debería proporcionar a los estudiantes, a nivel de Educación Secundaria, una orientación para la vida diaria, basada científicamente, contribuyendo así a una toma de decisión bien pensada para ejercer su papel de ciudadano y consumidor y participar en el debate público en torno a cuestiones científico-tecnológicas, tolerando una cierta *incertidumbre*.

## 5. DE LA CONSTRUCCION SOCIAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA A SU EVALUACION

Ya hemos aludido a la necesidad de introducir una serie de criterios para *evaluar* y *gestionar* el entramado *científico-tecnológico*, pues como afirma U. Beck (1986)<sup>24</sup>, las innovaciones tecnológicas están dando paso a una *cultura del riesgo*. Esta cultura está ligada al desarrollo de la *tecnociencia* (procedimientos mecánico-sintéticos desarrollados en el laboratorio y centrados en la intervención de efectos y en la planificación y forzamiento de procesos; procedimientos operativos y tratamiento teórico están entrelazados en la investigación y el desarrollo tecnocientífico de laboratorio), cuya potencialidad de transformación no solo puede afectar a las formas de vida, a las configuraciones sociales, políticas y cosmovisiones, sino que puede incidir directamente y de forma radical en la naturaleza del hombre y su mundo. Si la ciencia y la tecnología *configuran* nuestra forma de vida, valores, etc., no solo será necesario conocer los *efectos*, sino, sobre todo, crear *mecanismos de orientación* científico-tecnológicos de acuerdo a fines *sociales* deseables.

Hoy parece evidente que la solución y superación de los riesgos que se derivan de la ciencia y la tecnología plantean

22. Cfr. también J. Sanmartín/J. Luján, en J. Sanmartín y otros, 1992, 82.

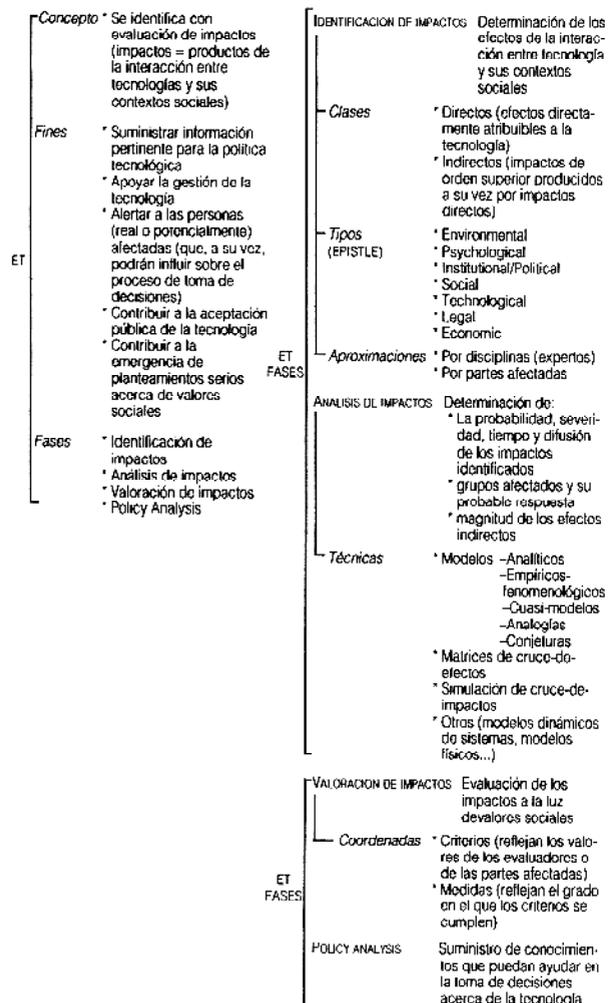
23. Cfr. también J. Sanmartín/J.L. Luján, en J. Sanmartín y otros, 1992, 83.

24. Cfr. también G. Bechmann, 1993.

el mayor reto de nuestro tiempo a la acción social y política, así como a la reforma educativa y académica<sup>25</sup>.

