

# La enseñanza de las ciencias: Alfabetización científica o ciencia para futuros científicos

*José Luis Córdova Frunz\**

Las categorías del pensamiento científico no coinciden con las del pensamiento cotidiano. Éste oscila, más bien, entre el mágico y los hábitos. El enfoque CTS+I es una respuesta que busca corregir la visión deformada de la ciencia. Sin embargo, la ciencia no puede reducirse ni al producto científico (los contenidos) ni al quehacer científico (los procesos, el contexto, las consecuencias). En la educación escolarizada también hay visiones deformadas y empobrecidas de tecnología y de sociedad. Este ensayo trata de la importancia de los valores científicos en una sociedad participativa y cuestiona la visión usual de tecnología como generadora de bienestar

## Alfabetización científica

La enseñanza de ciencias tiene un papel clave en la alfabetización científica. Pero esta alfabetización, como la cultura, no resulta exclusivamente de la educación formal o escolarizada; con todo, la escuela debe incidir en la promoción y actuación de los valores científicos fundamentales ya que son consistentes con los de una sociedad participativa. En efecto, la comunidad científica no resuelve (por lo general), las desavenencias acudiendo a la fuerza de la autoridad, de las componendas o de la tradición; acude, por el contrario, a la argumentación y a la experimentación, al debate y a la interpretación. La disensión y la tolerancia son elementos tan indispensables para el quehacer científico como para la democracia.

La alfabetización científica lo es más de actitudes y valores que de contenidos. Por ello, nada es más opuesto a la ciencia que la teoría entendida como verdad universal y absoluta. Es así que la tolerancia, valor clave del humanismo también lo es de la ciencia. Lo anterior no cancela la pertinencia de los contenidos ya que los jóvenes requieren de los conocimientos científicos fundamentales para no lle-

narse de prejuicios o enseñanzas seudocientíficas. La cultura científica no es repetición de contenidos y fórmulas sino comprensión de los principios fundamentales y de los problemas, de los métodos e instrumentos que han llevado a la proposición de teorías.

La alfabetización científica está dirigida, en consecuencia, a una valoración ética de prioridades; considerar sólo las variables económicas acaba con las sociedades, con el ambiente y con la vida; apunta a interpretar el fenómeno humano más allá de las variables monetarias o econométricas que llevan a un desequilibrio entre cultura y bienestar, entre productividad y sustentabilidad.

Y es que uno de los grandes logros de la ciencia es reconocer la imposibilidad de reducir los fenómenos a modelos simples; sin embargo, este hecho no está considerado en los cursos de ciencias. Suelen presentarse las teorías como si fueran modelos, y los modelos como si fueran la realidad. Las teorías son una expresión simplificada de un fenómeno simplificado. Como afirmaba Einstein: "En la medida en que nuestros modelos se refieren a la realidad son inciertos. En tanto no se refieren a la realidad, nuestros modelos son ciertos". Nada distorsiona más a una verdad científica que considerarla como verdad absoluta.

Cuando Heisenberg llegó a la Universidad de Chicago a dar una serie de conferencias sobre su teoría cuántica comenzó su exposición con reflexiones históricas y epistemológicas. El concepto de "explicación científica" había cambiado una vez más y había cambiado mucho más. Heisenberg se sintió obligado a explicar que la explicación que antes se daba para explicar qué era la explicación ya no servía para explicar lo que él quería explicar. Y que si no explicaba eso nadie entendería sus explicaciones.

Un elemento indispensable de la alfabetización científica es la comprensión de que hay diferentes formas de comprensión.

Si bien la cultura científica (como toda cultura) contiene una concepción de bienestar, también ge-

\* Departamento de Química. UAM-Iztapalapa.

Correo electrónico: cts@xanum.uam.mx  
teléfono/fax: (55) 58 04 46 06.

nera actitudes críticas que la analizan. De hecho, es la noción de bienestar la que genera un modelo tecnológico. No hay duda de que, hoy día, el bienestar se identifica únicamente con el confort individualista y éste es el objetivo del modelo tecnológico predominante. Sin embargo, una sociedad que reduce a técnica y confort todas las complejas dimensiones de la vida humana, camina hacia su desaparición. En forma análoga, una industria que dirige todos sus esfuerzos a las clases pudientes, acabará con grupos humanos que han sobrevivido durante milenios y se perderán sus conocimientos, prácticas y sabiduría.

