

Un criterio más allá de la simple aritmética en ciencia y tecnología

Marco Antonio Martínez Negrete

Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM
martinez@servidor.unam.mx

RESUMEN

A través de 5 tesis se describe un modelo sencillo para la educación masiva de científicos, el cual se basa en proveer el apoyo científico-técnico necesario para la resolución de problemas sociales relevantes. Un elemento esencial del modelo es la noción de “masa crítica”, definida en tres niveles mutuamente interactuantes de intervención: el científico, el técnico y el tecnológico. Del modelo se puede derivar un método aproximado para el cálculo de la razón de científicos por cada mil habitantes que el país requiere para la solución de algún problema socialmente relevante, e incluso el presupuesto necesario para ello.

PALABRAS CLAVE:

Ciencia, tecnología, políticas, educación, masa crítica.

ABSTRACT

Through 5 theses a simple model for the massive education of scientists is described, which is based on providing the necessary scientific-technical support for the resolution of high-priority social problems. An essential element of the model is the notion of “critical mass”, which is defined in three mutually interacting levels of intervention: the scientific, the technical and the technological one. From this model it can be derived an approximate method for the calculation of the proportion of scientists per each thousand inhabitants that the country requires for the solution of some social critical problems, and even the necessary budget for it.

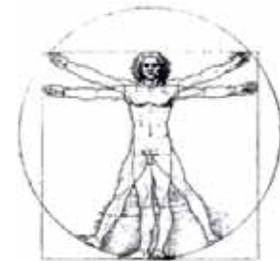
KEYWORDS:

Science, technology, policies, education, critical mass.

INTRODUCCIÓN

En aras de la brevedad el contenido del escrito se desarrolla en varias tesis, seguidas de explicaciones y comentarios. De este modo se pretende concisión y una manera económica de llegar a las aplicaciones concretas, así como a la crítica general y puntal de lo aquí expuesto.

Así mismo es conveniente dar las definiciones de los términos que se emplearán en la exposición de las tesis. Los conceptos de ciencia e investigación se referirán a la física y se podrán utilizar como sinónimos, en la mayoría de las



Artículo publicado en el Boletín de la Sociedad Mexicana de Física, No. 1, Vol. 18, Ene-Mar 2004.

ocasiones. La ciencia (la investigación) se genera por la búsqueda de solución a dos tipos de problemas:

- A) Cuestiones surgidas del comportamiento fundamental (físico), de la naturaleza.
- B) Los asociados con la aplicación de la ciencia.

En el primer caso se suele hablar de ciencia básica o fundamental, en tanto que en el segundo se trata de ciencia aplicada o también ciencia dirigida a la aplicación. Las diferencias no son absolutas, por cuanto que en la ciencia básica se producen conocimientos científicos que son en una sociedad dada potencialmente aplicables (ciencia potencialmente aplicable), mientras que en otra pueden no serlo. Y, por otra parte, al resolver problemas que requieren de la aplicación de la ciencia se suelen suscitar preguntas sobre el comportamiento fundamental de la materia. De lo anterior se desprende que hay una estrecha interrelación entre tres aspectos o momentos de la ciencia: ciencia básica, ciencia aplicable y ciencia aplicada.

Si la sociedad es tal que la ciencia llega a su aplicación, lo hará gracias al desarrollo de técnicas (instrumentos o procedimientos) derivados de ella. El o los complejos resultantes de la aplicación de las técnicas en la sociedad, en que ésta se modifica por aquellas y viceversa, se llama complejo tecnológico (como cuando se habla de una cierta tecnología de transportes, de comunicación, agrícola, etc.).

TESIS 1: EL DESARROLLO CIENTÍFICO ES NECESARIO PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO DE UN PAÍS

Es necesario, pero no suficiente. Hay un camino largo por recorrer de la ciencia a sus aplicaciones sociales, ya como técnicas que son parte de un desarrollo tecnológico.



