

Hacer nanociencia en Cuba: entre lo propio y lo impropio

ROGELIO G. DÍAZ MÉNDEZ*

RESUMEN. La evolución de la nanociencia en Cuba es una auténtica aspiración de nuestro potencial científico en varios campos de la investigación. Si bien en condiciones de subdesarrollo algunos centros nacionales han logrado establecer un nivel medianamente aceptable de participación en la comunidad internacional con relación a conocimientos teóricos, a mucha distancia andamos de los círculos que marcan el paso de la investigación de sistemas de dimensiones pequeñas. En este trabajo analizamos algunas particularidades generales de la creación científica en esta esfera como introducción a un debate más profundo y detallado. Entendemos que no es sino en esa dirección, la del logro de un acervo científico de primera línea, donde se podrá tener una esperanza de sólido desarrollo económico y social.

PALABRAS CLAVE: desarrollo, nanotecnología, Cuba.

ABSTRACT. Nanotechnology evolution in Cuba is an authentic aspiration of our scientific potential in diverse research fields. Even that it is true that in underdevelopment conditions, some national research centers have achieved decent levels of participation within the international community in relation to theoretical knowledge, we still are faraway from the circle that set the rhythm of research on systems of very small dimensions. In this article we analyze some general particularities of the scientific creation of such a circle as a first step for a more deep and detailed debate. We understand that only in that direction, the one of the construction of a first class scientific heritage, it will be possible to have hope on a solid economic and societal development.

KEY WORDS: development, nanotechnology, Cuba.

INTRODUCCIÓN

El entendimiento de los procesos naturales que ocurren en los sistemas a escala nanométrica, esto es, en dimensiones espaciales del orden de una mil millonésima de metro, es un proceso multidisciplinario en general que ha sido nombrado nanociencia. Desde las últimas dos décadas el avance en técnicas de litografía y deposición ha hecho posible manipular muestras reales a escala atómica y ha disparado la investigación fundamental en este campo con vistas al logro de una innumerable cantidad de aplicaciones prácticas futuras. [1] Ahora es difícil imaginar una rama tecnológica del mundo de mañana que no contenga como núcleo un ensamblado nanométrico. El reto planteado en el marco tecnológico depende en gran medida de la comprensión teórica que se logra en la investigación fundamental.

El impacto social que tiene el nivel de desarrollo científicotecnológico de un país es un asunto complejo que depende tanto del sistema político-social establecido como del nivel cultural general entre otras variables. Sí está claro, empero, la importancia económica de la tecnología en cualquier forma de organización de la actividad produc-

* Grupo de Nanofísica, Departamento de Física, Facultad de Ingeniería Eléctrica, CUJAE, ave 114 final, La Habana, Cuba. Cátedra de Sistemas Complejos "Henri Poincaré", Facultad de Física, Universidad de La Habana, CP 10400, Cuba.

tiva. Consideraremos sin argumentación que el nivel de la ciencia y de la tecnología contribuyen positiva y directamente sobre la sociedad elevando los índices culturales, la calidad de vida material y espiritual, y el acervo cognoscitivo de la población; cosa que en buena aproximación es cierta para la mayoría de los países, digamos, de bienestar social. Nos interesa más centrar la atención en cómo lo sociopolítico puede y debe influir sobre lo científicotecnológico, especialmente en condiciones de subdesarrollo, visto este último de forma puramente económica.

En general, el análisis que hacemos rebasa los límites (no estrechos) del enfoque de la nanociencia que hemos escogido para particularizar y fijar ideas. Al ser ciencia un término tan general y polimorfo en el sentido de su praxis, entendimos que centrarnos en la nanociencia dejará ver mejor qué tratamos de discursar sobre el trabajo que transcurre en el límite de lo comprendido. Y es, además, como hemos dicho, una de las disciplinas tecnológicamente más prometedoras del futuro. De cualquier forma, la fuerte impronta multidisciplinaria de la investigación científica actual hace imposible un estudio demasiado aislado del desarrollo de una sola rama de la ciencia. Así, la investigación moderna debe entenderse en un enfoque holístico que incluya la presencia e interrelación de todos los campos en que metodológicamente se divide el conocimiento científico.