El modelo *standard* de evaluación de tecnologías procede de la "Office of Technology Assessment" (OTA), creada en 1972 por el Congreso de EE.UU. y puesta a su servicio. Según este modelo, la evaluación y gestión de riesgos se ha de basar en los conocimientos de expertos acerca de las interacciones entre las tecnologías, la naturaleza y la sociedad, en forma de teorías e informes científicos relativos a los impactos sociales y ambientales. Su aplicación permitirá una intervención tecnocientífica apropiada y una gestión políticamente legítima. El carácter de las concepciones de la ciencia, la tecnología y la sociedad que subyacen a este modelo de evaluación *standard* es el tradicional y racionalista. Este modelo se puede decir que configura el modelo tecnocrático. La evaluación de tecnologías la realizan los expertos, quienes, por lo general, hacen fuerte hincapié en el análisis coste-beneficio que puede encontrar, sin duda, serios problemas

25. Cfr. M. Medina, en J. Sanmartín y otros, 1992, 163-194. R. Petrella, en J. Sanmartín y otros, 1994, 7-11. Para una visión general sobre "revaluación de Tecnologías ¿Qué es? ¿En qué contribuye a clarificar las relaciones entre tecnología y sociedad? ¿Cuáles son sus limitaciones? ¿Hay alternativas?", cfr. J. Sanmartín, el capítulo con este mismo título, en J. Sanmartín y otros, 1992, 42-66. Según este autor, p. 46, la *Evaluación de Tecnologías* (E-T), versión castellana de "Technology Assessment", es un conjunto de métodos que permiten *identificar y analizar los impactos* de una tecnología (productos de la interacción entre tecnologías y sus contextos sociales), para valorarlos (es decir, considerarlos a la luz de valores sociales) y hacer *recomendaciones* de "Technology Policy", que permitan reducir o eliminar (si es posible) dichos efectos. El concepto, fines y fases de la evaluación de tecnologías queda reflejado en el siguiente esquema de J. Sanmartín:



de cuantificación y no admiten otros grupos sociales que dotan de significados diferentes al complejo tecnológico.

Frente a este modelo podemos hacer alusión al desarrollado en 1986 por la "Netherlands Organization for Technology Assessment" (NOTA) (Países Bajos). Esta institución se orienta en la nueva imagen de Ciencia, Tecnología y Sociedad, teniendo en cuenta las limitaciones, la elevada complejidad de los problemas tecnológicos y medioambientales, lo que da origen a una cierta incertidumbre, el contexto social y sus valores, así como a la necesidad de una participación pública. Las evaluaciones de impactos y riesgos tecnológicos parecen tener más que ver con procesos de *construcción social*, en los que intervienen factores técnicos, económicos, sociales, políticos, etc., que con la presunta objetividad y neutralidad científica. No podemos olvidar que "ciencia", "tecnología", "naturaleza" y "sociedad", constituyen un *entramado sociotécnico*. El modelo de la NOTA es constructivista y democrático, aunque habrá que unir los microcontextos característicos de los "case studies" y los macrocontextos en los que se plantea la evaluación y la política de la ciencia y la tecnología y habrá que plantearse también el "sentido" de los contenidos de tales construcciones sociales.

La *evaluación constructiva de la ciencia y la tecnología* considera el cambio tecnológico como un *entramado socio-técnico* y parte de la posibilidad de configurarlo *democráticamente* y conformarlo a las *necesidades y objetivos* de la *sociedad* a través de *procesos sociales de aprendizaje*. La sociedad no sólo es objeto de los impactos del desarrollo científico-tecnológico, sino que ella misma es también factor de *configuración* de dicho desarrollo<sup>26</sup>.

Este modelo *constructivo y estratégico*, basado en la evaluación y en la intervención *social activa*, sólo puede ser operativo para configurar el cambio científico y tecnológico, si previamente se llega a incidir en una *reorientación de la práctica* y de los *contenidos* de la *educación* y de la *formación científica y tecnológica*, potenciando la *integración interdisciplinar* y rompiendo con la *tradición unidimensional a todos los niveles*. La *participación en la evaluación* y la *intervención* presupone una *capacitación educativa*. Las nuevas generaciones de ciudadanos, científicos, ingenieros y educadores