La alfabetización científica implica un conocimiento de la función de los instrumentos (materiales, conceptuales, institucionales) en la validación de las teorías, así como del contexto social, económico e ideológico que propicia o impide un desarrollo tecnológico.

Por otra parte, los efectos negativos del desarrollo tecnológico llevan a que muchas personas no valoren objetivamente la influencia de la tecnología y la ciencia en su bienestar y, en consecuencia, oponen los conceptos natural y artificial con criterios maniqueos. Del mismo modo, la ignorancia de la forma de trabajo de la comunidad científica, de sus objetivos y sus formas de financiamiento, hace que la gente rechace las aportaciones de esta comunidad y no pueda decidir sobre alternativas que le beneficien.

Una temática que suscita divergencias entre historiadores, científicos y filósofos es la difusión de la ciencia ya que ésta pide una revisión de los aspectos fundamentales del quehacer de los científicos. Generalmente, la divulgación científica se limita a los desarrollos espectaculares de la ciencia y tecnología en los países industrializados. En países con antecedentes de colonia, el desarrollo científico se ve como un proceso unidireccional, esto es, que sólo puede lograrse siguiendo las etapas que ha logrado el primer mundo.

En la asimilación y aplicación de la ciencia debe considerarse el impacto de los antecedentes culturales locales, de las organizaciones profesionales, de las publicaciones, de la vinculación con la industria, etc. No sobra decir que el intercambio de ideas científicas se da en muchos centros y en cualquier país, es decir, en todos sentidos. Pero lo anterior no ocurre con el desarrollo tecnológico, concentrado en algunos países que disponen de capital, cobertura de patentes, control de precios de materias primas, control de

mano de obra, accesibilidad de mercados, etcétera.

Una rápida consideración de la historia de la ciencia y la tecnología en México muestra que se ha preferido copiar o comprar soluciones en lugar de desarrollarlas. Tal parece que es mayor la dependencia tecnológica actual que la existente en la Colonia.

El desarrollo tecnológico siempre se asocia con el desarrollo científico, pero la historia de la tecnología constata que se han tenido grandes logros (herbolaria, domesticación de vegetales y animales, cruzas exitosas, sistemas de irrigación y control biológico como las chinampas, etcétera) sin necesidad de un conocimiento científico. En breve, existe el riesgo de considerar el conocimiento científico como el conocimiento por excelencia descalificando a otros tipos de saberes: empírico, intuitivo, indiciario, tradicional. Todos ellos pueden ser fuente de bienestar y, eventualmente, han sido fuente de descubrimientos científicos.

### **Lo natural y lo problemático**

Cada época, cada cultura tiene sus propios valores, así como su “cánon de lecturas”, y su “cánon de problemas”. Son los que, de una forma implícita pero extendida, se hallan en determinado grupo social. Reflexionar sobre lo natural, afirmaba Ortega y Gasset, es el origen de la filosofía. Lo natural es lo que consideramos “no problemático”. Lo “natural” no inquieta, ni se intenta modificar.

“Un objeto en movimiento se mantiene así hasta que algo lo detenga”. Es un texto chino del s. IV a.n.e.; es el principio de inercia propuesto, 2000 años más tarde, por Galileo. El texto continúa: “Esto es tan claro como que una vaca es una vaca y no un caballo”. ¿Cómo es que los chinos lo tenían por obvio? Si lo natural es el movimiento, lo problemático es el reposo. Pero en Occidente partimos de supuestos contrarios: lo natural es el reposo, el movimiento es problemático; requiere, por tanto, de un agente.

Para la mayor parte de la población urbana es “natural” el vínculo entre ciencia y tecnología. Y es “natural” que haya nuevos productos tecnológicos. De aquí que no reflexionen sobre estos temas. Incluidos los políticos. Sobra decir que también es “natural” que estos productos tecnológicos sean importados. Nos sorprendería hallar una computadora marca “López” pero no una “Sony”.

De forma simplista puede afirmarse que los grandes logros tecnológicos se fundamentan en los

avances científicos. Sí. Pero también hay un mercado mundial, hay control de precios de las materias primas y de la mano de obra. Hay un modelo de industria de gran capital, alta tecnología y producción masiva que vemos como “natural”... Hay, también, un modelo de bienestar que incide en el anterior y ha llevado a la denominada “emergencia planetaria”.