Es por eso que una aproximación seria al desarrollo de la nanociencia en Cuba lleva directamente al problema de la actividad científica nacional en general. Más aún, como será obligatorio pasar por el análisis de algunas variables históricas y económicas que son comunes a muchos de los países del área, cuando no a todo el Tercer Mundo, estaremos entrando en una generalización mayor. Veremos que es en este aparente alejamiento que encontramos el problema central: una contradicción en cuyo desenlace puede descansar la esperanza de desarrollo integral de nuestros países.

CREENCIA ENGAÑOSA

Es común relegar a un plano invisible la importancia de la investigación fundamental y por lo general tiende a sobrestimarse el papel de la sola tecnología. En parte porque a la primera se le sitúa lejos de la práctica, cuando a veces no lo está tanto, y también porque no se analiza con justeza lo percedero de cualquiera de ellas sin la otra. Es un criterio erróneamente instalado el que sólo los países con un gran desarrollo económico pueden darse el lujo de invertir grandes sumas en estudios teóricos¹; una simple revisión crítica del tema arrojaría un resultado medular y simple: sólo la investigación fundamental garantiza continuidad tecnológica. La historia (productiva, social, espiritual) es generada en un proceso en el que lo teórico y lo técnico se entrelazan, estrechan y vuelven a separarse continuamente en cada materia, en cada especialidad. No le queda a la actividad científica fundamental el simple papel de generadora de conocimiento, digamos, enciclopédico —que por demás ya la justificaría con creces— en un limbo desconectado de la vida ordinaria; en una incesante dinámica, la transformación diaria de ciencia en tecnología es una realidad absoluta y frecuente, sólo que no dentro de nuestras fronteras.

¹ En general, utilizamos la categoría *teórico* para referirnos a la investigación científica tanto teórica como experimental, con el objetivo de diferenciarla de la aplicada y/o tecnológica.

La Universidad Paul Sabatier al sur de Francia puede tener un equipo de físicos estudiando la adhesión de partículas de oro en nanotubos de carbono, un gran centro de cómputo evaluando los mínimos del hamiltoniano para sugerir las mejores condiciones del sistema y un edificio de ingeniería prestos a diseñar un modelo de nuevo disco duro tras el éxito del experimento, todo eso en menos de un kilómetro cuadrado y no vinculado con grandes empresas tecnológicas. De esta forma, el modelo de desarrollo científico de las sociedades avanzadas de hoy muestra claramente esta interrelación de enriquecimiento mutuo imposible de encontrar en otras latitudes. Es cierto que existe en todas partes el problema del financiamiento de la investigación fundamental y que éste se agrava así se haga el objetivo científico menos aplicable o menos de corto plazo; pero, obviamente, no caben las comparaciones.

Ahora bien, ¿cuántos países de nuestra América no tienen o tuvieron alguna vez industrias de última tecnología: centrales azucareros, refinerías, etc.? útil inversión de mediano plazo en lo económico, que no sirve a la larga sino para disfrazar de desarrollo la inexistencia de un verdadero, armónico binomio ciencia-tecnología. El intento de la fábrica de componentes microelectrónicos de Pinar del Rio es quizá uno de los ejemplos nacionales más representativos de esta malformación; nos enseña que la solución no puede ser tecnología aislada: una nueva fábrica de componentes nano-electrónicos tampoco perduraría. Desarrollo ficticio es el basado en la importación de tecnología, ella no es más que el bello fruto de un árbol mucho más grande, el de la ciencia, y sus raíces son la educación.

Resulta por otro lado muy improbable que los países desarrollados, su evolución histórica, puedan señalar el rumbo hacia el establecimiento de una relación ciencia-tecnología-sociedad próspera y armoniosa en nuestra situación actual. Para decirlo en palabras cercanas a Jhon Womack, [2] eventualmente las lecciones —la posibilidad que brinda el estudio del pasado— no sirven para diseñar estrategias presentes. Y este caso es típico: así como clara es la meta, oscura y engañosa sería cualquier enseñanza que un repaso histórico superficial pueda darnos al estudiar la forma en que las potencias científicas han llegado a ser lo que son. Es una verdad simple y, sin embargo, merece comentarse con detenimiento y sentido de trascendencia.

Si, como sabemos, el desarrollo de la ciencia —casi no hará falta decir en el primer mundo— ha estado calzado siempre directa o indirectamente por la supremacía económica, la soberanía política y la superioridad educativo-cultural, hoy ya no es postergable repensar las estrategias de quienes hemos ido a la saga; hay que buscar conscientemente un otro camino. Coincidimos con Galeano en que “el subdesarrollo no es una etapa en el camino al desarrollo sino su consecuencia;” [3] también nosotros figuramos de cierta forma en la historia de la ciencia, si bien con un papel secundario y poco feliz. El cambiar ese papel arcaico, rediseñarlo en el nuevo entorno político, educativo y sociocultural de nuestra realidad está íntimamente ligado a la perspectiva de independencia económica.

Se impone un reto difícil. Nunca, salvo contadas excepciones y en condiciones muy poco parecidas a las de Cuba o Latinoamérica en general, se ha emprendido una marcha consistente del subdesarrollo al desarrollo. Es de suponer entonces que esperar condiciones de bonanza económica permisivas, causantes de un auge en la investigación fundamental, de un alza en el presupuesto asignado a la ciencia, es evidentemente ilusorio. Así, el medio en que se forje un desarrollo autoconsistente para los países del tercer mundo no puede ser otro que el de una verdadera voluntad científica en la base del sistema político-social.

PROBLEMA, POTENCIAL Y VOLUNTAD ECONÓMICA

En nuestro país la actividad científica en la frontera del nanómetro se ha establecido, precaria y desligada, pero conscientemente, en algunos núcleos de la investigación como el Centro de Inmunología Molecular (CIM), el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), la Facultad de Física y el Centro de Antígenos Sintéticos de la Universidad de La Habana, y el Instituto de Cibernética, Matemática y Física (ICIMAF). Si bien la cantidad de científicos que trabajan hoy en ellos dista mucho de ser la adecuada, sí parece que han servido para consolidar una masa crítica de especialistas que en la generalidad de los casos están perfectamente al nivel de la fuerza de trabajo media europea.

Con la excepción de los centros del polo científico más vinculados al sistema cubano de salud, justamente financiados y respaldados de manera especial por la ineludible importancia social (y económica en algunos casos) que representan a mediano y corto plazo, el desarrollo de la nanociencia y de la ciencia fundamental en general no es visto como debería serlo. Los planeamientos generales que insinúan la posición de la dirección del CITMA [4] con respecto a la investigación nanométrica reflejan de nuevo una marcada inclinación a lo tecnológico y ningún plan serio de financiación.

El asunto de la financiación de la ciencia es un complejo tema que este trabajo no aborda directamente, aun cuando la propuesta básica que surge del análisis tiene que ver fundamentalmente con él. La razón es simple: no son los mecanismos de financiación —que es donde se centra esa complejidad—, lo que más nos interesa. En el caso particular de Cuba pudiera establecerse con relativa facilidad el flujo de recursos que alimenta la investigación; sin embargo, en el resto de los países, la estructura es más diversificada. Tienen un papel de especial fuerza el sector privado y las transnacionales que desarrollan investigaciones con fines mayormente no sociales, por lo que no cumplen las hipótesis que hemos supuesto al inicio y se sitúan fuera de nuestro estudio. De esta forma, no estaremos abordando todo el trabajo científico que se realiza dentro de los países sino todo aquel que tributa a estos países, aunque con bastante frecuencia se haga fuera.

No es obvio que en condiciones de subdesarrollo pueda siempre prestarse una especial atención a la investigación teórica cuando tanto capital debe dedicarse a lo estrictamente social. Es impostergable ocuparse de la satisfacción de las necesidades básicas de toda la sociedad. Sin embargo, estamos frente a una serpiente que muerde su propia cola: el mantenimiento del nivel socioeconómico se logra con mucho trabajo a costas, entre otras cosas, de una baja financiación de la ciencia, y esa malformación en lo científico, por su parte, garantiza la dependencia técnica que mantiene a los países en una relación de dependencia económica para con las potencias científico-tecnológicas y, así, vuelve a cerrarse el ciclo. Este círculo es el centro del problema.

Las condiciones particulares de Cuba como poseedora de un nivel educativo bastante avanzado son de especial importancia para la concreción de una estrategia seria que corte ese círculo. Erróneamente podría suponerse que una inyección de capital en la economía, o de forma más sutil un fuerte impulso tecnológico, sería capaz de lograrlo. No; sin duda alguna elevaría los niveles de productividad en poco tiempo, pero no podría lograr una estabilidad de largo plazo en tanto la economía está supeditada de base a los centros industriales de poder que son, además, los dueños de la tecnología y los únicos capaces de incorporar los resultados científicos a nuevas aplicaciones prácticas. De esta forma, más tarde o más temprano, habría que hacer nuevamente

recortes para sostener el nivel socioeconómico. Así, es claro que el círculo sólo podrá romperse definitivamente con eso que hemos llamado voluntad científica, un término que incluye tanto inyección de capital hacia la investigación fundamental como la prestación del máximo interés por parte del sistema político a esta actividad; lo veremos más adelante.

El fortalecimiento de la actividad científica, que deberá ser escalonado pero notable y consistente, no ofrece resultados de momento, aunque a mediano plazo podrán comenzar a experimentarse efectos positivos en algunas ramas de la actividad económica y sobre todo en la elevación de índices socioculturales —que ha sido un asunto al que la comunidad científica nacional viene prestando una especial atención, [5] alarmada por un sensible incremento de la actividad y divulgación de la pseudociencia—, entre otras cosas por la necesidad de especialistas que demandará la tarea. Un periodo en que los precarios vínculos actuales que acercan la industria a los centros de investigación irán aumentando y fortaleciéndose de forma gradual. Pero es a largo o muy largo plazo cuando comenzará a romperse de forma definitiva la cadena que verdaderamente subyace en la dicotomía desarrollo-subdesarrollo. Así, cada vez estará más cerca el momento en que podamos ser nosotros también generadores de excelente tecnología y no sólo mantener con estabilidad sino impulsar con absoluta garantía el nivel socioeconómico.

UNA CONFERENCIA INTERESANTE

Hace unos años el profesor Ernesto Altshuler dictó en la Facultad de Física una conferencia llamada “El top 10 de la *PRL*”. La *PRL* (*Physical Review Letters*) es en buena aproximación la revista científica más importante especializada sólo en física, donde se publican trabajos de investigación fundamental tanto teórica como experimental. El ánimo de la conferencia era comentar los 10 artículos más importantes de la historia de la revista, teniendo como medidor la cantidad de veces que se han citado en esa y otras publicaciones de impacto.

Finalizando aquel encuentro, el ponente se tomó la libertad de hacer un análisis expresamente *naïve*; comparó, de manera simple, las condiciones materiales necesarias para llevar a término cada una de las 10 investigaciones con las condiciones materiales que tenían los físicos cubanos en el año de publicación de cada trabajo. Interesante resultado: 7 de ellos podían haberse realizado en Cuba. Esta conclusión, hecha sólo con la intención de motivar con lo curioso, simplificada de antemano, revela, sin embargo, una importante arista de nuestro problema: no basta con tener un potencial científico de buen nivel, no es suficiente con asegurar lo estrictamente material.

Una ojeada a los Premios Nobel de Física, para irnos a un ejemplo extremo pero clarificante, deja ver la interrelación que existe entre unos y otros. Las nacionalidades parecen ser aleatorias (en cierto espectro, por supuesto), pero a un experto en historia de la ciencia no se le escaparía que la relación entre ellos, o mejor, entre los grupos de investigación a los que han pertenecido, es bien estrecha. Por lo general, uno fue alumno del otro, o trabajó buen tiempo en su grupo antes de tener el propio, que luego formó al siguiente. Es decir, obviamente no se trata sólo de poder comprender los artículos más avanzados y tener facilidades de investigación, sino de que existe una tradición científica que habría que lograr, o bien en la que habría que insertarse; algo parecido a eso que el doctor Luis Herrera ha llamado nivel de desarrollo de

las ideas.[6] Y en esta difícil pero ineludible tarea, la voluntad política juega un papel primordial.

En un agudo ensayo de Augusto Monterroso, [7] el autor vuelve sobre el tema de la repercusión en América Latina de la emigración de profesionales. A su entender, el debate sobre el robo de cerebros sigue ocultando la necesidad que tienen nuestros pueblos de comenzar a importarlos, y tras ese razonamiento hay una gran verdad. No es utópico, *per se*, considerar dentro de un plan para la vitalización de la actividad científica tercermundista el destinar presupuesto a la contratación de especialistas de primerísima línea que puedan impulsar y enriquecer grupos locales a través de estancias prolongadas en nuestras universidades y centros de investigación. Un estudio cuidadoso de la disponibilidad (o la generación de futura disponibilidad) de fuerza científica propia, capaz de hacer frente y garantizar la continuidad de la experiencia será, asimismo, imprescindible.

Y es que todavía no nos resulta claro, por una tendencia inercial a buscar el éxito donde no está ni puede estar, que lo correcto sería concentrarse en eso, en los cerebros más que en la tecnología a la hora de hacer el balance de las importaciones. Un falso chovinismo —quién sabe si proveniente de los logros nacionales en materia educativa— ha hecho pensar al común de los cubanos que nuestra ciencia se desarrolla vertiginosamente. Falso; salvo honorables excepciones se anda muy a la saga de la frontera del conocimiento, y nunca se estrechará esa distancia como resultado de un proceso puramente económico. Al menos no lo suficiente como para garantizar el llevar a cuestras en algún momento el mejoramiento tecnológico en que se sustenta la economía misma.

MULTIDISCIPLINARIEDAD Y MULTITERRITORIALIDAD

El enfoque de una estrategia de fortalecimiento de la actividad científica fundamental en general, e incluso (y de manera especial) en el área particular de las nanociencias, tendrá que ser por fuerza un enfoque multidisciplinario. En la actualidad las ramas del conocimiento especializado tienen cada vez más puntos en común, y los descubrimientos en una ciencia inciden por lo general con bastante rapidez en las restantes, develando zonas oscuras e impulsando el avance en conjunto. El estudio de temas en principio tan alejados como la teoría cuántica de campos y el comportamiento de biocoloides en medios acuosos implica sorprendentemente un sinnúmero de técnicas matemáticas comunes asentadas en los últimos 30 años. La lista de ejemplos sería muy extensa y develaría a la larga la obligatoriedad de este enfoque. Tiene por otro lado una importancia estratégica inobjetable la diversificación de la actividad científica en la consecución de una intervención socioeconómica futura, pues una economía estable es también diversa, es decir, de forma ineludible deberá estar calzada por una tecnología de amplio espectro.

A este punto ya debe ser bastante evidente que las ideas básicas expuestas, su puesta en marcha, no deben asociarse a un marco político nacional. La enorme consagración social que implica a la dirección política de las naciones subdesarrolladas hace que el esfuerzo por dinamizar la investigación fundamental tenga que ser, de preferencia, multiterritorial.

El número de especialistas, la diversidad temática, el costo de las instalaciones, la estabilidad frente a la migración de profesionales, las maneras de insertarse y de obtener apoyo de organismos internacionales, todos los retos que encara a corto y me-

diano plazos la concreción de esta estrategia son mucho más fáciles de resolver en el ámbito de una cooperación internacional de países tercermundistas. Los frutos, el mayor de los cuales será en el futuro la garantía de continuidad tecnológica propia, son fácilmente compartibles y desarrolladores de todas las economías por igual. Las dificultades se dividirán, la prosperidad se multiplicará. Rara vez se tiene esta bella perspectiva.

Vale la pena mencionar que existen hoy en el primer mundo una cierta cantidad de centros —algunos pertenecientes a la ONU como el ICTP (International Center for Theoretical Physics) a quien la física cubana tiene mucho que agradecer— así como institutos, universidades, etc., que han hecho esfuerzos notables y en muchos casos vitales por el mejoramiento del nivel científico de los países subdesarrollados. Seguramente, y para nuestra suerte, estarán dispuestos a jugar un importante rol en lo que vendría siendo consecución natural de nuestro potencial científico común.

Es claro que calcular la duración de una empresa de semejante magnitud no es elemental; el momento en que se puedan cosechar los primeros avances sólidos en materia económica es difícil de discernir. En cualquier caso, estaríamos hablando de una escala de decenas de años. Por eso, un requisito fundamental tendrá que ser la estabilidad sociopolítica de los países involucrados. Esta simple condición, que hubiera sido impensable tiempo atrás, hoy parece que (al menos en el marco sociopolítico de Latinoamérica) puede ser posible. La cobertura integracionista hacia la cual tiende nuestro continente con pasos claros en lo técnico y lo económico es el genuino punto de partida para un desarrollo científico multidisciplinario y multiterritorial de los países pobres. De esta forma, hacer nanociencia —o cualquier otra ciencia de primer nivel— en Cuba, en Bolivia o en Argentina se identificará con la intención de erradicar de una vez, desde un marco supranacional, la principal dependencia heredada del coloniaje: la científica. Bajo el signo de la integración, puede suponerse que incluso la presión social sobre una estrategia como esta tenga una buena componente de influencia positiva. Sobre esto volveremos.

REDEFINIENDO LA “PROPIEDAD”

El esquema de una sólida integración científicotécnica de beneficio social conlleva un análisis mucho mayor al que es posible realizar en los marcos de este trabajo. Se impone una gran cantidad de debates especializados sobre cada pequeño detalle antes de concluir un plan de acción definitivo. Nos interesa, sin embargo, por su importancia, hacer algunos apuntes sobre el polémico tema de la seguridad científicotecnológica.

La actividad científica fundamental y en mayor medida la aplicación tecnológica de sus resultados está regida, desde el punto de vista legal, por leyes que benefician a los grandes grupos empresariales privados. El intento de un desarrollo científico propio y multinacional necesitará entonces un nuevo marco jurídico que proteja a los sistemas sociales menos aventajados. Ésta será, además, un arma que podrá servir de (relativa) garantía, llegado el caso, ante fluctuaciones indeseables de las condiciones sociopolíticas de los países involucrados en la estrategia.

El referente de licencias públicas como la GNU [8] ha demostrado cómo hacer posible una reglamentación jurídica para el beneficio de muchos. Con vistas a un futuro científico socialmente comprometido son muchas las enseñanzas que pueden aprovecharse de este tipo de licencia. Será necesario, como posición fundamental, regular

la imposibilidad del uso de los frutos de la investigación en cualquier tipo de implementación económico-productiva cuyos fines sean de lucro o que no se revierta en el beneficio social. Ésta es la forma correcta en que la estrategia estaría respaldada legalmente, siendo este respaldo uno de los puntos más sensibles a tratar para que la preserve lo mejor posible de todo lo que pueda afectar a largo plazo el fin propuesto.

Un estudio más profundo habrá que hacer para considerar ideas todavía menos ortodoxas como la liberación pública de las tecnologías (*know how*) bajo reglas análogas a las del software libre. La proposición de revisar esta iniciativa [9] viene de dos motivaciones fundamentales. Por un lado, la posibilidad de desarrollo se abre a todos los países pobres del planeta y no sólo a los impulsores de la estrategia; un hecho que está en la base misma de la intención solidaria y cooperativa del marco sociopolítico de la Latinoamérica actual. Siendo como es el subdesarrollo un problema mundial, se insinuaría una alternativa de avance a países que no podrían formar parte directa del proyecto por no estar hoy en condiciones siquiera de erradicar el analfabetismo. En este sentido, la restricción jurídica al absoluto beneficio social, anteriormente expuesta, brinda la seguridad de que esta apertura influirá sobre ellos únicamente en la dirección correcta.

De otra parte, el fenómeno del software libre ha ilustrado también la increíble fuerza de trabajo que en todo el mundo —y muy en especial en los países desarrollados— es capaz de trabajar unida, movilizadora casi exclusivamente por un espíritu altruista. El nivel alcanzado, fuera de los grandes circuitos comerciales, de diferentes aplicaciones de código abierto como el sistema operativo Linux, es un ejemplo revelador de lo que pueden lograr iniciativas bien orientadas en la era moderna de intercomunicación global. Claramente, la fuerza científica especializada es más escasa y en general está sujeta a leyes y requisitos diferentes a los de los desarrolladores de software. Vale sin embargo la analogía para considerar el atractivo que puede representar, desde el punto de vista personal, y en menor medida institucional, una reglamentación abierta de hondo compromiso social, para la fuerza científica no sólo de la región sino de todo el planeta.

CONCLUSIONES

Las características y problemáticas propias de la investigación cubana en nanociencia devienen generales y mayormente aplicables a todo el quehacer científico de los países tercermundistas. Encarar con seriedad el problema no nos lleva a una particularización localista sino todo lo contrario; la manera singular en que se desarrolla la actividad científica hace que el enfoque correcto sea planteado en términos sociopolíticos de gran envergadura. A este nivel se descubre que en el núcleo de todo el análisis se encuentran las relaciones entre categorías trascendentales como ciencia, tecnología, sociedad, economía y política, así como su evolución en las incómodas condiciones que impone el subdesarrollo.

Como el problema en cuestión radica en la disfuncionalidad científicotecnológica de unas estructuras socioeconómicas diseñadas *a priori* para obtener un papel histórico de soporte y subordinación, la forma en que se debe actuar tendrá que ser completamente nueva. Una comprometida voluntad científica en un marco sociopolítico multinacional parece ser la alternativa que impulse la ciencia tercermundista a los altos niveles en que se encuentra la frontera del conocimiento y la generación de tecnología. En ese punto, y a lo largo del tiempo en el cual que se llega, los procesos

económico-productivos así como los índices sociales serán definitivamente arrastrados en un avance verdaderamente sólido e irreversible.

Todo lo que se necesita para poner en práctica una estrategia científica de estas dimensiones, a saber, estabilidad política, cierto nivel educativo y cultural, etc., existe en la mayor parte de nuestra región, además de una praxis científica modesta pero de aceptable calidad en general.

REFERENCIAS

- [1] Bader, S. D. 2006. *Rev. Mod. Phys.*, 78.
- [2] Kouri, E. 2008. "Womack sobre historia e historiadores". *Temas*, 54.
- [3] Galeano, E. 2003. "Las venas abiertas de America Latina". Casa de Las Américas.
- [4] Informe del Observatorio Nacional de Nanotecnología. 2005. СИТМА.
- [5] Rationalis 07. 2007. Memorias del I Taller Pensamiento Racional y Pseudociencia. Facultad de Física, Universidad de La Habana.
- [6] Ubieta, E. 2008. "El camino hacia el éxito está lleno de fracasos". *La calle del medio*, 5.
- [7] Monterroso, A. 2005. *Sobre el robo de cerebros. Fabulaciones y ensayos*. Casa de Las Américas.
- [8] GNU General Public License. www.gnu.org.
- [9] Raymond, E. S. 2000. *The cathedral and the bazaar*. Thyrus Enterprises.