En México es conocida y criticada la desconexión entre las instituciones de investigación en física, las industrias y en general las empresas productivas de toda índole, a pesar del reconocimiento que se hace a la aportación a la cultura y a la educación científicas nacionales. Sin embargo, algunas excepciones a la desconexión entre física e industria confirman la regla, mostrando que nuestro país cuenta con un *capital científico* incipiente pero invaluable. Tales excepciones no existían hace una década, por lo que se sospecha que con una política científica y tecnológica adecuada sea posible generar masivamente técnicas de aplicación interna y de exportación (como hacen en los países *avanzados* y que países como Japón y Corea del Sur han conseguido también hacer en unos 20-25 años).¹

Las críticas mencionan que, en el mejor de los casos, cuando la ciencia que aquí se hace es de calidad *internacional*, ella será potencial o realmente aplicada en los países altamente industrializados, en donde hay una conexión más estructurada entre la ciencia y sus aplicaciones sociales. Se trata de una ciencia que sería aplicable en México, si cambiaran las condiciones actuales de la interrelación entre nuestra ciencia y la sociedad, por ejemplo mediante una política de ciencia y tecnología especialmente orientada a ello.

TESIS 2: LA RAZÓN DE CIENTÍFICOS POR CADA MIL HABITANTES (R) ES CONSECUENCIA DE LA CANTIDAD DE ELLOS DEDICADOS AL APOYO CIENTÍFICO-TÉCNICO EN LA SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS SOCIALMENTE RELEVANTES DEL PAÍS

La solución de un problema socialmente relevante (por ejemplo el tránsito de los energéticos agotables y contaminantes a los energéticos inagotables y poco contaminantes) no es de la total competencia de los científicos, pero sí la investigación que sirve de apoyo científico-técnico a su solución.

Cada problema requiere de la investigación en varios temas; el conocimiento en cada tema puede estar disponible como consecuencia de investigaciones básicas y/o aplicables anteriores, o es necesario generarlo dirigidamente. La naturaleza del problema (relevancia social) demanda que la investigación sea teórica y experimental. Las

organizaciones que pueden atender las temáticas en México están en las instituciones de educación superior e investigación científica (universidades, politécnicos, tecnológicos), centros tecnológicos gubernamentales, institutos de investigación y desarrollo tecnológico asociados a empresas gubernamentales y privadas. Otras instituciones de investigación y desarrollo habrá que crearlas exprofeso.

La cantidad de científicos dedicados a cada temática depende de la cantidad de instituciones donde ella se trabaja, si se la realiza teórica y/o experimentalmente, si se la lleva a la elaboración de dispositivos técnicos, si se continúa la cadena hasta el nivel de planta piloto y si, finalmente, se aplica socialmente desarrollando para ello previamente la producción fabril. La cantidad de científicos variará asimismo si en el camino se tiene contemplada la formación de nuevos científicos, en diferentes niveles de escolaridad (licenciaturas, maestrías o doctorados). La cantidad mínima de científicos se determinará por la construcción de ciertas masas críticas, que se explicarán más adelante.

Mientras no exista una política científica y tecnológica estructurada para la resolución de problemas sociales relevantes, la cantidad R será relativamente arbitraria y poco significativa. La R actual parece haberse conformado históricamente para preservar la capacidad de investigación en ciertos temas, predominando de manera general en sus orígenes la investigación teórica sobre la experimental, si bien estadísticas recientes muestran una relación inversa en la cantidad de investigadores de uno u otro tipo.² No obstante lo anterior, la desconexión con las aplicaciones sociales es la responsable principal de que la



mayoría de los laboratorios científicos resuelvan sus necesidades de experimentación a través de la importación de equipos. Asimismo, la investigación teórica y experimental sigue dependiendo en la renovación de sus temáticas de las prácticas científicas exteriores, fundamentalmente de los países muy industrializados.

TESIS 3: SOLO PUEDE APOYARSE CIENTÍFICO-TÉCNICAMENTE LA SOLUCIÓN DE UN PROBLEMA SOCIAL RELEVANTE SI SE CUENTA CON MASAS CRÍTICAS EN TRES NIVELES MUTUAMENTE INTERACTUANTES: CIENTÍFICO, TÉCNICO Y TECNOLÓGICO

El concepto de masa crítica se toma de la física nuclear, y es indispensable para cualquier proceso auto sostenible. Se refiere a la cantidad mínima de material fisionable capaz de generar una reacción en cadena. Así:

Definición 1: masa crítica científica (mc)

Es el conjunto mínimo de personas, equipos y organizaciones capaces de plantearse y generar más problemas y sus soluciones, así como científicos adicionales conectados con cuestiones científicas originalmente asociadas a la solución de un problema socialmente relevante.