Los países en desarrollo, eufemismo por ex-colonias, buscan aplicar el modelo de desarrollo del primer mundo, donde ya es claro el costo social y ambiental. Y empezamos a ver como “natural” el desempleo, la disminución de prestaciones sociales y el nuevo papel del Estado como protector del gran capital.

Hay nociones que hace 200 años no eran, en absoluto “naturales”: empleo, derechos sociales, democracia. Son resultado de una lenta y definitiva revolución intelectual y social. En ella, afirma Traulsen, Newton tuvo un destacado papel al proponer las mismas leyes físicas para los astros y para la Tierra; con ello propició una revolución intelectual que influyó en la revolución francesa. Los cambios políticos son de menor alcance que los cambios culturales.

### **Organización escolar y organización fabril**

Hoy es natural oprimir unos botones y comunicarse a Japón, o mover un automóvil de 1,400 kg. Es natural abrir el grifo y que salga agua. Lo familiar, lo rutinario ya no provoca reacciones. Es, una vez más, lo que no provoca inquietud, ni malestar.

Galileo abandonó las preguntas naturales en su tiempo: ¿qué es el movimiento, el espacio, la distancia, el vacío?, ¿qué es el tiempo? Sus preguntas fueron muy particulares: ¿cómo cambia la velocidad de una esfera rodando en un plano inclinado?, ¿cómo influye la rugosidad de la superficie en la velocidad del móvil? Estas preguntas muy específicas, muy concretas, lo llevaron a abstraer el fenómeno, a idealizarlo. En breve: a matematizarlo, a formalizarlo considerando exclusivamente los aspectos cuantitativos.

Los resultados exitosos de reducir el fenómeno a unas cuantas variables matematizables lo estamos disfrutando y sufriendo hoy día: las especializaciones, los expertos.

Pero las especializaciones no son un resultado del trabajo académico, lo son también del trabajo fabril. Con Samuel Colt, 1840, comenzaron las líneas de producción en serie, los obreros especializados y

las partes intercambiables en diferentes armas. Esto abarató los precios de armas y municiones al punto que el ejército norteamericano pudo usarlas en la guerra contra México. También fue usada en la guerra civil de Estados Unidos, vale aclarar.

La organización escolar del siglo XIX, sobre todo la de la escuela pública, correspondió a las exigencias y al modelo de la fábrica. Basta mencionar el control de los tiempos y movimientos en la escuela básica, réplica del control indispensable para la producción en serie y, en el caso particular de la química, el entrenamiento para la producción de jabones, perfumes, tenería, etcétera.

El éxito de la organización fabril por especialidades fue una de las influencias en el curriculum; la otra fue la del pensamiento galileano: la reducción del fenómeno a las variables matematizables.

El resultado es que hoy, las especializaciones, son naturales. Y al estudiante en absoluto le interesa lo que no tiene que ver con su carrera, con su materia y con el próximo examen. ¿Historia de la ingeniería en México?, ¿problemas económicos y sociales de la entidad? ¿etimologías?, ¿redacción?, ¿enfoque CTS+I?, ¿para qué me sirve?

En breve: la visión reduccionista y la organización fabril han llevado a la especialización (con incuestionables ventajas) pero también a la pérdida de una visión global del quehacer profesional y de su sentido. Que esta situación es lluvia de mayo para los grupos de poder también es incuestionable.

Pero los principales problemas que enfrenta Iberoamérica no son reducibles a variables económicas ni son objeto de una sola disciplina: sobrepoblación, deforestación, migración urbana, pérdida de empleos, contaminación, impunidad, narcotráfico, mercantilismo, individualismo. En forma análoga, ni el bienestar es reducible al nivel de ingresos, ni el aprendizaje a las experiencias del aula.

### **Modelos de bienestar y de producción industrial**

Ortega y Gasset, en 1937, explicó que la tecnología no es causa de bienestar. Es imposible que lo cause, afirma, porque la tecnología es efecto de la noción de bienestar que tiene cada grupo humano. Y que esta noción ha sido diferente en tiempos y lugares no hay duda.

La noción de bienestar (o modelo dominante de bienestar si se prefiere) apunta a la disminución del esfuerzo y a la supresión de la espera. Café instantáneo, e-mail instantáneo. No nos sorprendamos, es lo

mismo que ofrece la magia. La tecnología ha venido a ocupar el lugar de la magia. De aquí que la visión popular del científico sea la del mago: excéntrico, aislado, indiferente a las emociones humanas.

