

---

## CRÍTICA, CREATIVIDAD Y RIGOR: VÉRTICES DE UN TRIÁNGULO CULTURALMENTE VALIOSO

---

Luis Marone y Rafael González del Solar

### RESUMEN

*Un desafío importante de la filosofía y sociología de la ciencia es estudiar en profundidad los mecanismos que relacionan la producción científica con el desarrollo social y económico. Recientemente, Jaffé (2005) mostró que esa relación es especialmente fuerte en los países que han alcanzado un cierto grado de desarrollo y enfatizó la necesidad de encontrar los mecanismos de la interacción. El modelo del “triángulo de Sábato” (Sábato, 2004) constituye un análisis lúcido sobre las relaciones que hay que establecer entre el sistema científico-tecnológico, el gobierno y la industria para promover el desarrollo. Postula que la innovación tecnológica es un mecanismo clave para articular la ciencia*

*con la industria, cuya promoción requiere acciones deliberadas del gobierno. Aquí se plantean otros mecanismos necesarios para que el modelo de Sábato funcione: la promoción de actitudes humanas basadas en el método de la ciencia (espíritu crítico, creatividad y rigor). Este modelo también emplea el triángulo como metáfora y tiene esas actitudes en los vértices. Se afirma que las sociedades cuyos sistemas educativos se inspiran en ese “triángulo CCR” construyen culturas que impulsan, entre otras cosas, el desarrollo integral. La construcción de ese tipo de cultura también requiere acciones deliberadas de los gobiernos, en especial en el área educativa.*

### Introducción

Aunque muchos países de América Latina no parecen haber desarrollado e insertado suficientes innovaciones tecnológicas propias en la trama de sus sociedades, sus ciudadanos suelen identificar a la ciencia y la tecnología (CyT) como la columna vertebral del desarrollo económico. Siguiendo esa lógica, justifican el financiamiento público de la investigación por la relación “ciencia → tecnología → industria”, o sea por la producción en masa de innovaciones tecnológicas (en

particular, de nuevos bienes o servicios). Los razonamientos sobre una presunta relación lineal entre ciencia y desarrollo económico, expresados sin el necesario contexto epistémico y sociológico, suelen abundar en la educación formal e informal (Marone y González del Solar, 2005, 2006), a pesar de que pueden no conducir al progreso integral de las naciones, entendido como un tipo de desarrollo que es -simultáneamente- cultural, político, biológico y económico (Bunge, 1997). Se precisan, entonces, análisis más sutiles.

Jorge A. Sábato postuló un modelo sobre la manera en que la CyT se insertan en la trama del auténtico desarrollo: sus componentes son Gobierno (G), Infraestructura CyT (I) y Estructura Productiva (E). En 1979, Sábato (2004) consideró a la innovación tecnológica como un aspecto clave en la relación “ciencia → tecnología → industria”, pero sugirió igualmente que sus componentes no conducen al desarrollo integral a menos que existan ciertas “actitudes”, por ejemplo acciones deliberadas de gobierno que generen una atmósfera cultural

propicia para la innovación y que acerquen los resultados la CyT a la industria. El “triángulo de Sábato” promueve interacciones sólidas entre sus componentes para que la innovación la CyT se transforme en motor del desarrollo. Aunque suele ser visto como un paradigma de la defensa de la ciencia solo por sus “resultados tecnológicos” (o sea, insumos para desarrollar tecnología), el modelo de Sábato constituyó una instancia superadora tanto de los esquemas que asocian linealmente a la ciencia con el desarrollo económico, como de los que pretenden que

---

### PALABRAS CLAVE / Cultura / Desarrollo Integral / Educación Científica / Método Científico /

Recibido: 27/09/2006. Aceptado: 29/03/2007.

Luis Marone. Licenciado en Biología, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Luis, Argentina. Profesor, Universi-

dad Nacional de Cuyo, Argentina. Investigador, CONICET, Argentina. Dirección: Grupo de Investigación en Ecología de Comunidades de Desierto (Ecodes), IADIZA, Casilla de

Correo 507, 5500 Mendoza, Argentina. e-mail: lmarone@lanet.com.ar  
Rafael González del Solar. Biólogo, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Estudiante

Doctoral, Departamento de Filosofía, Universitat Autònoma de Barcelona, España. Fellow, Fundación Carolina, España.