26. Cfr. M. Medina, en J. Sanmartín y otros, 1992, 187-191; M. Medina, en J. Sanmartín y otros, 1994, 95-126; A. Rip/H. van den Belt, 1988; J.W. Schot. 1992. J. Sanmartín, en J. Sanmartín y otros, 1992, 64-66, 234-236, desarrolla una evaluación de tecnologías no convencional y que denomina "evaluación social (estratégica o constructiva) de tecnologías". Esta no es un conjunto de métodos que identifica un impacto y lo analiza de forma absoluta. Los impactos son relativos a los factores del ambiente en que se desarrolla la tecnología (efectos relativos a una parte o grupo social). Esto hace que surjan situaciones de conflicto, pues cada grupo tendrá una cierta interpretación (exhibirá una determinada opción tecnológica y sus diferentes impactos) de la tecnología en cuestión y será necesario, por tanto, predecir potenciales situaciones. El problema es entonces cómo solucionar situaciones de conflicto previstas. Para unos es tarea de expertos, para otros, es algo que debe ser decidido socialmente. Como no se puede decidir a priori que todo experto es un perverso y todo miembro de un movimiento ciudadano es honesto y altruista, hemos de pensar que el problema se puede resolver conjugando expertos y factores del ambiente en que se desarrolla la tecnología, tal como ha intentado la NOTA en los Países Bajos al acercar expertos y no expertos en la evaluación de proyectos. Se podrían hacer, de este modo, *recomendaciones* a los tecnólogos involucrados en el proyecto para rediseñarlo (si fuere el caso) o evitar efectos socialmente inapropiados y a los parlamentos para llevar a cabo propuestas políticas y organizativas legales. Se puede afirmar que la filosofía que subyace a la evaluación de tecnologías consiste en reducir los costes humanos de aprendizaje por ensayo y error, que caracteriza al funcionamiento del entramado científico-tecnológico, mediante una *anticipación* de los futuros desarrollos y sus impactos, acomodando tales resultados a los procesos de decisión e implementación. Cfr. también, J. Sanmartín, 1993, 31-44, J. A. López Cerezo / M. González García, 1993.

han de poseer una visión *integral* del desarrollo de la ciencia y la tecnología y de sus complejos entramados sociotécnicos.

## 6. EDUCACION EN “CIENCIA-TECNOLOGIA Y SOCIEDAD” COMO MEDIACION ENTRE “LAS DOS CULTURAS”: LA DE LOS CIENTIFICOS Y TECNOLOGOS POR UN LADO Y LA DE LOS HUMANISTAS POR EL OTRO

La conferencia Rede, dictada por C.P. Snow en 1959 (cfr. 1977) en Notre Dame, afirmaba que en nuestra sociedad existía una creciente separación entre “dos culturas” incomunicadas: una formada por científicos y tecnólogos y otra por humanistas. Esta idea de Snow de las dos culturas incomunicadas y mutuamente incomprensivas despertó atención y críticas<sup>27</sup>, aunque su argumento en favor de un entendimiento interdisciplinar tuvo poco impacto en el mundo académico. No voy a retornar aquí la argumentación y la propuesta de C.P. Snow. Sólo pretendo llamarla atención sobre esta expresión de las “dos culturas” para proponer una *mediación* entre ambas a partir de la Educación en “*Ciencia-Tecnología y Sociedad*”. CTS es un campo establecido de estudio cuyo propósito es crear una comprensión de la ciencia y la tecnología en sus relaciones con la sociedad a través de la *interacción disciplinar*. Los “humanistas” pueden aprender, por ejemplo, sobre supercomputadores, láseres, biotecnologías, etc. (“alfabetización científico-tecnológica”: habilidad del ciudadano para comunicarse de manera efectiva y crítica en todas las actividades normales y transacciones de la vida diaria que le afectan en un mundo altamente tecnológico), mientras los “ingenieros” pueden aprender más sobre el impacto humano de sus descubrimientos e invenciones. Todos pueden aprender cómo la ciencia, la tecnología y la sociedad se relacionan e interactúan entre sí y podrán hacer uso de este conocimiento en su toma de decisiones en una época en que nuestros asuntos están dominados por la ciencia y la tecnología. CTS en su tradición americana (EE.UU.) (“Science, Technology and Society”, STS) o “Science and Technology Studies” (Estudios en Ciencia y Tecnología) en la tradición europea, coinciden en resaltar la *dimensión social* de la ciencia y la tecnología, aunque la primera enfatiza las consecuencias sociales (forma en que los productos científico-tecnológicos inciden sobre nuestras formas de vida y organización social) con un carácter práctico y evacuativo, y la segunda resalta la forma en que los factores sociales antecedentes contribuyen a la génesis del desarrollo científico-tecnológico con un carácter más teórico y descriptivo. Las dos tradiciones, evacuativa y descriptiva, se complementan al ofrecernos, por una parte, una *nueva imagen* y una *nueva comprensión* de los procesos de producción del conocimiento y, por otra, al defender una consecuencia que se deriva de esa nueva imagen, a saber, la necesidad de crear e implementar mecanismos de *participación pública* en la toma de decisiones en asuntos científico-tecnológicos que se correspondan con el *carácter social* que se ha revelado bajo la aparente objetividad y neutralidad de la ciencia y la tecnología.

En este mundo tan fragmentado, todos necesitamos de un “*pegamento*” que nos ayude a unir las piezas. Hoy la ciencia y la tecnología están configurando nuestra forma de vida, valores, metas sociales, lugares de trabajo, etc. y nosotros estamos construyendo esa ciencia y tecnología.

CTS provee un esquema *integrador* que educa a los estudiantes en la “*multidiversidad*” —con un creciente

aumento en la fragmentación departamental: la sociedad tiene problemas, la universidad ofrece departamentos— para entender, apreciar y criticar los muchísimos factores que actúan en el mundo y ayuda a ejercer las habilidades y rutinas en la solución de problemas que están adquiriendo en sus estudios. Hoy más que nunca es necesario una *educación integradora* que abarque especialmente una *educación* que se oriente hacia una comprensión de la manera cómo la ciencia y la tecnología se relacionan con la vida cotidiana, hacia una síntesis, hacia una colaboración y hacia los problemas y/o procesos<sup>28</sup>.

No hemos de olvidar que el denominado *desarrollo sostenible*,—“desarrollo que satisface las necesidades de esta generación sin comprometer la posibilidad de que las generaciones futuras satisfagan sus propias necesidades y realicen sus aspiraciones” “satisfacción de las necesidades básicas de todos y la extensión a todas las personas de la oportunidad de realizar sus aspiraciones por una vida mejor”<sup>29</sup>—, que ha de significar un equilibrio en el tejido sociotécnico, depende de la *gestión socio-cultural adecuada* de la *ciencia, tecnología, naturaleza y sociedad*, que, a su vez, dependerá de la *creación de mecanismos institucionales* para la *participación pública efectiva* y del desarrollo y uso de *instrumentos y procedimientos de evaluación* (evaluación constructiva, integral). Todo este entramado requiere *un nuevo marco conceptual* para la *tecnociencia*: Esta con sus artefactos y procesos incluye la *acción humana* que esta en conexión con la producción, el desarrollo y la aplicación de artefactos y procesos. En este sentido, abarca una *dimensión natural* Ciencias Naturales, Ingeniería, Ecología, ..., *otra dimensión humana*: Psicología, Ergonomía, Fisiología, Estética, ..., y otra *social*: Economía, Sociología, Derecho, Historia de la Cultura, Ética, Filosofía,... Como resultado de la *acción humana* habrá que considerar los problemas y su formulación, los objetivos, la planificación, la identificación de soluciones alternativas, la selección/criterios de decisión, los valores, la evaluación de impactos, la selección de una alternativa, la acción y la responsabilidad. *Como criterios y valores* se podrán mencionar: la funcionalidad, la calidad del entorno, la seguridad, la salud, el desarrollo personal, la eficacia, el bienestar general, la calidad social, etc. Si se enfatizan los aspectos sociales sobre los técnicos, podríamos caracterizar a las *tecnologías* como *formas de organización social* que implican diferentes segmentos sociales; la producción y uso de artefactos, así como la gestión de recursos<sup>30</sup>. Este tipo de caracterización plantea la cuestión de la *evaluación y participación pública*.

De acuerdo a lo dicho, se requiere un nuevo instrumento evacuativo de la gestión científico-tecnológica que responda al carácter *constitutivamente humano y social* de la ciencia y la tecnología y que incluya, a su vez, la *fase crítica* de implementación.

La necesidad de alcanzar el “desarrollo sostenible” significa que las tecnologías generadas a partir de la comprensión científica no se pueden considerar neutrales, sino que han de *ser evaluadas y gestionadas* sobre la base de *metas sociales, valores* y con *participación pública*. Para ello, es necesario promover una *Educación* en “*Ciencia, Tecnología y Sociedad*” y crear los *mecanismos institucionales* para la *par-*

28. Cfr. R. Roy/L. Waks, 1990, 1-6, J. Sanmartín/J.L. Luján, en J. Sanmartín, 1992,67-84, J. Kortland, 1992, M. Horvat, 1993.

29. Comisión Brundtland, 1987, cfr. también M. Horvat, 1993.

30. Cfr. B. Wynnee, 1983, J. A. López Cerezo/M. González García, 1993.

27. Cfr. T. Sorell, 1993, 128-159.

*tipicado de la opinión pública*, para de este modo con un adecuado dominio de los conceptos y habilidades científicas, así como con una orientación sobre el uso del conocimiento científico, preparar a los estudiantes para poder enfrentarse con sus futuros roles sociales como ciudadano y como consumidor en una sociedad democrática desarrollada científico-tecnológicamente, utilizando el conocimiento científico como una de las herramientas para una más completa toma de decisión.

Quisiera señalar que el *conocimiento científico* también esta ligado a *políticas adecuadas* (políticas científico-tecnológicas, educativas, etc.), a la necesidad de acción en un mundo turbulento e incierto y al hecho de que el análisis científico tradicional no es suficiente para ofrecer soluciones. Hoy, aunque parezca que estamos dominados por la intervención "dura" ("ciencias duras"), no podemos olvidar la configuración de la intervención "blanda" ("ciencias blandas") en aquellas. Esto presupone que tenemos la capacidad de orientar e influir en el desarrollo científico-tecnológico y su impacto. Se presupone, y esto es importante, que la acción efectiva que pretende conducir a la ciencia y a la tecnología hacia ciertos objetivos (sociales, económicos, políticos) depende, como afirma K. Pavitt, 1987, de nuestra comprensión de la *interacción* entre ciencia-tecnología y sociedad. Además de atender a la *construcción* del entramado del conocimiento científico, hemos de tener en cuenta qué *podemos y debemos* hacer para orientar y dirigir nuestros proyectos y sistemas científico-tecnológicos inspirándonos en principios democráticos y sociales<sup>31</sup>. Es necesario, pues, reorientar, reconducir y estimular el conocimiento científico-tecnológico, incorporando determinados valores sociales, económicos, éticos y democráticos para así evaluar y gestionar adecuada y responsablemente el cambio científico-tecnológico.

Esto requiere, como ya se ha señalado, una *sólida educación y formación* del estudiante / ciudadano en CTS que le permita ser *parte activa* en la gestión y evaluación del cambio científico-tecnológico. Para ello, será necesario proveer las *bases educativas* pertinentes para una *participación social formada y crear mecanismos institucionales* para hacer posible tal *participación*.

Se impone, por tanto, una *reforma o renovación educativa* que abarque tanto a los objetivos cuanto a los contenidos, procedimientos, actitudes y evaluaciones.

El reto educativo que tenemos ante nosotros consiste en desarrollar en el estudiante una *actitud realista*, bien *fundamentada, crítica, democrática y creativa* frente al cambio científico-tecnológico<sup>32</sup>.

La implementación de esta *reforma o renovación educativa* sólo será posible, a su vez, mediante una renovación metodológica, que esta recogida en un refrán chino: *"Háblame y olvidaré; muéstrame y recordaré; implícame y entenderé*. Esta implicación se puede entender como que la clase ha de ser "construida colectivamente" por los participantes, lo que no significa que el profesor ha de renunciar a su **papel responsable en el proceso de enseñanza-aprendizaje**. En esta construcción más que manejar información (siempre necesaria), se trata de articular conocimientos, o sea, desarrollar argumentos y contra-argumentos, orientados a la solución del problema inicial formulado. La solución de los problemas no puede depender tampoco unívocamente

del profesor como si éste tuviera la solución con anterioridad. Los estudiantes han de participar activamente en la organización de la información, criterios de decisión y otros elementos de juicio que proporcionara el profesor. Esto significa discusión, posiciones provisionales y revisión. El profesor proporcionará los materiales empíricos y conceptuales necesarios para la argumentación. Como *casos de estudio*, son muy relevantes las diferentes controversias científicas habidas en torno a un tema. No se puede olvidar tampoco la *perspectiva interdisciplinaria*, pues amplía la base y el horizonte crítico del estudiante, facilitando de este modo la transferencia de conocimiento. También es importante la *relación de retroalimentación* en lo que respecta al contenido y a la metodología entre profesor y estudiante. Sobre la base de tal relación, abierta y comunicativa, podría monitorizarse y evaluarse el desarrollo del curso.

En cuanto a las *técnicas didácticas* para promover el pensamiento creativo, crítico, bien fundamentado, se pueden considerar, entre otras:

— La *articulación monográfica*: cada unidad se centra en la discusión de uno o dos conceptos clave (ciencia, tecnología, fiabilidad científica, etc.), que se introducen mediante un caso de estudio controvertido y que están relacionados con un problema cercano al estudiante. El profesor puede ayudar en la orientación de tales conceptos, proporcionar conocimientos de fondo y poner en marcha grupos de discusión.

— *Seminarios participativos* sistema proponente-oponente.

— *Ensayos críticos*.

— *"Ciencia en vivo"*: visita a laboratorios para conocer de "primera mano" la "caja negra", es decir, los aspectos sociales, económicos, profesionales, etc, que además de los cognitivos, caracterizan a la producción científico-tecnológica. Trabajos de campo, visita a ciudades de la ciencia, etc. etc.

Podemos afirmar que la *"Educación en Ciencia-Tecnología y Sociedad* persigue una "alfabetización" científico-tecnológica que le capacite al estudiante para participar en el proceso democrático de toma de decisiones y tiende a promover la acción ciudadana responsable, encaminada a la resolución de problemas relacionados con el conocimiento científico-tecnológico en la sociedad en la que nos ha tocado vivir. Somos *nosotros los que construimos el conocimiento científico-tecnológico* y de este modo *construimos la sociedad*. Una sociedad para la cual la *cultura es necesaria*, tanto la que proviene del campo *científico-tecnológico* como la que proviene del campo *humanístico*. Grande es el reto educativo que tenemos ante nosotros, iasumámoslo!

## BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, A./MARTINEZ, A./MENDEZ, R. (1993): *Tecnología en acción*, ed. Rap, Barcelona.
- BECK, U. (1986): *Risikogesellschaft. A uf dem Weg in eine andere Moderne*, Suhrkamp, Frankfurt/M.
- BECHMANN, G. (ed.) (1993): *Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung*, Westdeutscher Verlag, Opladen.
- BIJKER, W. E., (1985): Images of Science. Conferencia de Bath, Reino Unido (manuscrito). Traducción: *Imágenes de la Ciencia*, en Jornades Int. "Estudis de la Ciencia i de la Tecnologia en la Investigació i l'Educació", Universitat de Barcelona, I.C.E., INVESCIT, 1992, 1-7.

31. Cfr. L. Winner, 1991.

32. Cfr. J.A. López Cerezo/ J.L. Luján, 1994.

- BIJKER, W.E. y otros (eds.) (1987): *The Social Construction of Technology. New directions in the Sociology and History of Technology*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- BIJKER, W. E./LAW, J. (eds.) (1992): *Shaping Technology/Building Society. Studies in the Sociotechnical Change*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- BIJKER, W.E. (1993): *Do not Despair: There is Life after Constructivism*, en "Science, Technology & Human Values", vol. 18, nº1 (1993), 113-138.
- BRUNDTLAND COMMISSION (1987): *World Commission on Environment and Development. Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford.
- HORVAT, M. (1993): *Sustainability and Technology Assessment, Tempus Seminar: Perspectives of Sustainable Development*, Viena, Mayo 27-29, 1993 (Manuscrito).
- KORTLAND, J. (1992): *STS en la Educación Secundaria: Tendencias y Problemas*, en J.Int. "Estudios de la Ciencia i de la Tecnología en la Investigació i l'Educació", Universitat de Barcelona, I.C.E., INVESCIT, 2-24.
- KUHN, T.S. (1975): *La estructura de las revoluciones científicas*, F.C.E., México.
- LATOURETTE, B. (1992): *Ciencia en acción*, Labor, Barcelona.
- LOPEZ CEREZO, J.A. / GONZALEZ GARCIA, M. (1993): *The Role of Technical Expertise in Policy implementation*, en "Technology in Society", vol. 15, 383-397.
- LOPEZ CEREZO, J.A. / LUJAN, J.L. (1994): *STS Teaching in Higher Education. A case Study in Spanish Education*, en "Science, Technology and Change: New Theories Realities, Institutions", Budapest (EASST) (manuscrito).
- MERTON, R.K. (1973): *La Sociología de la Ciencia*, 2. vols., Alianza, Madrid.
- MOHR, H. (1987): *Natur und Moral. Ethik in der Biologie*, W. Buchgesellschaft, Darmstadt.
- PAVITT, K. (1987): *The Objectives of Technology Policy*, en "Science and Public Policy", 14/4, 182-188.
- RIP, A/VAN DEN BELT, H. (1 988): *Constructive Technology Assessment: Towards a Theory*, University of Twente (Manuscrito).
- ROY, R./WAKS, L. (1990): *El ABC de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, en M. Peria (recop.): *Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Teoría y Práctica*, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1990, 1-6.
- SALOMON, J. (1993): *Teaching Science, Technology and Society*, Open University Press, Buckingham/Philadelphia.
- SAN MARTIN, J. y otros (eds.) (1992): *Estudios sobre Sociedad y Tecnología*, Anthropos, Barcelona.
- SAN MARTIN, J. (1993): *From World 3 to the Social Assessment of Technology*, en "Periodica Polytechnica, Ser. Hum. and Soc. Sci.", Vol 1, nº 1,31-44.
- SAN MARTIN, J. y otros (eds) (1994): *Superando fronteras, Estudios Europeos de Ciencia - Tecnología - Sociedad y Evaluación de Tecnologías*, Anthropos, Barcelona.
- SCHOT, J.W. (1992): *Constructive Technology Assessment and Technology Dynamics: The Case of Clean Technologies*, en "Science, Technology & Human Values", 17/1, 36-56.
- SNOW, C. P. (1977): *Las dos culturas y un segundo enfoque*, Alianza, Madrid.
- SORELL, T. (1993): *La cultura científica. Mito y realidad*, Península, Barcelona.
- TONDL, L. (1993): *Changes of Paradigms in the concept and functions of science and technology*, Praga (Manuscrito).
- URSUA, N. (1990): *Nada se fundamenta/justifica: Todo se critica*, en J.M. Aguirre/X. Insausti (eds.): *Pensamiento crítico, ética y absoluto*, Eset, Vitoria, 161-176.
- URSUA, N. (1993): *Cerebro y Conocimiento. Un enfoque evolucionista*, Anthropos, Barcelona.
- VOLLMER, G. (1988): *Metakriterien wissenschaftlicher Rationalität*, en "Zeitschrift für Wissenschaftsforschung", Bd 4/Heft 2, 201-213.
- VOLLMER, G. (1992): *Wozu Pseudowissenschaften gulf sind. Argumente aus Wissenschaftstheorie und Wissenschaftspraxis*, en "Forum Universitas", 47 Jg. Nr. 548, 155-168.
- WINNER, L. (1991): *Upon Opening the Black Box and Finding it Empty: Social Constructivism and the Philosophy of Technology*, en J. Pitt y E. Lugo (eds.): *The Technology of Discovery and the Discovery of Technology*, SPT/Virginia Polytechnic Institute and State University.
- WYNNEE, B (1983): *Redefining the Issues of Risk and Public Acceptance*, en "Futures", Febr. 13-32.