Es un lugar común hablar de globalización como si fuera un proceso “que se da” y en el que no hubiera actores, mejor dicho, “intereses”. El modelo dominante de producción industrial requiere gran capital, tecnología de punta, poca mano de obra especializada y un gran mercado. Las transnacionales más exitosas son las llamadas industrias verticales donde controlan desde las primeras etapas de fabricación, hasta las redes de distribución y publicidad. Es obvio, que los mejores productos (para los fabricantes) son los efímeros. Aunque pueden fabricarse focos que no se fundan, navajas de afeitar que no se gasten, coches que no se descompongan se diseñan justo para que tengan una vida útil corta. Es la “obsolescencia planificada”; mercado seguro. Omite cualquier alusión al mercado de armas.

El modelo industrial vigente apunta a la producción en gran escala, poca ganancia por unidad pero volúmenes extraordinarios de producción. Y apunta, como ya mencionamos, a los sectores pudientes. Así deja de cultivarse maíz y frijol para tener terrenos de engorda de ganado, se deforesta para cultivar soya como alimento de aves y los quechuas dejan de trabajar la tierra porque ganan más dinero posando para las fotografías de los turistas.

### Especialización y predicción

Las disciplinas y las especializaciones son un fenómeno reciente en términos históricos. A mediados del s. XIX el científico era fabricante de muchos de sus propios instrumentos, estaba interesado y participaba en política, p. ej. Cannizzaro luchó con las Brigadas Rojas de Garibaldi, Ramón y Cajal se lanzó a puestos públicos. Ostwald y los Curie hicieron investigaciones en espiritismo (a ellos se debe el nombre de “espectros” atómicos). En el medio académico Le Chatelier es más conocido por su ley de acción de masas que por sus investigaciones en cementos hidráulicos y el diseño del soplete oxiacetilénico.

Si remontamos más la historia, Newton practicó la numerología, la alquimia y la cronología bíblica. Galileo tallaba los lentes de sus telescopios, así como Huyghens construía sus propios relojes. Ahora existen catálogos de instrumentos científicos: Calbiochem, Hewlett-Packard, Perkin Elmer, Sargent Welch, Aldrich, donde se aprovechan las ventajas de la especialización. Y la comercialización.

Pero no es tan peligrosa la visión disciplinaria como la cosmovisión disciplinaria. Esto es, considerar que todo es reducible a las categorías de una disciplina. Una consecuencia de la cosmovisión disciplinaria es proponer que los especialistas son los más capacitados para decidir.

Es un lugar común afirmar que el lenguaje sirve para comunicar. Sin embargo, el lenguaje condicional no sólo nuestra forma de pensar sino también la de actuar. Cuando Wittgenstein afirmó “Los límites de mi lenguaje son los de mi mundo” no se refería sólo al “estar” sino al “actuar en el mundo”. No hay duda de que nuestro “estar” y “actuar” en el mundo ha cambiado y está cambiando vertiginosamente.

De 1984 a la fecha (20 años) se han publicado más artículos de química que los escritos desde Dalton hasta 1984. Se estima que cada 13 años se duplica el número de publicaciones. En 1907 el *Chemical Abstract* consideraba a 400 revistas; actualmente a 12,000. En 1988 publicó 474,545 resúmenes de los cuales 22% eran patentes. El *Chemical Abstract* incluye 2,000 artículos de química por día cuyos resúmenes ocupan aproximadamente 200 páginas. En 1750 había 10 revistas sobre asuntos científicos. En 1900, 10 mil. En 1830 apareció la primera revista de Abstracts la cual cubría 300 revistas. Hoy hay más de 300 revistas exclusivamente de Abstracts.

En 1800 eran algunos cientos de sustancias químicas, hoy son más de 19 millones. Y el número de sustancias nuevas se duplica cada 13 años. Aproximadamente 75% de los artículos publicados describen una nueva sustancia.

El tiempo entre la fabricación de un invento y su comercialización se reduce cada vez más. La fotografía, inventada en 1782, requirió 56 años para su desarrollo (aún no comercialización). Pero la cámara de 35 mm, inventada en 1945, en dos años ya se vendía. Es obvio que la comercialización apunta a los sectores pudientes de la población.

Con todo, los esfuerzos dedicados a la ciencia difícilmente se justifican por los desarrollos tecnológicos que produce. En otras palabras, es casi imposible anticipar el impacto de un invento. Y es que pocos inventos son exitosos aisladamente, requieren de un complejo sistema tecnológico, educativo y de mercado.