## SUMMARY

An important challenge to the philosophy and sociology of science is to unveil the mechanisms relating scientific production to social and economic development. Recently, Jaffé (2005) has shown that that relation is especially strong in those countries that have reached a certain degree of development, and has emphasized the need to discover mechanisms underlying such correlation. The so-called *Sábato Triangle Model* (Sábato, 2004) provides a lucid analysis on the sort of connections that should be established among the techno-scientific system, government and industry in order to promote balanced development. The model states that technological innovation is a mechanism for articulating science

with industry, and that its promotion requires deliberate actions from the government. Herein other mechanisms are proposed, believed to be necessary for the appropriate functioning of Sabato's triangle; namely, particular attitudes taught by the scientific method (critical attitude, creativity, and rigorosity; CCR). As a result, a model is put forth, which may also be represented by a triangle with one of the said attitudes at each of its vertexes, and it is stated that those societies whose educational systems are inspired in such "CCR triangle" promote cultures that drive integral development. Building that kind of culture demands deliberate actions from the government as well, especially in the educational field.

## RESUMO

Um desafio importante da filosofia e sociologia da ciência é estudar profundamente os mecanismos que relacionam a produção científica com o desenvolvimento social e econômico. Recentemente, Jaffé (2005) mostrou que essa relação é especialmente forte nos países que tem alcançado certo grau de desenvolvimento e enfatizou a necessidade de encontrar os mecanismos da interação. O modelo do "triângulo de Sábato" (Sábato, 2004) constitui uma análise lúcida sobre as relações que há de se estabelecer entre o sistema científico-tecnológico, o governo e a indústria para promover o desenvolvimento. Postula que a inovação tecnológica é um mecanismo chave para

articular a ciência com a indústria, cuja promoção requer ações deliberadas do governo. Propõem-se aqui outros mecanismos necessários para que o modelo de Sábato funcione: a promoção de atitudes humanas baseadas no método da ciência (espírito crítico, criatividade e rigor). Este modelo também emprega o triângulo como metáfora e tem essas atitudes nos vértices. Afirma-se que as sociedades cujos sistemas educativos se inspiram nesse "triângulo CCR" constroem culturas que impulsionam, entre outras coisas, o desenvolvimento integral. A construção desse tipo de cultura também requer ações deliberadas dos governos, em especial na área educativa.

puede haber desarrollo tecnológico sin investigación científica. Aunque Sábato (2004) no profundizó en sus fundamentos, sugirió la tesis de que no cualquier orientación cultural promueve la transformación de una sociedad tradicional en una sociedad moderna.

La tecnología auténtica, esa rara flor en los países pobres, no nace ni crece en cualquier cultura (véase, por ejemplo, Quintanilla, 1998). Depende, en última instancia, de que existan individuos con capacidad creadora en el sistema CyT, un insumo indispensable para "planificar" dónde y cómo innovar. El desarrollo de tecnología (esto es, la creación de artefactos eficaces y eficientes usando como insumo el conocimiento y la estrategia científica) es, antes que nada, un proceso cognitivo: "... la investigación ha sido, es y será un producto de la inteligencia humana. No cabe duda de que el trabajo en equipo y con recursos abundantes aumenta la eficiencia y puede que estimule la creación -aunque a veces la inhibe-, pero es muy difícil que la produzca: la creación es un acto singular de una mente singular. Aquellos que viven en el espejismo de los equipos costo-

sos, los instrumentos sofisticados y los edificios muy funcionales, ignoran la verdad capital de que la capacidad creadora es la virtud esencial de la investigación" (Sábato, 2004, p. 47). Pero las sociedades pueden promover o desalentar e incluso castigar a sus mentes creativas. Sábato demanda al vértice Gobierno una política deliberada para crear un entramado entre la capacidad creadora del sistema CyT y la capacidad empresarial de los industriales (definida como la aptitud para explotar un *invento* con el objeto de producir una mercancía nueva o una mercancía antigua por un método nuevo), pero le pide también "que promueva acciones conducentes al establecimiento de una atmósfera socio-cultural apta para la creación y la innovación" (Sábato, 2004, p. 56), y que no aplique al funcionamiento de las instituciones de CyT "las normas y los procedimientos administrativos generales que aplica al resto de sus organismos [porque] un organismo con gente creativa no puede ser gobernado de la misma manera que un organismo burocrático" (Sábato, 2004, p. 52). El triángulo de Sábato describe una relación plausible entre la ciencia y el

desarrollo integral, mediada por el mecanismo de la innovación tecnológica (Bunge, 2000a), y sugiere algunas claves acerca de otros mecanismos sociales que facilitan esa relación.