En ocasiones la mc en física teórica puede consistir de una sola persona, sentada en un escritorio provista solamente de papel y lápiz, quizá con una biblioteca al lado; el ejemplo de Dirac es paradigmático.³ Pero tal es difícilmente el caso cuando se trata de resolver problemas que continuamente se presentan y demandan solución, asociadas a algún problema socialmente relevante. La situación es entonces más parecida al funcionamiento de un laboratorio en donde tanto científicos teóricos como experimentales trabajan en conjunto con la gente del taller de al lado, tratando de encontrar la solución a un problema científico generado por la prueba de una nueva teoría. Se sabe que entonces la solución a alguno de los problemas lleva a otros y así sucesivamente. Cuando la cadena no se interrumpe es porque el laboratorio cuenta con la mc en gente e infraestructura, y es capaz también de formar un número mayor de científicos al tiempo que más equipo novedoso se construye. (Este equipo puede eventualmente alcanzar la etapa

de aplicación industrial; pero esto es parte de otra historia).⁴

Ejemplo: Desarrollo de un grupo de investigación teórico-experimental en superconductividad, con posibles aplicaciones en el problema energético (almacenamiento de energía solar, transporte de baja fricción, etc.).

Definición 2: masa crítica técnica (mt)

Es el conjunto mínimo de personas, equipos y organizaciones capaz de resolver cualquier problema original o nuevo resultante del trabajo en alguna temática asociada a un problema socialmente relevante, que requiera una solución técnica por vía de equipos técnicos o procedimientos, y con capacidad de formación de más personal científica y técnicamente capacitado.

Ejemplo: Diseño y construcción de un almacenador superconductor de corriente eléctrica solar.

Definición 3: masa crítica tecnológica (mT)

Es el conjunto mínimo de personas, equipos y organizaciones capaz de difundir y adaptar socialmente las técnicas de apoyo generadas alrededor de la solución efectiva de un problema socialmente relevante.

Ejemplo: Generación de un programa exitoso para el desarrollo y adaptación generalizada de colectores de energía eléctrica solar mediante superconductores, fabricados nacionalmente.

Las masas críticas mc, mt y mT se interrelacionan y realimentan unas con otras, en la unidad que es el proceso social que lleva de la ciencia básica o dirigida a sus aplicaciones sociales tecnológicas y a la inversa. Del desarrollo de prototipos, por ejemplo, emerge la necesidad de resolución de problemas básicos de física, que pueden enfrentarse exitosamente si se cuenta con las masas críticas del caso.

La aplicación social de una cierta técnica bien puede demandar modificaciones que se remiten hasta la ciencia básica, o hasta el rediseño de los prototipos mismos, etc. Unas masas críticas demandan la existencia de las otras para completar el proceso tecnológico de aplicación; se trata ciertamente de una interacción realimentativa. Lo importante para un país consiste en que la realimentación entre las masas

críticas se cierre en su interior, y no en el extranjero, como puede suceder si nada más se construyen las mc teóricas.

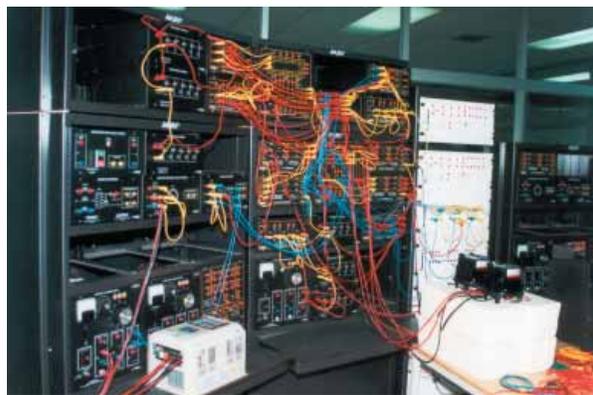
Las cantidades mínimas de científicos y técnicos requeridos en el país, serán consecuencia de la construcción de las masas críticas asociadas al apoyo científico-técnico requerido en la solución de los problemas sociales relevantes. De aquí se determinan las R 's mínimas de cada categoría.

Del análisis detallado de la construcción de cada masa crítica se pueden calcular las cantidades mínimas de inversión en personal, equipos y organización, correspondientes a cada temática científica, desde la etapa de investigación hasta su aplicación social tecnológica.

TESIS 4: LA FORMACIÓN MASIVA DE CIENTÍFICOS SE PUEDE LOGRAR MEDIANTE LA INTERACCIÓN ENTRE TRES INSTANCIAS SOCIALES: LA GENTE (ORGANIZADA O NO EN INSTITUCIONES) PARA QUIEN EL PROBLEMA ES SOCIALMENTE RELEVANTE; CENTROS LOCALES Y REGIONALES DE TECNOLOGÍA; INSTITUCIONES ACADÉMICAS DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Los centros locales y regionales de tecnología pueden ubicarse en empresas gubernamentales y/o privadas, en pueblos, ciudades o en el campo. Se trata de instituciones en que colaboran científicos, técnicos e inventores de la academia y de la localidad o región en donde se ubica el problema relevante.

De esta manera algunas asignaturas y los planes de estudio mismos de las instituciones educativas regionales son formulados tomando en cuenta



las temáticas de investigación conectadas con la solución del problema o problemas. En estos centros se generan las soluciones técnicas, se plantean los productos en planta piloto y se construye la conexión con las industrias dirigidas a la fabricación en serie. La elaboración de tesis de licenciatura, por poner un ejemplo, puede realizarse en las empresas, teniendo validez curricular en la institución educativa. Los estudiantes podrán dedicarse a la investigación sobre temas relevantes desde los inicios de las carreras, pudiendo continuar más intensamente en los niveles superiores, si su vocación se despierta hacia la investigación básica, o hacia la dirigida. La interacción entre las tres instancias es asimismo realimentativa.

TESIS 5: LA FORMACIÓN MASIVA DE CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS PARA EL APOYO A LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS SOCIALES RELEVANTES REQUIERE DE UN PLAN NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA EXPROFESO, FORMULADO DEMOCRÁTICAMENTE

Como la definición de lo que es problema socialmente relevante y la construcción de las masas críticas coadyuvantes a su solución son tareas colectivas, democráticas y necesariamente coordinadas, se desprende de suyo la necesidad de una coordinación nacional de las distintas instancias participantes.

En este sentido es muy importante recalcar que un plan de ciencia y tecnología que exprofeso apunte a la solución de problemas científicos que redunden en el aumento del bienestar de la población y el ambiente, debe conformarse poniendo por delante la construcción de los instrumentos (las masas críticas) necesarios para ello. Por eso se requiere que los agentes actualmente involucrables en el inicio del proceso de construcción (científicos, técnicos, empresarios y usuarios en general) participen de una mística que proporcione para la acción decidida el compromiso con un modelo generado por consenso. Esto no es, al parecer, la situación contemplada en las nuevas leyes de ciencia y tecnología aprobadas en abril del año pasado por las legislaturas, a pesar de que los lineamientos de política que define

sean plausibles. Es decir, las nuevas leyes tienen fines acertados, pero los medios concebidos para alcanzarlos no parecen ser los convenientes. (Para una descripción y limitada crítica de las nuevas leyes, ver la referencia 5).

Sin ser un aspecto menor de la coordinación nacional mencionada, la evaluación del trabajo científico-técnico tiene que cambiar de naturaleza. Es preciso que la evaluación sea concordante con el cumplimiento de los objetivos del nuevo plan de ciencia y tecnología, de modo que los medios se adecuen a los fines y viceversa. La evaluación que privilegia sin más la publicación en revistas, sobre todo las extranjeras, no necesariamente apunta en la dirección del apoyo a la solución científico-técnica de problemas socialmente relevantes de nuestro país y nuestra gente. Más bien pareciera que la “publicacionitis” realizada como un fin en sí misma, pone a trabajar a nuestros científicos y técnicos preponderantemente en el apoyo a la solución de problemas ajenos. Desde luego que habrán intersecciones científico-técnicas temáticas no vacías entre los problemas de fuera y los nuestros, pero si de ser efectivos se trata, lo mejor es trabajar explícita y directamente por lo que nos concierne.

REFERENCIAS

1. P. F. Druker, *La sociedad post capitalista*, Editorial Apóstrofe, Buenos Aires (sin año).
2. M.A. Pérez Argón, G. Torres Vega, “Retos y perspectivas de la física en México”, en *Diagnóstico de la física en México*, Academia Mexicana de Ciencias, noviembre de 2002, págs. 61-68, México.
3. H. S. Kragh, *Dirac. A scientific biography*, Cambridge University Press, 1990.
4. V. Bush, “Ciencia, la frontera sin fin. Un informe al presidente, julio de 1945”, *Redes*, revista de estudios sociales de la ciencia, No. 14 (noviembre de 1999), págs. 89-137, Buenos Aires.
5. M. Puchet Anyul, P. Ruiz Nápoles, *Nuevas leyes de ciencia y tecnología y orgánica del CONACYT*, Porrúa y Facultad de Derecho UNAM, 2003, México.