Éstos son algunos ejemplos de inventos cuyo alcance fue menospreciado en su nacimiento:

- El transistor, en 1947, anunciaba su uso en equipos para sordera. Y nada más.
- Graham Bell intituló su patente del teléfono como

“Mejoras en la telegrafía”. Pensaba que se usaría exclusivamente para mensajes cortos e importantes.

- Guglielmo Marconi, inventor de la radio inalámbrica, pensó que se usaría para comunicar barcos entre sí y con la costa. Y nada más.
- El láser fue anticipado teóricamente en 1917; en 1950 fue una curiosidad de laboratorio, pero Laboratorios Bell rechazó patentarlo.

Un buen ejemplo de la necesidad de cambios en el sistema tecnológico, fabril y social para la aceptación de un invento son los generadores de corriente alterna. Aunque se inventaron en 1880 se necesitaron 40 años para que su uso llevara a un aumento en la productividad de las fábricas. Se necesitaban redes de distribución, establecimiento de tarifas (que dependían del número de usuarios), subestaciones, convencimiento de los gerentes, etcétera. Además, el cambio de máquinas de vapor a motores eléctricos significó también una reestructuración total de las fábricas. La versatilidad que daba la corriente alterna llevó a décadas de investigación, experimentación y, conviene subrayarlo, de educación. En breve: los cambios tecnológicos requieren también cambios organizacionales significativos. Y lo mismo podemos decir de los avances científicos; si no inciden en el sistema productivo, apoyados por cambios menores pero fundamentales, se diluyen en el mundo de las revistas para autores.

Un invento y sus tecnologías complementarias son a menudo tan interdependientes que la mayor innovación es todo el sistema tecnológico. Sin embargo, es muy difícil anticipar y conceptualizar un sistema tecnológico como algo ya completo.

Por otro lado, al pensar en una nueva tecnología es muy probable que se haga en términos de la antigua, la que será remplazada eventualmente; la historia muestra que los inventos pretenden superar las limitaciones de la tecnología existente y los usos tradicionales. Así, Marconi consideró la radio inalámbrica sólo para resolver el problema de la posición de los barcos. Y los laboratorios Bell rechazaron el láser porque este dispositivo óptico no tenía aplicación para la transmisión de señales acústicas.

La necesidad de innovaciones complementarias es una razón muy importante que explica el pequeño aumento en productividad de las tecnologías espectaculares. Por otro lado, los efectos acumulativos de un gran número de mejorías dentro de un sistema

científico y tecnológico puede, eventualmente, ser muy grande.

Otro punto que hace riesgosa la predicción tecnológica es que muchos descubrimientos buscan resolver problemas y necesidades muy específicos y limitados. Una vez que se encuentra una solución a tal problema, es difícil encontrar aplicaciones en contextos totalmente diferentes.

Las primeras máquinas de vapor fueron desarrolladas en Inglaterra a fines del siglo XVII e inicios del XVIII; su objetivo era muy específico: desaguar las minas inundadas. Durante mucho tiempo ésa fue la única tarea de las máquinas de vapor. Una sucesión de mejorías posteriores las hicieron adecuadas para las fábricas textiles, herrerías, astilleros y otras industrias a principios del XIX. Esto es, se necesitaron 200 años de modificaciones para encontrarles más usos.

En los comienzos del s. XIX la máquina de vapor era una fuente de energía que comenzaba a usarse en trenes y barcos. A fines del mismo siglo se empleó para producir una nueva forma de energía más manejable: la electricidad. Ésta tenía muchas más aplicaciones que las que permitía la energía térmica del vapor directamente (transmisión a grandes distancias, motores pequeños, flexibilidad de usos). Finalmente la turbina de vapor desplazó a la máquina de vapor en la producción de energía eléctrica.

La historia de la máquina de vapor muy difícilmente podía haber sido prevista por sus inventores. Sin embargo, una vez que fueron comprendidos los principios de su funcionamiento, el terreno estaba listo para nuevos inventos. La capacidad de inducir descubrimientos adicionales de gran impacto económico es una medida razonable para clasificar un invento como grande.

Limitar las predicciones al aspecto tecnológico exclusivamente, sin considerar el económico, es más simple pero más arriesgado ya que cualquier tecnología está condicionada por factores económicos y por una noción de bienestar que, a la larga, se convertirá en “natural”. El avión supersónico Concorde fue un espectacular logro tecnológico pero ha sido un desastre financiero para las compañías británicas y francesas.