A partir de la década de 1990, el desarrollo de indicadores cientométricos (King, 2004) permitió poner a prueba hipótesis que sugieren que el desarrollo científico conduce al desarrollo económico y que existen ciertas actitudes culturales que favorecen el desarrollo científico. Jaffé (2005) mostró que la producción científica (medida tanto por la base de datos pública PubMed como por la privada Thomson ISI) de 44 países se correlaciona positivamente con los indicadores de desarrollo económico y social provistos por el Banco Mundial. Jaffé (2005) también detectó la posible existencia de un umbral de desarrollo económico a partir del cual la CyT se transforma más claramente en el motor de la economía. En los países que superan ese umbral la ciencia sería la principal causa, y no un subproducto frívolo, del estado de bienestar. Aunque en ese estudio se muestra que los niveles de tolerancia ética y religiosa se correlacionan positivamente con

el desarrollo científico (y éste con el económico), Jaffé (2005) indica que los mecanismos que subyacen a las correlaciones quedan aún por ser develados. En este ensayo se profundiza el análisis de los mecanismos que han permitido que algunas sociedades apuesten más eficazmente a la innovación que otras. Para ello, se propone que el aporte de la CyT a la sociedad es mucho más rico y complejo que los (necesarios) productos tecnológicos; que las sociedades modernas precisan apreciar la totalidad de los aportes de la ciencia a la cultura, y que muchos de esos aportes derivan, básicamente, de los componentes sustanciales del método de la ciencia.

### Triángulos culturalmente valiosos

Cualquier curso de Metodología de la Investigación plantea que, para hacer ciencia, se necesitan tres elementos esenciales: un *problema* de investigación, una *hipotética solución* al mismo (usualmente en términos de una explicación) y las *pruebas* que indiquen que la solución es apropiada. Para encontrar un buen problema (real, inte-

resante, importante), el investigador debe tener espíritu crítico, debe ser curioso, inconformista y escéptico; un indagador no puede ser intelectualmente perezoso. Para resolver el problema, tiene que inventar, o tomar prestadas de otros, ideas o hipótesis a modo de soluciones, plausibles y con espacios de originalidad. Necesita promover, en sí mismo y en su grupo de trabajo, actitudes que favorezcan la libre expresión del talento individual, la imaginación y la creatividad, porque la capacidad innovadora es el requisito indispensable de cualquier proyecto CyT (Marone y González del Solar, 2005, 2006). Finalmente, el investigador crítico y creativo, por más entusiasmado que esté con sus hipótesis, deberá ponerlas

a prueba concienzudamente y ofrecerlas a sus colegas para que, esta vez en forma despiadada, sean evaluadas. Si es un investigador científico, tiene que ofrecer pruebas sobre el grado de verdad de sus afirmaciones; si es un investigador tecnológico debe aportar pruebas de que su artefacto (un objeto concreto o un plan de acción; Bunge, 1997) es eficaz para los objetivos planteados. En resumen, el investigador adoptará actitudes rigurosas en su manera de razonar (rigor lógico) y en la ponderación objetiva de la evidencia con que cuenta para decidir sobre sus hipótesis (rigor empírico) antes de difundir sus ideas (Bunge, 2000b).

Los componentes esenciales del método de la ciencia (problema → hipótesis → prueba) pueden ubicarse en los vértices de un “triángulo metodológico”. El método de la ciencia necesita y promueve aptitudes y actitudes culturalmente valiosas (crítica → creatividad → rigor) que también pueden visualizarse en un triángulo (Figura 1). La práctica sistemática y el aliento de las actitudes del “triángulo

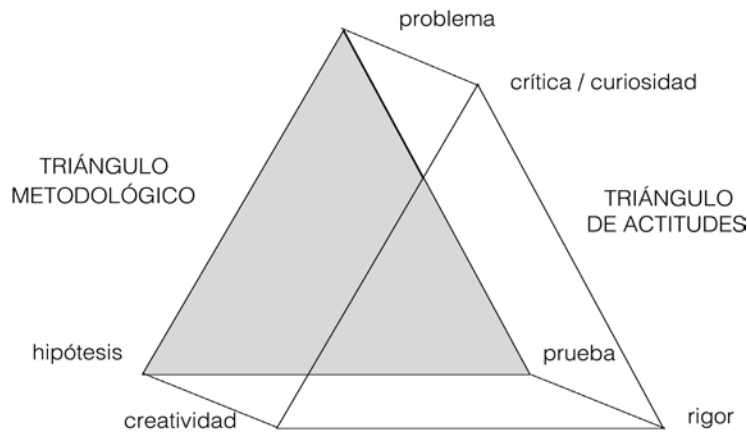


Figura 1. El modelo del “triángulo metodológico” tiene en sus vértices el problema a investigar, la solución hipotética que se le da al mismo y la puesta a prueba o corroboración de esa hipótesis. Ese modelo promueve el desarrollo de un conjunto de *actitudes* que caracterizan al individuo indagador: espíritu crítico y curiosidad para encontrar problemas, creatividad e imaginación para inventar soluciones novedosas, rigor lógico y empírico para corroborar el grado de verdad (ciencia) o de eficiencia (tecnología) de la solución propuesta. Las *actitudes* que promueve el triángulo metodológico constituyen los vértices del modelo del “triángulo CCR”. Ambos triángulos interactúan fuertemente: los requisitos del método invitan a desarrollar las *actitudes*, el desarrollo de las *actitudes* aumenta la eficacia en la aplicación del método. La promoción social de esas *actitudes* requiere acciones deliberadas por parte de los individuos y los gobiernos. Esas acciones deberían nutrirse del conocimiento y la experiencia de los científicos y expandirse a través del proceso educativo (primario, secundario y universitario). No todo modelo educativo promoverá, necesariamente, las *actitudes* del triángulo CCR. Sostenemos que esas *actitudes* constituyen algunos de los *mecanismos* por los cuales las naciones con alto nivel científico y tecnológico alcanzan mayores estándares en su desarrollo integral.

CCR” constituyen los principales mecanismos del triángulo de Sábato. Como todo mecanismo social se desarrolla en dos niveles (Bunge, 2000a), el individual o microsocioal (refiere al desarrollo de las actitudes CCR en cada persona) y el colectivo o macrosocioal (se vincula con el aliento o promoción de esas actitudes y con el resultado de su aplicación sistemática). El triángulo CCR ofrece las herramientas para transformar una sociedad tradicional en una sociedad moderna.

Algunos ejemplos de por qué estos mecanismos son esenciales para el desarrollo integral: Un gobernante que no sepa distinguir cuáles son los variados y diferentes aportes de la ciencia, la tecnología y la profesión (o producción o industria) no será capaz de comprender que la actitud problematizadora y el rigor deben caracterizar a las tres, pero que la apuesta imaginativa e innovadora es condición *sine qua non* de la CyT (Marone y González del Solar, 2005, 2006). El gobernante o empresario escasamente crítico y que no aprecia la creatividad

no comprenderá lo sustancial de la apuesta tecnológica (¡su originalidad!); se contentará con promover la producción de *commodities* o con producirlas (o importarlas). El funcionario que considera la mente como un ente inmaterial que flota sobre las cabezas, y no como un conjunto de procesos cerebrales, no promoverá necesariamente la investigación rigurosa (básica y clínica) sobre procesos naturales de enfermedad como Alzheimer o depresión. Las autoridades del área educativa que no ejercitan el rigor podrán decidir que es lo mismo enseñar el creacionismo que las teorías naturalistas de la evolución. Un director de instituto que no conoce y practica la ciencia epistemológicamente culta, no será capaz de organizar su institución empleando criterios que estimulen el espíritu crítico y fomenten la creatividad; verá en todo talentoso un díscolo a combatir, un peligro para su “orden institucional”.

Por el contrario, los mecanismos involucrados en el triángulo CCR son valiosos en sí mismos porque constituyen una invitación al debate libre y ri-

guroso y, por ende, un obstáculo para autoritarismos y dogmatismos de cualquier especie. La actitud crítica cuestiona la simple tradición o el dogma como justificación del pensamiento o la acción y, así, permite detectar arbitrariedades y automatismos. Su capacidad liberadora radica en gran medida en que invita a formular las desafiantes preguntas encabezadas con ¿por qué? y conduce a la tarea de establecer cuáles aseveraciones tienen fundamento y cuáles no. En otras palabras, exige explicaciones racionales y razonables y, combinada con una dosis de rigor y compromiso, permite establecer cuáles de ellas son más satisfactorias, al menos provisionalmente. Las afirmaciones falsas y los argumentos falaces se desenmascaran con

esfuerzo, empleando actitudes escépticas y rigurosas. Sin ellas, las sociedades no suelen distinguir las ideas y acciones novedosas justificadas por buenas razones de las que no tienen fundamento. La tarea de juzgar crítica y rigurosamente no es sencilla, pero parece ser la única manera de actuar responsablemente en las sociedades libres. La actitud problematizadora es necesaria para detectar buenos problemas para investigar y promover la innovación, y la imaginación es imprescindible para que el sistema CyT nutra de innovaciones a la sociedad. Por ello, el sistema educativo debe apreciar y promover las actitudes del triángulo CCR, alentando el escepticismo y el pensamiento original entre los estudiantes. Solo los seres humanos inconformistas, curiosos y comprometidos plantean problemas donde aparentemente no los hay, y solo las personas creativas aportan soluciones originales a los problemas aún no (suficientemente) resueltos (Marone y González del Solar, 2005, 2006). Sin el constante acicate intelectual del misterio

del mundo y de la investigación fundamental, sin la libertad de pensamiento y de iniciativa, sin el desorden creador, la ciencia se estanca (Allègre, 2000). Del mismo modo, sin curiosidad, imaginación y rigor, el desarrollo integral (cultural, biológico, social y económico) parece transformarse en una inalcanzable utopía.

### Reflexiones finales

El triángulo CCR es complementario del triángulo de Sábato porque enfatiza los aportes no tecnológicos de la ciencia a la cultura y al desarrollo integral de la sociedad. El triángulo de Sábato subraya que una sociedad precisa fuertes interacciones entre gobierno, instituciones científicas y empresas para alentar y sacar provecho de las innovaciones. El triángulo CCR sugiere que una sociedad debe contar con seres humanos inconformistas, talentosos y rigurosos para, entre otras cosas, obtener esas innovaciones. Indica, además, que las actitudes que promueven el método de la ciencia no se propagan en la sociedad a menos que exista una intervención deliberada de los individuos y del estado, en particular una política educativa explícita que aprecie y promueva la difusión de sus valores. El modelo del triángulo CCR parte de componentes ideológicos identificables (y, por lo tanto, debatibles). Se puede hipotetizar que la promoción de actitudes críticas, creativas y rigurosas constituye un aporte sustancial a la sociedad y debería existir un debate permanente acerca del grado de verdad de esa hipótesis.

Pero el triángulo CCR postula, además y de manera explícita, los mecanismos sociales que pueden explicar por qué el desarrollo CyT es una de las causas fundamentales del desarrollo integral de las naciones. Por ello, alienta nuevas instancias de investigación empírica que podrían estar motivadas por las siguientes preguntas: las naciones con mayor desarrollo de CyT ¿tienen sistemas educativos que promueven la crítica, la creatividad y el rigor?, las naciones con sistemas educativos

que promueven esos valores ¿son también las que tienen mayor desarrollo integral?, las sociedades con mayores indicadores de tolerancia ética y religiosa ¿son las que educan en la curiosidad, el escepticismo, la originalidad y el rigor? Para responder a esas preguntas habrá que esperar, como hubo que hacerlo hasta que se desarrollaron e hicieron disponibles los indicadores cuantitativos, hasta contar con indicadores de calidad educativa basada en las actitudes del triángulo. Pero mientras tanto, podemos formular un par de reflexiones breves.

Los sistemas CyT en América Latina ¿forman científicos convencidos del profundo significado social de su actividad o meros investigadores que no se hacen cargo del tremendo impacto que el método de la ciencia (y algunos de sus resultados) ha tenido en la cultura? A juzgar por los convincentes argumentos de Cerejido (1994) y Cerejido y Reinking (2003), en la formación de muchos investigadores prevalece todavía la presión combinada del pensamiento mágico y la ultra-especialización y, como consecuencia, ellos no suelen reflexionar, ni invitan a hacerlo, sobre los supuestos filosóficos de la ciencia. Por ejemplo, acerca de que la realidad es material, que la duda debe prevalecer sobre la fe, que los únicos objetos inobservables que la ciencia acepta como existentes son los que pueden someterse al control de teorías naturalistas o que las contradicciones entre las actitudes y creencias que el científico desarrolla en el laboratorio y las que mantiene en su vida privada provocan tensiones que merecen ser reflexionadas en profundidad. Los científicos que examinan estos asuntos mientras hacen investigación serán probablemente capaces de transmitir los valores del triángulo CCR a la cultura y la sociedad.

¿Contamos en América Latina con modelos de educación que favorezcan las actitudes del triángulo CCR? A juzgar, por ejemplo, por la proporción importante de ciudadanos peruanos (~70%), venezolanos (~60%) y argentinos (~50%) que con-

taron que no es posible desarrollar un comportamiento ético sin creer en Dios (Jaffe, 2005), la escasa apuesta imaginativa que tiene la enseñanza de ciencias en las escuelas (basada casi exclusivamente en la difusión de contenidos disciplinares y no de las actitudes que promueve el método científico) o la falta de convicción de algunos colegios o universidades para fomentar valores que, a pesar de resultar ineludibles en una sociedad democrática, parecen contradecir algunos de sus fundamentos elementales (por ejemplo, el escepticismo razonable en instituciones religiosas), la respuesta no sería afirmativa. Hay buenos motivos para pensar que la educación científica es difícilmente compatible con la enseñanza religiosa (Mahner y Bunge, 1996). Así las cosas, con un número insuficiente de científicos dispuestos a profundizar sus reflexiones filosóficas y a enseñar a sus estudiantes los aportes culturales del método (Marone y González del Solar, 2005, 2006), y con sistemas educativos poco permeables a esos aportes, queda mucho trabajo por hacer en América Latina. La tarea podría inspirarse en una afirmación reciente del físico Stephen Weinberg (2003), quien sostuvo que “la lucha contra el dogmatismo es una tarea civilizadora de la cual los científicos deben sentirse orgullosos”.

### AGRADECIMIENTOS

LM agradece a la John Simon Guggenheim Memorial Foundation y RGS a la Fundación Carolina de España. El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (PIP 6328) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (Pict 01-12199), ambos de Argentina, brindaron apoyo institucional y financiero. Contribución N° 50 de Ecodes, IADIZA (Mendoza) y FCEyN de la Universidad de Buenos Aires, Argentina.

### REFERENCIAS

Allègre C (2000) *Dios frente a la ciencia*. Atlántida.

Buenos Aires, Argentina. 301 pp.

Bunge M (1997) *Ciencia, técnica y desarrollo*. Sudamericana. Buenos Aires, Argentina. 230 pp.

Bunge M (2000a) *La relación entre la sociología y la filosofía*. Edaf. Madrid, España. 359 pp.

Bunge M (2000b) *La Investigación Científica*. Siglo Veintiuno. México. 808 pp.

Cerejido M (1994) *Ciencia Sin Sesos, Locura Doble*. Siglo Veintiuno. México. 287 pp.

Cerejido M, Reinking L (2003) *La ignorancia debida*. Libros del Zorzal. Buenos Aires, Argentina. 187 pp.

González del Solar R, Marone L (2001) The “freezing” of science: consequences of the dogmatic teaching of ecology. *BioScience* 51: 683-686.

Jaffe K (2005) Science, religion and economic development. *Interiencia* 30: 370-373.

King DA (2004) The scientific impact of nations. *Nature* 430: 311-316.

Mahner M, Bunge M (1996) Is religious education compatible with science education? *Science & Education* 5: 101-123.

Marone L, González del Solar R (2005) Imaginación e innovación: aportes de la ciencia y la tecnología a la cultura y la sociedad. *Boletín de la Biblioteca del Congreso* (Argentina) 122: 99-116.

Marone L, González del Solar R (2006) El valor cultural de la ciencia y la tecnología. *Apuntes de Ciencia y Tecnología* (España) 19: 35-42.

Quintanilla MA (1998) Técnica y cultura. *Teorema XVII*. [www.campus-oei.org/salactsi/teorema03.pdf](http://www.campus-oei.org/salactsi/teorema03.pdf). Acceso 22/11/2005

Sábato JA (2004) *Ensayos en Campera*. Universidad Nacional de Quilmes / Editorial Bernal. Buenos Aires, Argentina. 215 pp.

Weinberg S (2003) Four golden lessons. *Science* 426: 389.