Comprender las ecuaciones de Maxwell del electromagnetismo es muy distinto a anticipar las formas en que pueden emplearse los tubos electrónicos. Marconi dominaba el primer punto, pero no el segundo. David Sarnoff, un inmigrante ruso con pocos años de escuela, tuvo la visión de cómo podría

usarse la nueva tecnología de Marconi para transmitir noticias, música, información y entretenimiento. Sarnoff fue director de la RCA (Radio Corporation of America) y en tres años tuvo ganancias de 80 millones de dólares.

Lo que le ocurrió a Marconi le ocurrió también al matemático Howard Aiken, pionero de la computación en 1940; Haiken siempre pensó en las computadoras como dispositivos que resuelven problemas científicos. En 1956 declaró: “Si hubiera descubierto en ese tiempo que las bases lógicas de una máquina que resuelve ecuaciones diferenciales son las mismas que las de una caja de supermercado lo habría considerado como una divertida coincidencia”.

Los usos y las consecuencias de una tecnología difícilmente pueden ser anticipados. En la mayoría de los casos sus aplicaciones se generalizan. La Internet fue concebida originalmente con propósitos militares a fines de 1960. El objetivo era llevar mensajes por diferentes rutas evitando los sitios devastados por un ataque nuclear. Hoy se ha ampliado a una red mundial que conecta a millones de computadoras. Ninguno de los planificadores pudo ni siquiera vagamente anticipar tal desarrollo.

En una sociedad muy competitiva hay incentivos para la innovación y mejora de tecnologías. De hecho, las innovaciones inducen respuestas vigorosas por parte de las compañías que ven amenazados sus productos tradicionales. Algunos de los adelantos más notables en la construcción de veleros de madera ocurrieron entre 1850 y 1880, justo durante la introducción del barco de vapor con casco de metal. En 30 años los veleros lograron mayor velocidad y capacidad de carga; al usar nuevas máquinas, redujeron a un tercio la tripulación requerida. En forma semejante, hubo grandes avances en las lámparas domésticas de gas poco después de la introducción del foco incandescente.

Los procesos competitivos que resuelven el éxito de una tecnología no se hallan en los textos tradicionales de ciencias ni de economía. Es claro que, hasta hoy, se ha reducido el éxito a la ganancia económica y que el mercado, es decir, los sectores pudientes de todo el mundo son el objeto más pre-

ciado de las industrias científica y tecnológica. Es el bienestar de este sector, entendido más como ocio, ostentación, confort y despilfarro el que orienta los avances tecnológicos.

En un mundo de grandes cambios continuará la incertidumbre de si las innovaciones producirán bienestar y si éste lo será para la población o sólo algunos sectores. Será muy ingenuo pensar que un único modelo pueda manejar todas las variables relevantes de una forma sistemática pero, por otro lado, es muy posible que el conocimiento y el análisis de los factores involucrados en el complejo sistema Ciencia-Tecnología-Sociedad mejore nuestra visión del futuro. Y nuestro futuro.

Para concluir quiero anotar una breve y profunda reflexión de Ronald Tolkien:

“Si diéramos más importancia a la comida, a los amigos y a las canciones, que al oro atesorado, éste sería un mundo más feliz.” ■

### Referencias bibliográficas

- Heisenberg, W. El humanismo en la filosofía de la ciencia. Ley natural y estructura de la materia. Seminario de problemas científicos y tecnológicos. UNAM, 1987
- Ortega y Gasset, J. *Meditación de la técnica*. Espasa Calpe, España 1965.
- Chomsky, Noam. *Política y cultura a finales del siglo XX*. Ariel, México 1995.
- Saxe-Fernández, J., et al., *Globalización, imperialismo y clase social*. Lumen, Argentina 2001.
- García, R. Psicogénesis e historia de la ciencia. Siglo XXI 1982.
- Rosenberg, N. *The Perils of Technological Forecasting. Science and the Future* 1998.
- Logan, R. D.; O’Hearn. Thought-Style and Life-Style: Some Hypothesized Relationships, *Science Educatio* , 66, 4, 1982.
- Joesten, M. et al. *World of Chemistry*. Saunders College Publishing. USA 1991.
- Eco, Umberto, El mago y el científico. *El muégano divulgador*, No. 24. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM.