The background of the book cover is an abstract composition of overlapping geometric shapes in various shades of green and black. The shapes include large circles, triangles, and irregular polygons, creating a layered, textured effect. The colors range from dark forest green to a lighter, almost lime green, with some areas appearing as deep black. The overall aesthetic is modern and graphic.

Agustín Lage Dávila

La **Osadía**
de la **Ciencia**

La **Osadía**
de la **Ciencia**

Dr. Agustín Lage Dávila

La **Osadía**
de la **Ciencia**

Edición y corrección: Lic. Aldo Gutiérrez Rivera
Diseño, composición y cubierta: D.I. Marla Albo Quintana

© Agustín Lage Dávila, 2018
© Editorial Academia, Cuba, 2018

“[...] y comprendía, ahora,
que el hombre nunca sabe para quién padece y espera.
Padece y espera y trabaja para gentes que nunca conocerá [...] Pero la grandeza del hombre está precisamente en querer mejorar lo que es. En imponerse Tareas”.

Alejo Carpentier
El reino de este mundo

ISBN: 978-959-270-398-8



Sello Editorial Academia

Empresa de Gestión del Conocimiento y la Tecnología, GECYT

Calle 20 No. 4110 entre 41 y 47, Playa, La Habana.

Tel: (537) 214-4195; (537) 202-7920 ext. 129

PRÓLOGO

Este libro comenzó a gestarse desde hace más de tres años. Estaba en proceso de impresión el libro *Economía del conocimiento y el socialismo. Preguntas y respuestas*. Ambos, autor y editor, nos percatamos que sería un necesario complemento a sus dos títulos anteriores, un libro que tratase de manera sistémica la ciencia en sus múltiples enclaves, de manera didáctica y motivadora, así como su rol en el futuro combatiente y próspero de nuestra Revolución, de nuestra sociedad.

Las responsabilidades del autor al frente del Centro de Inmunología Molecular (CIM), del cual fue su director fundador desde 1991 en la sede inicial radicada en el Instituto de Oncología y de sus nuevas instalaciones inauguradas en diciembre de 1994, prolongaron un año el proceso, pero a partir de febrero de 2018 tuvo más tiempo disponible para escribir y propiciar el indispensable intercambio con el editor y la editorial.

Hemos hecha nuestra la expresión de Fidel sobre la necesidad de convertirnos en una sociedad de hombres de ciencia, de hombres de pensamiento. Pero para evitar banalizar esa importante visión, hay que ponerle pista de aterrizaje. Sin método científico la ciencia es inviable, y el método científico no es exclusivo para los que se dedican profesionalmente al estudio y la aplicación de la ciencia; le incumbe también al ciudadano que pretenda formar parte del sistema nacional de la ciencia de la nación, cada cual con el alcance y la profundidad requeridas.

Revisando los nueve capítulos del libro nos percatamos de su adecuada cobertura y coherencia temática.

En este, el autor demuestra su estirpe martiana, que adquirió desde la niñez y no ha dejado de enriquecer, estudiando la obra escrita y practicando la fuerza del ejemplo que nos legó el apóstol. El autor se mueve con balance adecuado entre constructos con frontera difusa, como ocurre con texto y contexto; razón y emoción; local y global; nacional e internacional; realidad y deseo; pasado y presente; presente y futuro.

El pensamiento y la obra de Fidel Castro Ruz están también presentes, con la particularidad de que el autor tuvo el privilegio de compartir ideas y acciones, de llevar a la práctica visiones de Fidel, a primera vista inalcanzables, en el campo de la biotecnología y la industria farmacéutica. Si en esta realidad el autor no abunda se debe a su acendrada modestia y a su convicción de que sin el concurso de muchos la obra individual por brillante que sea resulta endeble.

El mensaje a las actuales y futuras generaciones de jóvenes cubanos es a mi juicio un valor clave del libro.

Es nuestra intención que este libro sea presentado en el marco de IBERGECYT 2018, de esta manera quedará evidenciada la interrelación del autor con estos encuentros de gestión del conocimiento que GECYT viene realizando desde finales del pasado siglo.

Consideramos que el libro llega en un momento muy oportuno, en plena faena de nuestra reforma constitucional, en que seguramente la ciencia ocupará un lugar importante. Ya sabemos que a la aprobación de la nueva constitución sucederá la actualización de leyes y decretos leyes, y de otras normas jurídicas que le confieran funcionalidad eficaz.

Las funciones de la ciencia en el modelo económico cubano constituye un tema de gran relevancia y el autor insiste en ello con razones convincentes. La ciencia formará parte de las fuerzas productivas en la medida en que logremos conectar ciencia, producción y economía.

Ahí también el libro podrá ser un documento de consulta de los ciudadanos y en alguna medida de especialistas en la temática abordada. Es muy importante además, la conexión que el autor hace entre ciencia y cultura, en lo que el ser humano resulta decisivo para acercarnos todo lo posible a un sistema armónico de creación y salvaguarda de valores éticos y morales, para lograr una verdadera cultura de pensamiento científico.

El proyecto socialista cubano queda tratado de manera consistente, con optimismo fundamentado y con la dosis de pasión de quienes tenemos sobradas razones para defenderlo.

El libro suscitará polémica, bienvenida sea, ya que es fuente nutricia de la gestión del conocimiento, del debate culto que nos hace crecer en todos los sentidos.

La Editorial Academia se regocija de contar en su catálogo con tan destacado científico cubano, y le agradece por continuar permitiéndonos convertir parte de su valiosa obra en buenos libros; también agradecemos al editor, a las asistentes del autor —dos “L” indispensables: Laudelina Rodríguez, su asistente por muchos años, y Lila Castellanos, su esposa—, a la diseñadora, a los trabajadores de la Editorial Academia y de la poligrafía, y a todos los que formaron parte del nacimiento de esta obra viva y vivificante.

Agustín Lage Dávila (La Habana, 1949) participó desde sus orígenes en la biotecnología cubana como gestor y director del Centro de Inmunología Molecular (CIM). Miembro del Parlamento Cubano (1993-2018), durante 25 años fue un parlamentario activo desde la base hasta la Asamblea Nacional del Poder Popular. En este año, a solicitud propia, fue liberado como director del CIM, dando paso al necesario relevo. Destaco que pudo presentar más de dos alternativas para ocupar tan importante cargo, lo que demuestra consistencia en la aplicación de la política de cuadros de nuestro país. Ahora se desempeña como Asesor del presidente del Grupo Empresarial BIOCUBAFARMA y continúa participando en proyectos científicos asociados a la batalla contra el cáncer.

Culmino con un agradecimiento especial, anticipado, para ustedes, los lectores, razón de ser de todo libro. Esperamos sus opiniones y sugerencias que nos permitan continuar transitando por ese camino sin final de la mejora continua de cualquier obra humana.

PROFESOR NÉSTOR G. DEL PRADO ARZA
Director, Editorial Academia-GECYT
Julio de 2018

Índice

17	Nota del autor
21	Capítulo I. Motivaciones para comenzar
29	Capítulo II. Los datos y las experiencias
31	1960-1980: La construcción del “capital humano” y la creación de una institucionalidad para la ciencia
32	1970-1990: La integración con la URSS y los países socialistas de Europa
34	1980-2000: La construcción del sector biotecnológico y las bases institucionales de la conexión de la ciencia con la economía
36	1991-2010: El Período Especial y sus consecuencias
38	Hoy: Los debates sobre las funciones de la ciencia en el modelo económico cubano
42	Caso de estudio: el Centro de Inmunología Molecular
45	Lección 1: Lo primero es el capital humano y la “buena ciencia”

46	Lección 2: La motivación y el compromiso social son los talentos más importantes	64	Los orígenes históricos del método científico
47	Lección 3: La tarea principal va más allá de la ciencia: consiste en construir conexiones entra la ciencia, la producción y la economía	68	El método científico como forma de pensar
49	Lección 4: La primera meta es completar el ciclo económico y después hacerlo crecer	75	Estudios observacionales y estudios experimentales
51	Lección 5: El capital humano es condición necesaria, pero no es condición suficiente: es preciso también construir y desarrollar un tipo especial de organización	77	La interacción entre creatividad y rigor metodológico
53	Lección 6: El mercado verdadero está en las exportaciones, no en la demanda doméstica	81	Investigación básica y aplicada: el gradiente continuo de predictibilidad
55	Lección 7: El servicio a la demanda doméstica no es para tener ganancias: es para lograr impacto social y "prueba de concepto"	83	La conexión entre ciencia y tecnología
56	Lección 8: Exportar es un ejercicio permanente de enfrentar y traspasar barreras	87	Conocimiento recombinate y ciencias de convergencia
57	Lección 9: El desarrollo de la alta tecnología es un área de fallo de mercado: la propiedad social es un valiosísimo activo	90	Ciencia y sociedad: evolución de la institucionalidad de la ciencia
58	Lección 10: La cooperación es más eficiente que la competencia. El desarrollo de la alta tecnología solo es posible con un programa de país	97	Capítulo IV. La ciencia y sus límites: entre la arrogancia y la parálisis
61	Capítulo III. La ciencia y sus posibilidades	97	El sesgo reduccionista
62	Un intento de definición: ¿Qué es la ciencia?	99	El desafío de la complejidad: los límites del reduccionismo científico
		108	El desafío de la avalancha de datos
		113	Los paradigmas científicos: la crítica del conocimiento acumulativo
		117	La teoría constructivista: los límites de la objetividad
		119	El peligro de las pseudociencias

123	Capítulo V. La ciencia y el socialismo	195	Hacia una economía socialista basada en la innovación: “o inventamos o erramos”
123	La coincidencia histórica entre racionalidad y socialismo	198	La neblina del financiamiento precomercial
127	El reduccionismo económico en las primeras experiencias socialistas	206	Caribdis y Scila: hacia donde no debemos ir
132	Globalización y complejidad social	213	Capítulo VII. El triángulo ciencia-cultura-economía
135	Conducción consciente de la ciencia: la gestión de discontinuidades	215	Los intentos de definir la cultura
142	La ciencia en la empresa estatal socialista	218	La influencia cultural en el método científico
147	Capítulo VI. La ciencia y la economía	224	El enfoque académico y el enfoque político de las realidades
152	Los síntomas: el impacto de la ciencia sobre la economía	230	La ciencia en la cultura nacional cubana
153	La teoría: los procesos esenciales que determinan estos fenómenos	234	Las raíces culturales del proyecto socialista
154	La respuesta adaptativa: la ciencia en el sector empresarial	242	De nuevo sobre el triángulo ciencia-cultura-economía
161	La respuesta adaptativa: la ciencia en el sector presupuestado	245	Ciencia: la nueva alfabetización
163	La respuesta adaptativa de los sistemas económicos: la “mano visible” del Estado	249	Capítulo VIII. Ciencia y geopolítica: la ciencia y la viabilidad histórica de las naciones
182	El “retrato hablado” de una Empresa de Alta Tecnología	250	Los orígenes históricos del Estado Nacional
186	Las contradicciones y los desafíos de la gestión económica en la sociedad del conocimiento	253	Globalización y neoliberalismo: el Estado Nacional amenazado

257	La soberanía redefinida a través de las interconexiones
262	La ciencia en el diferendo histórico entre Cuba y Estados Unidos
277	Capítulo IX. Epílogo: la osadía de los cubanos
277	Nuestro siglo XXI
282	La encrucijada económica de los cubanos
285	Las ecuaciones sociales
289	Hacia una cultura de pensamiento científico
291	La ciencia no es un lujo

NOTA DEL AUTOR

Este libro se vincula con uno anterior: *La economía del conocimiento y el socialismo*,¹ cuya primera edición fue publicada por la Editorial Academia en el año 2013 y la segunda edición ampliada,² en 2015. Fue un intento de sistematizar las ideas que fueron surgiendo durante los años de fundación de la industria biotecnológica cubana, que coincidieron en gran parte con los años duros del Período Especial.

La idea de este tercer libro se debe al propósito de incluir reflexiones sobre los orígenes y las características del método científico, y sobre todo sobre las formas concretas en que ocurre (o deja de ocurrir) la conexión de la ciencia con la economía y la cultura, insistiendo sobre el concepto de que la tarea esencial de los jóvenes científicos de hoy es reforzar esas conexiones, y hacer que ellas tributen al objetivo mayor de construir la sociedad socialista cubana.

No hay neutralidad ni distanciamiento en este libro: sí intención y compromiso en todo lo que aquí se dice. Compromiso con "el misterio de Cuba", que describió José Martí para nosotros, los cubanos que él no conoció, pero para los que pensó y escribió; y compromiso con el ideal de la sociedad comunista que ha

¹A. Lage Dávila: *La economía del conocimiento y el socialismo*, Ed. Academia, La Habana, 2013.

² _____: *La economía del conocimiento y el socialismo. Preguntas y respuestas*, Ed. Academia, La Habana, 2015.

guiado las vidas de millones de personas en todo el mundo desde hace más de 150 años.

Me sumo a la actitud que caracterizó a José Carlos Mariátegui cuando dijo de sí mismo: “[...] no soy un crítico imparcial y objetivo. Mis juicios se alimentan de mis ideales, de mis sentimientos, de mis pasiones”.¹

Puedo anticipar que habrá compañeros que dirán, muchos con la mejor intención, que algunos pasajes de este libro suenan como “arena de barricada”. Si lo dicen como crítica, yo tomaría el comentario como un elogio: sigo estando en la barricada. ¿Se puede ser objetivo y analítico al tratar un tema, y estar al mismo tiempo comprometido con un ideal humano y político? Sí, se puede, y aspiro a que este libro contribuya a demostrarlo.

Hay dos comentarios más sobre el proceso de elaboración de este libro, que quisiera hacerles a los lectores antes de que abran las primeras páginas.

El primero es sobre José Martí. Verán muchas citas en el texto. No lo preví así al inicio. Este es un libro sobre la ciencia y la economía del siglo XXI. Pero luego sucedió que al revisar cada tema se hacía evidente lo que Martí había dicho sobre él. Después de décadas leyendo a Martí, el alcance y la profundidad de sus ideas siguen sorprendiendo. Tesoro que tenemos los cubanos.

El segundo comentario es sobre el esfuerzo que fue necesario para cuidar determinados balances. Uno es el balance entre la ciencia y el contexto social de la ciencia. Algunos capítulos se inclinan hacia uno u otro de esos temas. Espero que el libro en su conjunto haya logrado un equilibrio entre ambos, porque el tema central es precisamente ese: las conexiones de la ciencia con su contexto histórico, económico, cultural y político.

El otro balance necesario aparece al proyectar sobre el futuro el análisis del presente. Los artículos en que se basaron los libros precedentes fueron escritos desde los años 90 del siglo XX. Fue una década de resistencia para defender el proyecto socialista

¹J. Carlos Mariátegui: *7 ensayos de interpretación de la realidad peruana*, Biblioteca Amauta, Lima, 1928.

cubano, bajo la conducción de Fidel Castro. Ahora, el año 2018 en el que se termina de escribir este texto, marca el inicio del traspaso de liderazgo en Cuba de la generación histórica que protagonizó la Revolución, a las nuevas generaciones. Esas nuevas generaciones (en plural, porque hay más de una) reciben una compleja mezcla de oportunidades y peligros. Oportunidades en primer lugar, porque la Revolución de 1959 lo cambió todo en Cuba, y lo cambió para mejor. Y esos cambios contienen irreversibilidades positivas.

Pero también hay peligros, económicos y políticos, y no defenderíamos bien lo logrado si no miramos de frente a esos peligros. En el tema de la ciencia y sus funciones sociales, se expresan también claramente esas oportunidades y esos peligros, y el libro debería ser capaz de mostrar ese balance.

El comunista y filósofo italiano Antonio Gramsci convocaba a saber conjugar el pesimismo de la inteligencia con el optimismo de la voluntad. “El pesimismo es asunto de la inteligencia; el optimismo, de la voluntad”,¹ escribió en 1929.

Para nosotros, en la Cuba de 2018, este mensaje significa ser capaces de analizar inteligentemente todos los riesgos que contiene el momento actual, incluyendo los que provienen de nuestras propias insuficiencias, errores y lentitudes; pero sin perder la voluntad de conducir a Cuba hacia esa sociedad socialista, solidaria, próspera y sostenible, que el sacrificio de las generaciones precedentes ha hecho posible.

Y participar, siempre participar y combatir. “La indiferencia es el peso muerto de la Historia”,² también escribió Gramsci.

Si este libro llega a ayudar a los que empiecen ahora los combates de sus vidas en el campo de la ciencia, y de las funciones sociales de la ciencia, entonces habrá logrado su objetivo. Los jóvenes científicos cubanos dirán si lo logró.

AGUSTÍN LAGE DÁVILA, 2018

¹A. Gramsci: *Cartas desde la cárcel*, 19 de diciembre de 1929.

²_____: “Indifferenti”. *La città futura*, 11 de febrero 1917.

CAPÍTULO I

MOTIVACIONES PARA COMENZAR

Este libro es un intento de transparentar y organizar intuiciones sobre las funciones de la ciencia en la sociedad, sobre como esta se conecta con todos los espacios de la labor humana —según método de pensamiento y acción—, y sobre cómo las personas pueden apropiarse, en mayor o menor medida, de los instrumentos intelectuales de la ciencia. Por eso no es un libro “para científicos”, sino para todos.

Las generaciones de cubanos que se adentraron en el mundo de la ciencia después del triunfo revolucionario de 1959 han vivido una experiencia que ahora, medio siglo después, se nos revela como singular y significativa. Nunca antes en un país subdesarrollado el pensamiento científico y la práctica de la investigación científica habían tenido una función tan protagónica en un proceso de transformación social, función construida intencionalmente.

Apenas transcurrido un año del triunfo revolucionario, y todavía pendiente la tarea primaria de la lucha contra el analfabetismo, Fidel Castro sorprendió a muchos diciendo: “El futuro de nuestra Patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, de hombres de pensamiento [...]”.¹ Luego

¹F. Castro Ruz: Discurso pronunciado en el acto celebrado por la Sociedad Espeleológica de Cuba, en la Academia de Ciencias, el 15 de enero de 1960. <http://www.cuba.cu/gobierno/discursos/1960/esp/f150160e.html>

vino una secuencia de eventos en coherencia con esa visión: la Campaña de Alfabetización; la siembra masiva de escuelas; la formación científica de miles de jóvenes; las impresiones de libros científicos; la universalización de la enseñanza universitaria; la fundación de la Academia de Ciencias, del Centro Nacional de Investigaciones Científicas, de instituciones de investigación científica dentro de los ministerios de Salud Pública, Agricultura y otros; los programas de colaboración científica con la URSS y otros países socialistas; el viaje conjunto cubano-soviético al cosmos; el sistema nacional de grados científicos; los centros de investigación-producción de la biotecnología, la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA); la Universidad de las Ciencias Informáticas, y otros tantos hitos, cuya enumeración completa es imposible.

Ese proceso, acelerado y no exento de contradicciones, generó en cada uno de los que lo vivieron un conocimiento estructurado particular del campo específico de la ciencia y la técnica en que le tocó trabajar, pero al mismo tiempo fue origen de intuiciones, a veces fragmentadas o borrosas, sobre los procesos más generales, mediante los cuales se construye una cultura científica y esta penetra en la sociedad humana e interactúa con sus otros componentes: la economía, la educación, la política, la ética.

El conocimiento especializado sobre campos concretos de la ciencia y la técnica está codificado en artículos y libros; y es relativamente sencillo de socializar y darle valor instrumental. Por el contrario, las intuiciones sobre los procesos subyacentes de interacción entre la ciencia y la sociedad usualmente están dispersas, poco codificadas y estructuradas, lo cual limita que se conviertan en herramientas para seguir adelante. De ahí proviene la motivación para escribir este libro.

Un libro es casi siempre un ejercicio de interpretación retrospectiva, que selecciona fragmentos de la realidad y como tal es siempre reduccionista. A partir de una experiencia de vida que es compleja, y que combina fenómenos con causalidad identificable

y elementos de azar, el autor retrospectivamente extrae aquellos que considera los determinantes esenciales de la historia. Eso puede servir para iluminar y guiar el futuro, o para confundirlo. Esperamos lograr lo primero.

Todo libro, además, está marcado por el contexto histórico en que se escribe. El contexto de este —Cuba a finales de la segunda década del siglo XXI— es el de un país que realizó durante el último medio siglo una profunda revolución social, creadora en muchos campos, incluida la formación masiva de capital humano y el desarrollo científico-técnico, que en la década de 1990 debió enfrentar una crisis económica (el llamado Período Especial) debido a la desaparición del campo socialista europeo y el reforzamiento oportunista de la guerra económica en su contra de la mayor potencia mundial; un país que supo defender su soberanía y sus conquistas saliendo de esa prueba victoriosa, aunque con heridas y secuelas, y que ahora debe rediseñar su modelo de desarrollo económico y social para construir un socialismo próspero y sostenible, en la nueva configuración del mundo en el siglo XXI. Un contexto en el cual la globalización económica y la preeminencia de las doctrinas económicas neoliberales plantean serios desafíos a la economía e incluso a la soberanía de las naciones pequeñas, y a la viabilidad de programas sociales basados en la justicia distributiva y la solidaridad.

El libro pretende exponer regularidades del pensamiento científico que son independientes del campo específico de la ciencia que se trabaje, y pueden por tanto ser apropiadas por todas las personas y utilizadas como una herramienta cultural en las funciones sociales de cada cual. Pretende también, osadamente, convertirse en un instrumento de trabajo para las nuevas generaciones de científicos cubanos, en sus nuevas tareas. Ello implica descubrir, a partir de la experiencia cubana de estos años, los mecanismos por los que se inserta la ciencia en la sociedad, para poder utilizarlos de manera consciente. Esas mismas generaciones de nuevos científicos cubanos juzgarán si el libro logró hacerlo.

La palabra “osadía”, con la que se inicia el libro desde su título, es muy pertinente a cualquier debate sobre la ciencia. En el contenido de este libro ella se expresa en tres planos. La ciencia es ella misma, una osadía: la osadía de intentar comprender el complejo mundo natural, identificar sus leyes y utilizarlas; y la osadía mayor de entender y transformar, con pensamiento científico, el mundo social. Añádase a eso la osadía mucho mayor de intentar participar en esa colosal tarea de la humanidad desde las realidades de un país pequeño, y se comprenderá el sentido del título.

José Martí nos dejó, en el siglo XIX, este hermoso consejo de osadías, que escribió para los poetas, pero que pudiéramos asumir también los científicos: “[...] caliéntate a la llama saludable del frío de estos tiempos dolorosos en que, despierta ya en la mente la criatura adormecida, están todos los hombres de pie sobre la Tierra, apretados los labios, desnudo el pecho bravo y vuelto el puño al cielo, demandando a la vida su secreto”.¹

No es este un libro para especialistas en el sentido reduccionista y compartimentador de las especialidades; pero tampoco es un libro superficial o de simple “divulgación”. Intenta capturar ese conjunto de ideas simples, que no son simples por minimalistas, sino por describir los rasgos esenciales de los procesos complejos, y que en esta idea que se atribuye a Da Vinci constituyen por esa misma razón, a partir de la simplicidad, la más completa sofisticación.

Transformar una realidad —en el tema que nos ocupa estamos hablando de las funciones de la ciencia en el desarrollo económico y social—, exige comprenderla y ello equivale intuir qué es lo esencial en la compleja y desestructurada fenomenología que nos presenta la realidad. El propio Carlos Marx dijo: “[...]”

¹J. Martí: “Prólogo al poema del Niágara”, *Obras Completas*, t. 7, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, pp. 223-238.

toda la ciencia sería superflua si la apariencia y la esencia de las cosas coincidieran”.¹

El hallazgo de los componentes esenciales de un proceso complejo no surge de la simple acumulación de datos. De hecho, el exceso de datos irrelevantes e inconexos suele ser una forma de ignorancia. La búsqueda de las esencias es un acto de intuición y creatividad, aunque siempre las propuestas que de ahí deriven serán validadas después (o no lo serán) por nuevas experiencias concretas.

La experiencia de la construcción de una base institucional y de cuadros para la ciencia a partir de la década de 1960, la experiencia de resistencia a las amenazas y restricciones del Período Especial en la década de 1990, y la experiencia de conectar a la ciencia con la producción y con una economía exportadora en los últimos años, e integrarla a la construcción del modelo económico socialista cubano, ¿qué interpretaciones, qué conocimientos y qué herramientas intelectuales nos dejan para seguir adelante? Es lo que pretendemos exponer en los capítulos que siguen.

Como veremos, la ciencia es esencialmente una manera de pensar, una herramienta intelectual (muy reciente en la escala de tiempo de la cultura humana) útil para la creación intencionada de conocimiento nuevo. La profundidad con la que una sociedad se apropia de esa herramienta, la enriquece con otros componentes de su propia cultura, y la utiliza en función de sus objetivos sociales varía mucho de un país a otro y de un momento histórico a otro. Una de las tesis centrales de este libro es que ese proceso de asimilación social de la ciencia será determinante en el éxito futuro del proyecto social cubano.

Conectar la ciencia con la sociedad es una tarea diferente a la de “sembrar ciencia”, aunque parta necesariamente de esta. Se trata de descubrir los procesos y los dispositivos mediadores de esas conexiones. La práctica de la investigación científica refuerza en sus protagonistas la convicción, compartida por los

¹C. Marx: *El Capital*, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1973.

políticos más brillantes, y en el caso de Cuba, por gran parte del pueblo, de que existen relaciones muy estrechas entre la ciencia y la economía, y entre ambas y la cultura. Sin embargo, los mecanismos por los cuales esas relaciones operan no son siempre evidentes. Intentar descubrirlos es imprescindible para poder utilizarlos conscientemente en la construcción del proyecto social cubano.

En consecuencia, este no es un libro para describir cómo funciona internamente el método científico de pensamiento (aunque hay un capítulo sobre eso), sino principalmente cómo ese método penetra en la sociedad y contribuye a su proyecto. Descubrir los mecanismos de ese proceso de integración social de la ciencia, que siempre ocurre espontáneamente en mayor o menor medida, es trascendental para poder reforzarlo y dirigirlo conscientemente.

El intento de abordar estos temas de relevancia universal a partir de las realidades y experiencias de un país del llamado Tercer Mundo, y que en consecuencia no ha tenido el protagonismo de los países centrales en la revolución científico-técnica del siglo xx, pudiera a primera vista parecer pretencioso. No obstante, también es muy posible que desde esa perspectiva se puedan ver facetas de la relación ciencia-sociedad, que no se ven con tanta claridad desde los países del norte industrializado, y que por tanto no están expuestas en los textos que recibimos de esos países.

Durante siglos la humanidad ha avanzado aumentando sus capacidades de producción material: a esto se le suele llamar "desarrollo económico". Ha ocurrido aceleradamente en los últimos 200 años a partir de la Revolución Industrial y de la Revolución Científico-Técnica. Más pertinente sería llamarle "crecimiento económico" y dejar el concepto de "desarrollo" para caracterizar un avance social más integral.

También la humanidad ha avanzado construyendo equidad entre los seres humanos, igualdad de derechos (formal y real) en el acceso al bienestar material y a la cultura: a esto le llamamos

"desarrollo", sin apellidos. El progreso hacia este ha transitado por muchas revoluciones, pero ha sido más lento que el progreso material. En la era de la conquista del cosmos, la red informática global y los mapas genéticos, hay cientos de millones de adultos analfabetos, y malnutridos; y millones de niños menores de 5 años que mueren por causas evitables; y liderazgos corruptos, intereses económicos depredadores, guerras y fundamentalismos violentos desgarran la vida de muchos pueblos.

Que la ciencia contribuye al progreso material es algo evidente. Que esté contribuyendo al objetivo superior de la igualdad entre los hombres es menos evidente. La intuición principal que subyace en este ensayo es: para que tal contribución sea posible no basta el acceso universal a los resultados de la ciencia (los productos y servicios de alto valor agregado, los cuales se pueden "comprar" si se tiene el dinero suficiente), sino que es preciso también el acceso universal al proceso por el que estos resultados se obtienen, a la cultura científica, a la práctica social de la investigación científica. Más aún, el desarrollo científico mismo tampoco bastaría: es necesario un proceso de construcción de conexiones entre ciencia, economía, educación y cultura. Es ahí donde las experiencias de avance científico a partir de las realidades de países de menor desarrollo económico pueden tener mucho que decir.

La construcción de desarrollo social y económico con los instrumentos de la ciencia pone a prueba a la ciencia misma. Existe un grado de asociación entre la riqueza de las naciones y la intensidad de la investigación científica: donde hay muchos recursos económicos se puede destinar más a financiar la ciencia. Pero asociación no es causalidad. La intensidad de la investigación científica puede ser resultado distal del desarrollo económico alcanzado por otros medios (las guerras de conquista, por ejemplo), y no ser necesariamente causa de este. Para descubrir los procesos mediante los cuales una parte de la actividad científica se coloca delante del desarrollo económico y lo impulsa, el laboratorio social está en los países de escasos recursos.

Si logramos que la experiencia cubana ayude a develar esos procesos, esa comprensión puede sumarse a las herramientas intelectuales que necesitarán las nuevas generaciones para sus nuevas tareas.

Todo momento histórico está lleno de tensiones entre objetivos contrapuestos y bifurcaciones posibles, situaciones en las que adoptar una decisión u otra puede marcar irreversiblemente el camino futuro. Muchas veces se descubren solo en retrospectiva. Identificarlas a tiempo suele ser muy difícil (otra osadía), pero es tan importante que vale la pena intentarlo.

CAPÍTULO II LOS DATOS Y LAS EXPERIENCIAS

Un libro que declara la intención de “organizar intuiciones” debe empezar por describir la experiencia de los autores. En este caso, la experiencia concreta está vinculada al desarrollo de la ciencia en Cuba a partir del triunfo revolucionario de 1959.

Se puede suponer que la mayoría de los lectores cubanos conocen estas realidades con mayor o menor profundidad. El objetivo de describirlas aquí es dibujar el contexto de experiencias del que emergen las intuiciones de los capítulos que siguen. Es el momento de hacerlo y otros autores seguramente también lo harán.

La historia suele verse de manera diferente cuando la escriben quienes la vivieron y se apoyan en sus propias experiencias, y cuando la escriben los que vienen después y recogen datos de los archivos. Ambas aproximaciones son válidas y complementarias.

Los que escriben desde la perspectiva del tiempo transcurrido tienen la ventaja de conocer el efecto a largo plazo de los incidentes de una época, y pueden distinguir mejor entre lo coyuntural y las tendencias de mayor alcance. Estas tendencias se expresan en ciclos históricos que son más extensos que una vida humana y, con las escasas excepciones de personalidades geniales capaces de escudriñar el futuro, solamente se les aprecia en retrospectiva. Por eso gran parte de las propuestas de este libro tendrán que ser reevaluadas por otros cuando pase el tiempo suficiente.

En cambio, quienes escriben desde el interior de los acontecimientos vividos carecen (carecemos) de esas ventajas que da la perspectiva distante, pero conocen las percepciones de los protagonistas, los debates sobre los caminos alternativos en cada momento (entre los que la historia escogió solo uno), y saben de la movilización de voluntades y emociones, de las que frecuentemente no queda traza escrita. Pueden ver cada etapa a la luz de las ideas de ese momento y no a la luz de las ideas posteriores, que necesariamente serán diferentes.

Sucede también que hay momentos de la historia en que la acción precede al pensamiento estructurado. La reconstrucción posterior de una historia tiende a invertir esa secuencia, a partir de nuestra obsesión cultural de racionalidad, y a describir cada acontecimiento como resultado de una lógica o una estrategia que fue reconstruida desde el futuro. La visión de los protagonistas puede en parte corregir esa distorsión. El pasado es siempre uno y solo uno, tal como ocurrió; pero en cada momento del tiempo hay varios "futuros posibles".

El desarrollo de la ciencia en Cuba a partir de 1959 puede comprenderse mejor estructurándolo en varias etapas, parcialmente superpuestas:

- 1960-1980: La construcción del "capital humano" y la creación de una institucionalidad para la ciencia cubana
- 1970-1990: La integración con la URSS y los países socialistas de Europa
- 1980-2000: La construcción del sector biotecnológico y las bases institucionales de la conexión de la ciencia con la economía
- 1991-2010: El Período Especial y sus consecuencias
- Hoy: Los debates sobre las funciones de la ciencia en el modelo económico cubano

La trayectoria del autor a través de estas etapas no es mejor ni peor que la de otros, pero como todas las trayectorias individuales, es en ese sentido "particular" y ofrece visiones irrepetibles a partir de esa particularidad. Algunos las escriben y

otros no, pero todos tenemos algunas. Los que vendrán después se ocuparán de hacer la síntesis.

En nuestro caso, las tareas concretas de cada momento nos demandaron mucho trabajo "en las intersecciones" entre campos diferentes del saber y el accionar, que suelen verse separadamente. Desde esa trayectoria de múltiples "idas y vueltas" entre el mundo académico y el mundo empresarial, entre el laboratorio, la clínica y los programas de salud, entre la salud pública y la política, surgen visiones que, si bien son seguramente menos profundas que las de autores especializados en cada uno de estos campos, pueden ser más profundas en sus intersecciones, y ser capaces de conectar informaciones dispersas que los especialistas tienen a dividir en fragmentos.

1960-1980: La construcción del "capital humano" y la creación de una institucionalidad para la ciencia

El esfuerzo educacional de Cuba en las décadas de 1960 y 1970 es conocido y ha sido estudiado por especialistas cubanos y extranjeros. El punto de partida era oscuro: más de 20 % de analfabetismo, apenas 55 % de los niños en la escuela primaria, 16 % de escolarización secundaria. Entre 1960 y 2012 el número de escuelas pasó de 7 679 a 12 717, la cantidad de maestros se multiplicó por diez, el número de estudiantes en todos los niveles pasó de 811 300 a más de 3 millones, la escolarización primaria llegó a 98 % y la secundaria a 84 %. Los centros universitarios aumentaron de 3 a 54 y el número de cubanos con título universitario sobrepasó el millón, en una población de 11 millones de habitantes.¹

Más de 200 instituciones de ciencia y tecnología surgieron y cientos de jóvenes científicos recibieron entrenamiento de posgrado

¹A. Lage Dávila: "Biotecnología, ciencia y producción: la zona inexplorada de la construcción socialista en Cuba", *Revista Marx Ahora*, N° 27, pp. 76-95, 2009.

en el exterior. Miles de títulos de Doctor en ciencia fueron obtenidos por jóvenes cubanos en Cuba y en instituciones extranjeras. Ya en 1975 se estimaba que el número de científicos e ingenieros trabajando en Cuba superaba los 50 000. Cuba se ubicó en la categoría de países con Alto Desarrollo Humano, según la clasificación de Naciones Unidas.¹

La construcción de este capital humano fue acompañada por un proceso de construcción de una institucionalidad para la ciencia. Desde muy temprano se comprendió que los científicos aisladamente no producen mucha ciencia en el mundo moderno. Tampoco la producen en sociedades científicas que suelen ser yuxtaposición de individuos. Hacen falta instituciones (tal como en la industria hacen falta fábricas y no solo artesanos), pues la producción de ciencia en el mundo de hoy es un proceso social y la clave del éxito suele estar en la calidad de esas instituciones.

Había muy pocas en Cuba antes del triunfo revolucionario de 1959. Entre los años 1960 y 1970 surgieron más de 100 nuevos centros de investigación. A finales de la década de 1980 la cantidad de instituciones científicas se estimaba en más de 200 y varias de ellas tenían más de 1 000 trabajadores. En el momento en que se escribe este capítulo el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología está integrado por 208 unidades donde laboran 57 200 trabajadores, y hay 6 200 investigadores categorizados.² La proporción del Producto Social Global destinada a investigación-desarrollo superó 1 % en 1989.

1970-1990: La integración con la URSS y los países socialistas de Europa

La ciencia fue un componente esencial de la experiencia socialista europea, liderada por la Unión Soviética.

¹"Informe sobre desarrollo humano 2016", PNUD, New York, 2016.

²F. Castro Díaz-Balart: *Ciencia para la innovación: la experiencia cubana*. LA & GO Ediciones S.A., Monterrey, México, 2015.

En sus mismos orígenes, la idea del socialismo científico nació vinculada a la aspiración de una comprensión racional del mundo, incluido el mundo social, que le permitiría al hombre transformarlo. Surgió en la Europa de la segunda mitad del siglo XIX, marcada por una enorme confianza de las ciencias en sí mismas.

El desarrollo científico fue una parte consustancial del proyecto socialista soviético. Desde los tiempos de Lenin la ciencia estuvo vinculada a la funcionalidad del Estado soviético. En la década de 1980 la Academia de Ciencias de la URSS tenía 250 institutos y más de 60 000 investigadores. Sus cimas más brillantes fueron conquistadas precisamente cuando en Cuba surgía la Revolución. En 1957 la URSS puso en órbita el primer satélite artificial de la Tierra y en 1961 el primer hombre en el cosmos fue un soviético.¹ Apenas dos meses después de su viaje cósmico, Yuri Gagarin visitó Cuba.

Cuando se forjó en los primeros años de la Revolución Cubana una alianza estratégica, política, económica y militar, con la URSS y los países socialistas de Europa, el apoyo al incipiente desarrollo científico cubano estuvo muy presente. Miles de especialistas, tecnólogos y científicos de los países socialistas vinieron a Cuba y miles de cubanos estudiaron y se graduaron allá. La integración de Cuba al Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME) reforzó esos procesos.

En 1980 se constituyó en Cuba la Comisión de Energía Atómica y la Subsecretaría Ejecutiva de Asuntos Nucleares (SEAN).

La estructura del sistema de ciencia y tecnología en programas y proyectos, que se construyó en Cuba a partir de 1974, reflejó las metodologías del Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME), donde se construía la integración entre los países socialistas. En 1977 se aplicó el formato de "Problemas Principales Estatales".

¹D. Priestland: *Bandera roja. Historia política y cultural del comunismo*, Ediciones Critica S.L., Barcelona, 2009.

La influencia de la ciencia soviética en Cuba fue muy evidente en la física, las matemáticas y las ingenierías, aunque impactó menos en las ciencias biológicas, la medicina y la computación, reflejando el balance de fortalezas y debilidades que existía en la propia URSS.

1980-2000: La construcción del sector biotecnológico y las bases institucionales de la conexión de la ciencia con la economía

El despegue de la industria biotecnológica en Cuba ocurrió en la década de 1980. A partir de la iniciativa en 1981 de producir primero interferón natural y luego interferón recombinante se creó el pequeño Centro de Investigaciones Biológicas, a lo que siguió la construcción e inauguración en 1986 del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, y luego, paso a paso, fueron surgiendo otras instituciones agrupadas en lo que se llamó el Polo Científico del Oeste de La Habana, que llegó a tener más de 20 organizaciones y más de 10 000 trabajadores, incluyendo 4 000 científicos e ingenieros. En el año 2009 la reconocida revista científica internacional *NATURE* describía la biotecnología cubana como “[...] the developing world’s most established biotechnology industry [...]” (“[...] la industria biotecnológica más establecida del mundo en desarrollo [...]”).¹

Varios rasgos distinguen esta experiencia de desarrollo tecnológico y la diferencian de emprendimientos de propósito similar en otros países. Lo primero a notar es que en Cuba esta experiencia fue sorprendentemente precoz. La primera empresa biotecnológica en el mundo surgió en los Estados Unidos en 1976, y el primer medicamento obtenido por tecnología de recombinación de ADN fue registrado en 1982. En Cuba la primera organización de investigación-producción para la biotecnología se inauguró en 1981, y la mayor de las inversiones en

1986. Un segundo rasgo distintivo es que fueron inversiones del Estado, sin acceso a capital de riesgo ni a inversión extranjera. Un tercer rasgo, probablemente el más sorprendente, fue la rápida transición a la rentabilidad a partir de exportaciones.

La mayoría de estas instituciones fueron construidas con el concepto de organización integrada “a ciclo completo”, es decir, con capacidades de investigación científica, desarrollo de productos, fabricación y comercialización. Estas instituciones se asemejan a un laboratorio científico, a una fábrica o a una empresa comercializadora de medicamentos según el punto de vista que se adopte para verlas.¹

En el año 2012, un decreto del gobierno² agrupó estas organizaciones con la industria farmacéutica preexistente y así surgió la organización BIOCUBAFARMA, que, en el momento en que se escribe este libro, agrupa 34 empresas con más de 20 000 trabajadores, opera 64 instalaciones productivas, 8 empresas comercializadoras y 5 empresas mixtas en el exterior, exporta a más de 50 países, generando ingresos por varios cientos de millones de dólares, y suministra más de 800 productos al sistema de salud cubano, incluyendo más de 60 % del cuadro básico de medicamentos.

La existencia de recursos humanos abundantes, capacitados y motivados es un requerimiento estricto de cualquier intento de desarrollo de industrias de alta tecnología. Cuando el esfuerzo de desarrollo del sector biotecnológico cubano comenzó, ese capital humano estaba ahí.

Hay una parte de esa historia que ha sido menos divulgada y es la que concierne a la estrategia por la cual los colectivos de las instituciones emergentes fueron seleccionados.

¹“La economía del conocimiento y el socialismo: ¿hay una oportunidad para el desarrollo”, *Revista Cuba Socialista*, 3ª Época, N° 41, La Habana, 2006, pp. 25-43.

²*Gaceta Oficial de la República de Cuba*, Ministerio de Justicia, N° 052, 7 de diciembre de 2012.

¹“Cuba’s biotech boom”, *Nature*, vol. 457, 2009, p. 130.

Contrariamente al enfoque convencional de invertir en instalaciones científicas y luego contratar personal, el procedimiento fundacional en Cuba en los años 80 del siglo pasado fue la identificación de colectivos científicos que ya existían y tenían resultados, y hacer inversiones de infraestructura para ellos, incluyendo instalaciones de producción. Esa estrategia acortó el tiempo para que las nacientes organizaciones se hicieran productivas: las instalaciones industriales se construyeron alrededor de equipos científicos ya con cierto nivel de productividad previa.

No fue, ni podía haber sido, la historia clásica de la empresa farmacéutica desarrollada y con ganancias, que luego construía laboratorios científicos en su interior, como ocurrió en varios países de Norteamérica y Europa. La biotecnología cubana fue creada construyendo capacidad industrial a partir de colectivos científicos pre-establecidos. La "buena ciencia" estaba presente desde el primer día, aunque las conexiones con el mercado externo para las exportaciones no lo estaban.

1991-2010: El Período Especial y sus consecuencias

El Período Especial, como solemos llamar a esa última década del siglo xx y principios del xxi, fue un acto de genocidio contra Cuba. Pero también fue una victoria de los cubanos.

Muchos suelen vincular automáticamente el Período Especial a la desaparición de la URSS en 1991, que tuvo ciertamente mucho impacto; pero no se puede olvidar que en 1992 se firmó la Ley Torricelli, en 1996 la Ley Helms-Burton y en 2004 el llamado "Plan Bush" contra Cuba. La persecución organizada a las transacciones financieras de Cuba se multiplicó. El Período Especial es todo eso. El comercio exterior se redujo en más de 80 %, el Producto Interno Bruto cayó 35 %, pasamos de 13 millones de toneladas de combustible al año a tener menos de 3 toneladas. La capacidad de inversión se contrajo: la formación bruta de capital, que alcanzó 26,3 % en 1989, se redujo a 5,2 %

en 1994. Los ingresos reales de los trabajadores también se redujeron. La disponibilidad de alimentos y medicamentos disminuyó. Fue necesario aceptar una dualidad monetaria, y una parte de las empresas pasaron a operar en divisas. La dualidad monetaria creó una brecha de desigualdad entre las personas con y sin acceso a divisas convertibles.

A ese impacto económico habría que añadir el impacto ideológico, pues la década de 1990 fue (no solo para Cuba) la década de la supuesta y alabada victoria ideológica del capitalismo neoliberal sobre los proyectos socialistas, fue el momento del Consenso de Washington y de la confusión mundial de las izquierdas.

Sorprendentemente para muchos en el mundo (para los cubanos no) Cuba salió victoriosa de la prueba. La cohesión social se mantuvo, la soberanía nacional fue defendida con éxito, los indicadores de salud y educación se mantuvieron, se preservó el empleo y la protección social, el suministro de combustibles se restableció, se acabaron los "apagones" eléctricos, el turismo creció, la industria biotecnológica multiplicó sus exportaciones, el crecimiento del Producto Interno Bruto, lentamente se reinició. La presencia y resistencia de la Revolución Cubana fue un factor catalizador que contribuyó al ascenso de las fuerzas de izquierda en varios países de América Latina.

A finales de 2014 el presidente de Estados Unidos reconoció públicamente que la política de aislamiento y agresión contra Cuba era un fracaso, y aceptó iniciar un proceso de normalización de las relaciones diplomáticas entre ambos países.

Con cualquier criterio objetivo e imparcial que se quiera usar para evaluar esta historia, el Período Especial fue una batalla de la que el pueblo cubano salió victorioso. Pero de las batallas, aun de las batallas victoriosas, se sale con heridas. Una vez más, son heridas económicas y también ideológicas. Heridas que también existen en el campo de la ciencia, y las instituciones científicas y sería absurdo intentar no verlas.

Los indicadores de volumen y productividad de la actividad científica fueron erosionados durante el Período Especial. El

capital humano para la ciencia, también. Varios de estos importantes indicadores, que una vez estuvieron por encima de la media latinoamericana, hoy están por debajo. En América Latina las décadas de 1970 y 1980 fueron tiempos de dictaduras militares, que persiguieron con especial saña la intelectualidad universitaria en varios países, y muchos profesores y científicos emigraron. Por esos mismos años Cuba mantenía excelentes relaciones de colaboración económica y científico-técnica con la URSS y los países socialistas de Europa. Los indicadores de la actividad científica reflejaban a favor de Cuba ese contraste. Pero diez años después comenzaron a surgir gobiernos de izquierda en América Latina, que privilegiaron el desarrollo social, incluida la educación y la ciencia, y en ese mismo momento Cuba entró en el Período Especial: el balance de indicadores de la actividad científica se invirtió. Después de etapas de grandes dificultades económicas, la ciencia, por su propia orientación hacia el largo plazo, tiende a recuperarse más lentamente que otras esferas de la sociedad.

En el momento que se escribe este libro (2018), aunque el Producto Interno Bruto de la economía ya rebasó el nivel de 1989, los indicadores principales de volumen e impacto social de la actividad científica todavía no se han recuperado.

Hoy: Los debates sobre las funciones de la ciencia en el modelo económico cubano

Escribir en un libro acerca del hoy es siempre riesgoso, pues las ideas en un libro aspiran a mantener vigencia varios años y el hoy pasa rápido. Para quienes lean este libro dentro de diez años, esta sección pertenecerá al pasado. No obstante, hay rasgos que se dibujan hoy que podemos asumir como esenciales y que contienen mensajes de mayor permanencia.

El primero es que el Período Especial es cosa del pasado. Ciertamente enfrentamos hoy serias dificultades económicas, pero estas no son la continuidad del Período Especial, sino que

responden a un ciclo histórico más largo, pues son las que derivan de la necesidad de insertarnos en una economía mundial de orientación capitalista, neoliberal y depredadora, a partir de una economía nacional socialista que aspira a ser inclusiva, solidaria y sostenible, y de hacerlo con tres grandes limitaciones: ser un país pequeño (con una restringida demanda doméstica), no disponer de recursos naturales primarios (petróleo, minerales, etc.) que han sido el dispositivo de conexión principal de los países que los tienen y arrastrar un retraso tecnológico que si es una secuela de ese Período Especial, que nos hizo perder 15 años antes de recuperar el PIB precedente.

Otra realidad que se proyectará hacia el futuro es la permanencia del bloqueo económico de Estados Unidos contra Cuba, que se mantiene a pesar del intento de normalización diplomática y que muy probablemente se mantendrá, pues refleja la incapacidad histórica de la élite de poder estadounidense para aceptar un proyecto social diferente.

La voluntad mayoritaria del pueblo cubano es lograr nuestro desarrollo desde el socialismo: retomar el crecimiento económico sin perder la soberanía nacional y la justicia social conquistadas. El debate radica en ¿cómo lo hacemos?

La superación del Período Especial y el emprendimiento de la construcción de un socialismo próspero y sostenible van a ocurrir; pero ello no va a ser un retorno a la década de 1980. Será diferente porque el mundo es diferente. La economía mundial ha cambiado bajo las presiones de la tecnología y la globalización. Los países pequeños no podemos asentar nuestra soberanía en una autosuficiencia económica imposible, sino en una inserción inteligente en la economía mundial, en sus flujos de bienes, servicios y conocimientos. **Este es el desafío económico.**

Por el tamaño de su población Cuba no tiene, como China, una enorme demanda interna que atraiga la industrialización. Cuba tampoco tiene, como Venezuela o Bolivia, recursos minerales y energéticos en que basar sus exportaciones, ni tiene, como Argentina o Brasil, enormes extensiones de tierra para la agricultura,

la ganadería y las agroexportaciones. Nuestra palanca de crecimiento económico tendrá que ser los bienes y servicios exportables y de alto valor añadido basados en la ciencia y la técnica. Fidel lo expresó así en 1993: "tenemos que desarrollar las producciones de la inteligencia... y ese es nuestro lugar en el mundo [...] no habrá otro". Hacer esto requerirá empresas activas en la ciencia y la tecnología, e instituciones científicas conectadas con las empresas. Tendremos que inventar e implementar el marco jurídico para estas interacciones. Las instituciones científicas tendrán que cambiar; las empresas también. Hay que diseñar el espacio específico de "empresas de alta tecnología" que tienen características y requerimientos distintivos. También hay que diseñar de qué forma podrían surgir nuevas empresas de alta tecnología a partir de organizaciones académicas o universitarias con productos y servicios maduros para ese "parto". Nuestra inserción en la economía mundial implicará negociaciones basadas en productos intangibles y en el conocimiento mismo. Tendremos que aprender cómo organizar el comercio exterior sobre esas bases. Nuestra defensa está en la solidez y diversidad de nuestra red de interacciones internacionales.

Hoy nuestra población no crece y envejece. No hay que avergonzarse de eso. Aunque entre las causas de este fenómeno están innegablemente los problemas económicos, el cambio demográfico es producto también del aumento de la esperanza de vida de los cubanos y del aumento del nivel educacional de la mujer que hace reducir la natalidad. Es un problema que tiene en su base fenómenos sociales positivos, pero es un problema al fin. **Ese es el desafío demográfico.** Requerirá una estrategia de salud pública orientada a las enfermedades crónicas relacionadas con el envejecimiento, y una política laboral que permita a los cubanos ser socialmente productivos hasta edades avanzadas. Para ello necesitamos ciencia y mucha. Los países que han transitado hacia poblaciones envejecidas y cuadro de salud de enfermedades crónicas lo han hecho después de la industrialización. Nosotros lo estamos haciendo antes. Las

soluciones no están escritas en ningún manual, ni hay nadie a quien "copiar". Es la ciencia cubana la que debe dar las respuestas.

También habrá que enfrentar el desafío ambiental, con el calentamiento de la atmósfera y los mares, el deterioro de nuestros suelos, nuestros largos kilómetros de costas, nuestra ubicación en el camino de los huracanes.

La defensa de nuestra cultura y de nuestros valores, enraizados en nuestra hermosa historia, habrá que articularla ahora en un mundo globalmente conectado, con rápidos flujos de información e influencia cultural, y crecientes flujos migratorios. La pregunta de si la globalización lleva al mundo hacia una empobrecedora uniformidad cultural bajo la hegemonía de los que tienen más recursos para producir información, o si nos abre el camino de una diversidad cultural enriquecedora, no está respondida. **Ese es el desafío social.** Enfrentarlo también requerirá de enfoques científicos, particularmente en las ciencias sociales. Ello incluye también construir una teoría y una práctica de lo que debe ser la empresa estatal socialista, sus relaciones internas en la microeconomía y sus conexiones con la macroeconomía. Mientras más avancemos hacia la "alta tecnología" en las empresas, mayor será el carácter social de la producción, y más fuerte el socialismo.

Vamos a necesitar una infraestructura científica grande y eficaz para proporcionar el flujo de conocimientos y tecnologías a la medida de las tareas de la sociedad cubana. No se trata de "mantener" las capacidades científicas, sino de hacerlas crecer. **Ese es el desafío de la ciencia.** Conciérne a las decisiones sobre la organización y la financiación de la ciencia, así como sus conexiones con los demás componentes del tejido social. La recuperación y el reinicio del crecimiento del potencial científico habrá que medirlo, no con anécdotas (aunque algunas son ilustrativas), sino con indicadores objetivos, de los que se rinda cuenta al pueblo. Se requerirá un balance inteligente entre la ciencia necesariamente cortoplacista que se hace esencialmente en el sector empresarial, y la ciencia con visión a mediano y largo plazo que se hace esencialmente en

el sector presupuestado. Institucionalidad para la ciencia y vías de financiamiento deben existir en ambos sectores, el empresarial y el presupuestado, evitando el sesgo hacia uno u otro extremo, y encontrando ese "justo medio" que a la personalidad colectiva de los cubanos le cuesta tanto trabajo hallar.

Estos son los grandes temas del debate actual sobre la ciencia y la tecnología, y su espacio en el modelo económico que intentamos diseñar y construir. No tenemos todo el tiempo del mundo para enfrentar con éxito estos retos. Vamos a necesitar una sociedad (no una u otra institución especializada, sino toda una sociedad) capaz de armarse con una cultura científica y utilizarla en las decisiones cotidianas, razonar con datos, diseñar alternativas con hipótesis comprobables, evaluar el impacto de las decisiones, rechazar la improvisación, la decisión caprichosa, la pseudociencia, la imitación sin crítica y la superficialidad. **Ahora es cuando más necesitamos de la ciencia.**

Caso de estudio: El Centro de Inmunología Molecular

El caso particular de una institución científica y su transformación en una empresa de tecnología avanzada puede servir como ilustración de las ideas expuestas en las secciones precedentes y ese es el sentido de este capítulo, aunque obviamente cada institución tiene especificidades.

El Centro de Inmunología Molecular (CIM) fue inaugurado por el líder histórico de la Revolución Cubana, Fidel Castro, en diciembre de 1994. El grupo científico fundador (hoy muchos de ellos jubilados) había estado trabajando en los departamentos experimentales del Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología desde la década de 1970. La visita de Fidel a esos laboratorios se produjo en septiembre de 1989 y fue seguida de varios intercambios de ideas de donde surgió la decisión de construir una nueva instalación, esta vez con laboratorios e instalaciones industriales, y mover el grupo hacia allí.

El campo de trabajo de ese colectivo científico era (hoy sigue siendo) la inmunoterapia del cáncer con anticuerpos monoclonales y vacunas terapéuticas.

El hecho de que el CIM surgiera una década después de las otras instituciones de la biotecnología cubana es consecuencia precisamente de su tecnología.

La producción de anticuerpos monoclonales requería modificación genética y cultivo en gran escala de células de mamíferos. Esta tecnología maduró en el mundo varios años después de los procesos de producción de proteínas recombinantes en bacterias y levaduras, que fueron las que dieron origen a la industria biotecnológica en sus etapas iniciales.

El CIM fue inaugurado precisamente en el momento más complejo de la crisis económica que ocurrió en Cuba como consecuencia de la desaparición de la URSS y del campo socialista europeo, y que los cubanos conocemos como el Período Especial.

Tal contexto, para el surgimiento de una nueva institución científica con aspiraciones de producciones de alta tecnología, significaba un desafío colosal.

Visto en retrospectiva, hay que reconocer que en el momento (1994) en que surgió el CIM estaban dadas todas las condiciones para el fracaso:

- La economía en un momento de severa contracción.
- Ningún acceso a capitales de riesgo, que fueron el combustible de la biotecnología en otros países.
- La guerra económica de los Estados Unidos contra Cuba en su momento de máxima hostilidad (la Ley Torricelli se aprobó en el Congreso estadounidense en 1992 y la Ley Helms-Burton en 1996, ambas intensificando el bloqueo contra Cuba).
- Un momento de máximo reforzamiento mundial de la protección de propiedad intelectual (patentes) para los medicamentos, impuesto por la recién estrenada Organización Mundial del Comercio (1995).
- Una creciente barrera regulatoria para el registro de nuevos medicamentos, también manipulada por las empresas farmacéuticas de los países del norte como "barrera de entrada".
- Un área científica, la inmunoterapia del cáncer, muy competitiva a nivel académico, pero todavía sin un impacto tangible

(el primer anticuerpo para tratamiento de cáncer se aprobó en 1997).

- Un sector biotecnológico mundial que movilizaba inversiones y flujos de capital de riesgo, pero que todavía no lograba convertirse en un sector industrial con ganancias derivadas de sus propias ventas (el sector transitó a la rentabilidad en Estados Unidos y Europa solamente en 2009).
- Amigos y enemigos coincidían en que la inversión del estado cubano en la biotecnología, y particularmente la riesgosa operación del Centro de Inmunología Molecular, era una decisión de altísima probabilidad de fracaso.

Y sin embargo el fracaso no ocurrió. Todo lo contrario. En este caso (y hay otros casos similares que no se describen aquí), en los 20 años transcurridos entre 1995 y 2015 el CIM:

- Construyó una línea de productos con 21 biofármacos y vacunas en diferentes estadios de desarrollo.
- Construyó una plataforma de propiedad intelectual con 27 invenciones patentadas y más de 850 patentes registradas en el exterior.
- Condujo más de 50 ensayos clínicos con sus productos en 12 países.
- Obtuvo 101 registros de medicamentos en el extranjero.
- Comenzó a exportar, llegando con sus productos a 33 países y generando ingresos por varias decenas de millones de dólares, que garantizaron su rentabilidad y su viabilidad económica.
- Creó y gestionó cuatro empresas mixtas en el exterior.
- Aumentó su colectivo de 287 trabajadores en 1994 a 1136 en 2015.
- Continuó invirtiendo aumentando tres veces el área construida, multiplicando por cinco su capacidad de producción de anticuerpos, y financiando esas inversiones con sus propios ingresos.

Mirando al panorama de 1994, pocos observadores, incluidos nosotros mismos, hubiesen previsto ese desarrollo. En la historia,

así como en las ciencias naturales, el análisis de los fenómenos que son contraintuitivos suele ser una fuente muy fértil de aprendizaje.

¿Qué aprendimos nosotros en estos más de 20 años? Aprendimos mucho, pero podemos intentar resumirlo en 10 lecciones:

Lección 1: Lo primero es el capital humano y la “buena ciencia”

Algunos datos sobre el esfuerzo de los años 1960 y 1970 en la construcción de capital humano para la ciencia, y de una institucionalidad para la ciencia fueron dados en las secciones precedentes. Este capital es un requerimiento estricto para cualquier intento de desarrollo de sectores industriales de alta tecnología. La gran inversión estatal para el sector biotecnológico se apoyó en el capital humano construido en las décadas precedentes.

El núcleo fundador del Centro de Inmunología Molecular (CIM) trabajaba en la sección experimental del Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología, y había comenzado a mostrar su desempeño en la producción de “buena ciencia”. Allí se obtuvieron los primeros anticuerpos monoclonales en Cuba y se condujeron los primeros ensayos clínicos. Allí se comenzó a estratificar los pacientes de cáncer mediante marcadores moleculares, entre ellos, la expresión de receptores de hormonas y factores de crecimiento, un enfoque novedoso para la época. La concentración temática en la oncología permitió un “enfoque problémico”, es decir, un problema abordado con varias tecnologías, preferiblemente a un enfoque tecnológico que parte del dominio de una tecnología que se aplica a varios problemas diferentes. Esa concentración permitió a su vez el desarrollo de conceptos novedosos (no solamente de productos nuevos), que le dieron al colectivo cierta visibilidad internacional.

Para el despegue de una empresa de alta tecnología tiene que haber desde el inicio, buena ciencia en los mejores estándares internacionales. Si va a resultar imprescindible una estrategia económica exportadora, y por ende de alto estándar

de productividad y calidad, la ciencia que la respalda tiene que ser también mundialmente aceptada. Y no es suficiente que exista como precedente: hay que continuar alimentando una cultura de investigación científica y una preparación permanente de jóvenes científicos aun después que la organización se ha transformado en una empresa. El CIM mantuvo en estos años una alta intensidad de capacitación (más de 20 cursos por año), de intercambio científico internacional (más de 100 misiones al exterior por año) y de colaboración científica (colaboración académica con 11 universidades cubanas y recepción cada año de 300 estudiantes), más una sistemática producción de doctores y maestros en ciencias.

No es lo usual en otros sectores industriales, pero la experiencia enseña elocuentemente que en la biotecnología las empresas (en Cuba y en el exterior) que se olvidan de preservar y nutrir su atmósfera científica no sobreviven mucho tiempo.

Lección 2: La motivación y el compromiso social son los talentos más importantes

La línea divisoria principal entre los científicos productivos y los mediocres no es la capacidad de razonamiento analítico como usualmente se cree: es la motivación. Por supuesto que una capacidad intelectual normal, o probablemente algo superior a la media es necesaria, pero a partir de dicho umbral (en el que se sitúan muchas personas), lo que decide la productividad es la motivación del individuo para movilizar sus propios recursos intelectuales y ponerlos a trabajar.

Para el despegue de una empresa de alta tecnología en un país subdesarrollado esa motivación no está en la ganancia material individual. También aquí hay un umbral claro: un determinado nivel de ingreso individual es necesario para garantizar una vida material decente y permitir la concentración en acciones que frecuentemente no fructifican en el corto plazo; pero una vez que ese nivel se alcanza, son las motivaciones sociales e intelectuales las que se hacen decisivas.

El ambiente motivador y la conciencia socialmente alerta hay que construirlos, y el liderazgo en cada organización tiene que ocuparse de eso.

El proceso social revolucionario en Cuba a partir de 1959, el compromiso masivo del pueblo con el proyecto de sociedad socialista y el liderazgo de Fidel Castro crearon en la Cuba de los años 1970 ese ambiente motivador. Más allá de ese ambiente nacional general, Fidel se ocupó personalmente de reforzar la motivación de los científicos, y a partir de ahí muchos dirigentes de las nacientes organizaciones de la biotecnología trabajaron por reforzarlo.

En el Centro de Inmunología Molecular (y en otros) se organizan debates abiertos y participativos para compartir percepciones sobre el espacio de la biotecnología en la economía cubana, y sobre el rol de la ciencia en el desarrollo social y la cultura nacional. Estos incluyen contactos frecuentes con otros actores sociales, reforzando la percepción de que lo que sucede dentro de la empresa es parte de un proceso social de mayor alcance que ocurre fuera de la empresa.

Por supuesto que existen personas refractarias a la construcción de motivaciones sociales e incapaces de ir más allá de las metas personales (que no son espurias si son punto de partida y no objetivo final). Estas personas frecuentemente abandonan la organización e incluso el país. Es preferible no retenerlas en el equipo y preservar en él a las personas "motivables", que ciertamente existen, y no son pocas.

Lección 3: La tarea principal va más allá de la ciencia: consiste en construir conexiones entre la ciencia, la producción y la economía

La biotecnología no es solamente ciencia. Comienza con la ciencia, pero la maduración del sector viene con el desarrollo de capacidad de producción a escala industrial. De hecho, la biotecnología es esencialmente un proceso de fabricación en el que la transformación de las materias primas en producto final (que es

común a toda manufactura) ocurre en el interior de una célula viva. La producción es la diferencia entre la biotecnología y la biología molecular. El corolario de este razonamiento es que la creación de capacidad de producción en las nacientes organizaciones es algo imprescindible.

En el caso del CIM, la decisión que lo cambió todo fue la de dotar al equipo científico con una nueva instalación que contenía, no solamente mayores y mejores laboratorios, sino también instalaciones industriales para el escalado de cultivos de células superiores.

No se trató solamente de una inversión material en instalaciones, sino de una compleja transformación cultural. Junto con la decisión del escalado productivo viene la cultura de la calidad y las "Buenas Prácticas de Producción". Ello implicó la necesidad de diversificar el colectivo. En los años 1980 éramos principalmente inmunólogos, biólogos moleculares, bioquímicos, en fin, gente de laboratorio. A partir de la decisión de construir una organización de investigación-producción necesitamos también ingenieros.

El paso siguiente fue la decisión de crear una empresa exportadora adscripta a la nueva organización. Fue un segundo paso integrativo y una segunda necesidad de diversificación profesional en el equipo, que ahora demandaba economistas y abogados.

Todo ello cristalizó en el nacimiento de lo que finalmente llamamos "la organización a ciclo completo", que trabaja desde la investigación científica al desarrollo de nuevos productos y escalado productivo, y de ahí a la comercialización y las exportaciones.

También fue un desafío gerencial. La estructura mental y la cultura del científico, el productor, el regulador de la calidad y el negociador comercial son muy diferentes, y el reto consiste en ponerlos a todos a trabajar juntos en la nueva organización, que no debe ser una yuxtaposición de compartimentos por especialidades, sino un organismo empresarial diferente.

La organización "a ciclo completo" no es simplemente un laboratorio grande. Es algo distinto. Hemos observado otras organizaciones que no supieron comprender ese concepto y usaron

la posibilidad de inversión para construir el mismo tipo de laboratorio que tenían, solamente que mayor y mejor equipado. Para esas organizaciones, fue la receta del estancamiento.

Lección 4: La primera meta es completar el ciclo económico y después hacerlo crecer

Tener unidades de investigación, producción, aseguramiento de la calidad y comercialización es la anatomía de la organización a ciclo completo. La fisiología es hacer que todo eso funcione como una cadena de valor capaz de crear un flujo financiero positivo. Un tiempo demasiado largo para transitar a la rentabilidad puede ser algo corrosivo para la organización. Entonces la primera tarea es crear un ciclo financiero positivo tan pronto como sea posible, aunque en esa etapa las operaciones y las ganancias sean pequeñas. Después vendrá el momento de hacerlo crecer. En las empresas de alta tecnología que apuestan a productos novedosos con incertidumbre de mercado, no se puede transitar hacia operaciones rentables y operaciones grandes al mismo tiempo. Hay que ser rentable primero y grande después.

También vimos organizaciones que intentaron funcionar al revés y asumieron enormes inversiones en recursos e infraestructura, sin tener opciones de rentabilidad en un plazo suficientemente corto. Fabricaron un lastre que les impidió progresar.

En el caso del CIM, la transición a la rentabilidad ocurrió en 1999, cinco años después de la inauguración. Durante ese período el CIM fue protegido con un esquema presupuestado, llamado "unidad presupuestada de tratamiento especial". Puede haber otras formas de protección en el período de maduración, pero debe haber alguna.

Las empresas en estadios iniciales, construidas alrededor de colectivos científicos usualmente tienen resultados novedosos y patentes, pero no tienen productos que vender. Una alternativa útil es negociar transacciones económicas sobre esos activos intangibles, las que pueden ocurrir años antes de que exista un producto comercializable. El intangible puede ser una

patente o una tecnología novedosa o los derechos comerciales para determinados territorios de un producto que está todavía en pruebas clínicas. El que adquiere los derechos comparte así el riesgo con el que los oferta. El CIM realizó este tipo de alianza con compañías extranjeras en los primeros años y logro así movilizar un flujo financiero de varias decenas de millones.

Los acuerdos precomerciales no fueron solamente una fuente de capital, también fueron un vehículo de desarrollo de los productos, con experimentación preclínica y clínica no solamente en Cuba, sino también en otros países.

A veces el socio extranjero obtuvo los recursos con acciones en la bolsa de valores, usando como activos de valorización un proyecto conjunto o una empresa mixta que aún no tenían ganancias. Eso es precisamente el mercado de capitales: una forma de invertir a expensas de las ganancias futuras y no de las ganancias pasadas. Cuando eso ocurría parte de esos recursos se canalizaban hacia el CIM mediante pagos por etapas previstos en los contratos. Esta estrategia construyó una ruta de acceso al mercado de capitales aun en el contexto del Período Especial y del bloqueo estadounidense.

La capitalización y negociación de activos intangibles produce valor añadido de manera rápida, y ese es su atractivo principal; pero ese valor añadido suele ser pequeño en comparación con el valor de las posibles ganancias futuras por ventas. Aun dentro de la etapa de desarrollo de un producto, las negociaciones son más ventajosas cuando el proyecto está en etapas avanzadas, y cuando el riesgo ha disminuido. Así se pueden exigir mayores ingresos, pero también hay que esperar más tiempo. Este ajuste fino entre el tamaño de la negociación y su momento de negociación es frecuentemente lo que determina la sabiduría en la construcción de acuerdos. Ello demanda intuición, pues no hay algoritmos inambiguos para decidir, pero debe ser una intuición educada, lo que implica un estudio permanente de los procesos negociadores que ocurren en el mundo en este sector industrial.

La lección que aprendimos es que podemos y debemos negociar sobre activos intangibles en etapas tempranas solamente cuando

esto es imprescindible para continuar el desarrollo y llegar a la rentabilidad, pero siempre hay que preservar algunos proyectos y productos para moverlos hacia delante en la cadena de valor, hacia etapas avanzadas llegando a la etapa de fabricación y ventas.

Otra alternativa para cerrar rápidamente el ciclo económico es la de construir una cartera de productos que combine productos innovadores de nuestra propia investigación científica, con productos imitadores que copian moléculas que ya están en el mercado y cuyas patentes han expirado o están próximas a expirar. La capacidad productiva nunca debe estar ociosa.

Los productos innovadores protegidos por nuestras propias patentes pueden generar mayores ingresos, pero eso toma más tiempo. Los Biosimilares no garantizan altos precios de venta, pero los ingresos vienen más rápido, y estos pueden construir una especie de puente hasta llegar a la rentabilidad por productos con patentes propias.

Lección 5: El capital humano es condición necesaria, pero no es condición suficiente: es preciso también construir y desarrollar un tipo especial de organización

Para construir las conexiones entre la ciencia, la producción y las exportaciones se necesita un tipo especial de organización que no es la empresa como clásicamente la conocemos. La innovación en tecnología gerencial es tan importante como la innovación en las ciencias biológicas o en los procesos productivos.

Recuérdese que estamos hablando de empresas que se construyen a partir de resultados científicos; no de empresas establecidas que luego asimilan resultados científicos y nuevas tecnologías.

La alta tecnología, directamente surgida de la ciencia, requiere ciertamente empresas (con conexiones de mercado, ganancias, contabilidad y disciplina financiera) pero son empresas diferentes, y he aquí varias razones:

- Las empresas de alta tecnología tienen que lograr un balance entre objetivos económicos a corto plazo, que responden a

- señales del mercado, y objetivos científicos a mediano y largo plazo que podrán (o no) transformarse en ingresos económicos.
- Las empresas de alta tecnología evolucionan mediante discontinuidades (innovaciones radicales), no a través de mejoras incrementales de lo que ya se sabía hacer. Los dirigentes pueden crear las condiciones para aumentar la probabilidad de que esas discontinuidades ocurran, pero no pueden estrictamente planificar su aparición.
 - Las empresas innovadoras, casi por definición, trabajan para mercados que no existen, ya que sus mejores productos todavía no han sido inventados. Ello trae mucha incertidumbre en la planificación a largo plazo. Usted puede seguramente hacer hipótesis de tamaño de mercado, costos, precios y ganancias, y calcular de ahí un "valor presente neto" para cada proyecto, pero esa cifra luego hay que ajustarla multiplicándola por una constante de probabilidad que refleje el riesgo de que el producto nunca llegue al mercado, y el valor de ese factor de probabilidad nadie lo conoce con exactitud.
 - La incertidumbre significa que el dirigente puede asignar objetivos a los componentes de su organización, pero prácticamente no puede asignar tareas, pues nadie conoce *a priori* las tareas que habrá que asumir para lograr un objetivo. Son la creatividad y la motivación de los trabajadores las que definen las tareas que se deben emprender.
 - Las empresas de alta tecnología suelen tener pirámides de conocimiento invertidas. Ello significa que los científicos de un proyecto y los tecnólogos de un proceso saben más de su trabajo de lo que sabe el supervisor, el cual sabe más que el jefe de departamento, y este a su vez sabe más que el director ejecutivo. Esta pirámide invertida tiene enormes implicaciones para el estilo y los métodos de dirección.
 - Las empresas de alta tecnología no pueden ser demasiado grandes. Hay un límite al tamaño de la organización cuando la alta dirección necesita ocuparse de la motivación y la creatividad. Las empresas basadas en la ciencia son usualmente empresas pequeñas o medianas. Estos procesos no se pueden

garantizar mediante solamente procedimientos estándar y disciplina. Los líderes tienen que comprender lo que sucede en los laboratorios, y las complejidades del escalado de los procesos productivos. Cuando el tamaño de la organización excede determinado umbral, es preferible reestructurarla en unidades modulares que se comporten ellas mismas como pequeñas empresas. Hay que resistir la tendencia convencional a crecer y fundir "para ahorrar", lo que ciertamente ahorra y aumenta eficiencia, pero a expensas de las posibilidades de crecimiento y adaptación al entorno cambiante.

En el CIM la respuesta al crecimiento fue la creación de unidades internas para manejar autónomamente los proyectos y procesos de vacunas terapéuticas, anticuerpos, productos para diagnóstico, y la investigación básica; cada unidad con menos de 300 trabajadores.

Empresas diferentes requieren entornos regulatorios diferentes. Un entorno económico que presione mucho hacia las ganancias a corto plazo y los ahorros se hace muy inhibitorio para la innovación y el crecimiento. En el caso de las organizaciones de la biotecnología cubana, ellas emergieron como una iniciativa audaz de la alta dirección del país, liderada directamente por el presidente Fidel Castro. Durante dos décadas estas organizaciones nacientes se subordinaron directamente al Consejo de Estado. Ello creó un ambiente protegido de incubación, y condiciones para la innovación organizacional, donde las nuevas empresas crecieron y aprendieron hasta que estuvieron maduras (2012) para convertirse en empresas capaces de funcionar en el contexto regulatorio general del país.

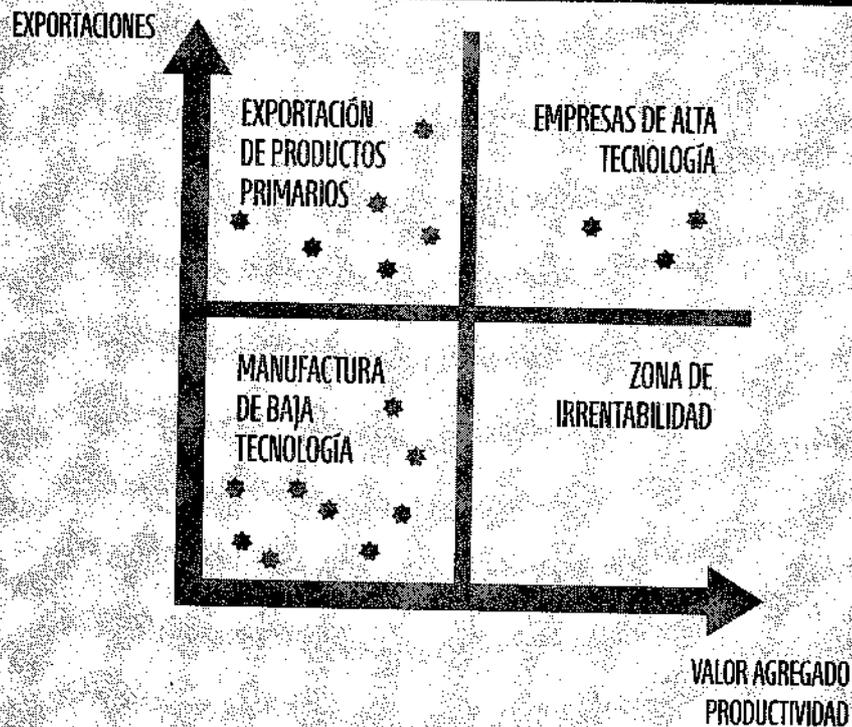
Lección 6: El mercado verdadero está en las exportaciones, no en la demanda doméstica

Esto es especialmente así para los países pequeños, pero cada vez más emerge como un rasgo general de los sectores de alta tecnología.

Las empresas de alta tecnología tienen que internalizar los grandes costos fijos de la investigación científica y los sofisticados sistemas de calidad, y ello requiere operaciones grandes de fabricación y comercialización. Pero al mismo tiempo los productos novedosos suelen tener al principio espacios de mercado pequeños, que no pueden sostener esos grandes costos fijos.

Podremos tener empresas de tecnología baja y media que sirvan las necesidades domésticas, así como empresas exportadoras de productos primarios de bajo valor agregado. También habrá empresas de alta tecnología y exportadoras; pero empresas de alta tecnología sirviendo exclusivamente la demanda doméstica es muy poco probable que existan.

EL DESAFÍO DE LAS EXPORTACIONES: UN NEXO ENTRE TECNOLOGÍA Y EXPORTACIONES



El corolario de este razonamiento es que, una vez que se dispone de productos o tecnologías innovadoras, la estrategia de desarrollo de la empresa de alta tecnología es la estrategia de inserción en los flujos globales de productos, dinero y conocimiento.

Es algo que aprendimos dolorosamente, pues el preconceito "naive" con el que comenzamos presuponía que, si tenemos buenos resultados científicos y productos innovadores, el mercado exportador estaría ahí, esperando por ser conquistado. Aprendimos que eso no sucede así. La red de conexiones internacionales hay que construirla meticulosamente y de manera dedicada, tal como se construyen los productos; y hay que armarla años antes de que los productos existan. Más aun, esa red de conexiones no puede estar solamente al final de la cadena investigación-producción-comercialización, sino que es necesaria en todas las etapas del proceso, incluyendo los propios proyectos de investigación básica y sus conexiones académicas, y llegando a las etapas finales de productos maduros con sus conexiones empresariales.

Lección 7: El servicio a la demanda doméstica no es para tener ganancias: es para lograr impacto social y "prueba de concepto"

El razonamiento de la sección precedente sobre las exportaciones no significa que el suministro a la demanda doméstica no sea importante. Es muy importante, pero lo es por una razón diferente a las ganancias económicas.

Los productos novedosos llegan primero al mercado nacional, el cual en los países pequeños usualmente no es suficiente para la rentabilidad económica; pero es una fuente de validación para el nuevo producto. En el caso de los medicamentos de avanzada y las vacunas, el impacto de la innovación en la salud de la población cubana es en primer lugar una obligación ética, pero es también una "prueba de concepto" que se convierte luego en poderosa palanca para las exportaciones.

El sistema de salud cubano es un excelente polígono de prueba para esto. Un sistema de salud grande, que logra cobertura universal y gratuito, que está libre de las distorsiones que crean las fuerzas de mercado y la publicidad, que es operado por profesionales cuyo criterio único de referencia es el mejoramiento de la salud de la población, puede proporcionar datos muy valiosos sobre lo que un nuevo producto aporta en condiciones de mundo real.

En el caso del Centro de Inmunología Molecular, por ejemplo, el uso amplio de las vacunas terapéuticas para cáncer del pulmón, aun en el nivel primario de atención médica aportó valiosa información sobre eficacia y seguridad en condiciones reales, lo cual validó las conclusiones de los ensayos clínicos previos.

Lección 8: Exportar es un ejercicio permanente de enfrentar y traspasar barreras

El mercado farmacéutico mundial es un mercado controlado, lleno de barreras de entrada para los nuevos competidores.

La primera barrera es la propiedad intelectual. Antes de las negociaciones del GATT (General Agreement of Trade and Tariff, 1994) los medicamentos no eran patentables en la mayoría de los países. El propósito era estimular el surgimiento de nuevos productores de cada droga, con versiones genéricas de bajo precio accesibles a las poblaciones de países de bajos ingresos. Los acuerdos del GATT, y las regulaciones de la Organización Mundial de Comercio que surgió de ellos, impusieron la protección universal de patentes para los medicamentos, la cual se convirtió pronto en un instrumento para la preservación de los monopolios y los altos precios.¹

La segunda barrera está en las regulaciones de calidad. Inicialmente concebidas para garantizar la seguridad y eficacia de los medicamentos y proteger al consumidor, estas se convirtieron también en un instrumento de proteccionismo técnico y en

¹G. Velázquez y P. Boulet: *Globalization and Access to Drugs: Implications of the WTO/TRIPS Agreement*, World Health Organization, Geneva, 1997.

una garantía del monopolio aun después de la expiración de las patentes.

El CIM debió sobrevivir y crecer en ese ambiente. Cuando fue inaugurado en 1994 teníamos resultados científicos y artículos publicados, pero ninguna patente. Fue necesario construir aceleradamente una base de propiedad intelectual que hoy incluye 29 patentes en Cuba y más de 850 registros de patente en el exterior. Se creó un departamento de patentes y varios científicos recibieron entrenamiento en propiedad intelectual.

Las divisiones de Control de Calidad y Aseguramiento de Calidad no existían en los laboratorios de los años 1980. Estas unidades fueron creadas y equipadas, y la organización tiene ahora certificación de Buenas Prácticas de Fabricación para todas sus instalaciones y productos, y recibe cada año inspecciones de las autoridades regulatorias de varios países.

Más recientemente la visión se ha ampliado al concepto de ciencias de la calidad, que va más allá del cumplimiento de las regulaciones, y abarca la investigación en las bases científicas de las regulaciones actuales y las que vendrán.

Lección 9: El desarrollo de la alta tecnología es un área de fallo de mercado: la propiedad social es un valiosísimo activo

La biotecnología moderna emergió primero en Estados Unidos, en los años 70 y 80 del siglo xx, impulsada por la disponibilidad de capital de riesgo. Pronto se hizo evidente que la transición rápida hacia la rentabilidad que había ocurrido en la década precedente en las empresas de la microelectrónica y la informática, no ocurriría a la misma velocidad en la biotecnología. La diferencia está en los riesgos y en las regulaciones. La microelectrónica y la informática usan la ciencia (intensamente) para el desarrollo tecnológico, pero en la biotecnología las empresas hacen ciencia ellas mismas. Adicionalmente, la industria de medicamentos es más estrictamente regulada que las otras.

La consecuencia fue que durante décadas la mayoría de las empresas biotecnológicas, aun en Estados Unidos y Europa, no

generaron ganancias, aunque continuaron invirtiendo.¹ Los números agregados del sector biotecnológico en los países desarrollados mostraron rentabilidad por primera vez en el año 2009. Con anterioridad la mayoría de las empresas biotecnológicas sobrevivieron mediante estrategias financieras creativas que combinaban capital de riesgo, oferta de acciones en las bolsas de valores y alianzas con las industrias farmacéuticas establecidas; y no poca especulación.

Las fuerzas del mercado no fueron eficaces para manejar los riesgos y la orientación al largo plazo que requería la biotecnología. Simplemente el "capital con paciencia" no estaba disponible en la mayoría de los países, con escasas excepciones.

Se comprende entonces que la historia de la biotecnología estadounidense, y en menor medida europea, no se haya repetido en los países en desarrollo, ni siquiera en los llamados países emergentes.

En Cuba el desarrollo de la biotecnología fue una iniciativa del Estado y las empresas son propiedad del Estado. Los nuevos productos se evalúan y se introducen en un sistema socializado de salud pública. Las empresas cooperan entre sí, más que competir.

Las fuerzas del mercado, aunque hay que tomarlas en cuenta desde el inicio de los proyectos, entran a funcionar directamente en la promoción de exportaciones, después de la prueba de concepto en el sistema de salud cubano. El modelo se puede discutir conceptualmente, pero en el caso cubano funcionó bien.

Lección 10: La cooperación es más eficiente que la competencia. El desarrollo de la alta tecnología solo es posible con un programa de país

En la economía clásica, la competencia se considera el motor impulsor de la eficiencia. La validez de este axioma es cuestionable en general, aunque su debate teórico no será emprendido en este capítulo.

¹G. P. Pisano: *Science business. The promise, the reality, and the future of biotech*, Harvard Business School Press, 2006.

En todo caso, lo que es evidente para un número cada vez mayor de estudiosos del desarrollo económico, es que, para acceder al desarrollo tecnológico a partir de un país pobre, las fuerzas del mercado no son eficientes para la asignación de recursos.

En Cuba la estrategia desde el inicio fue la implementación de un programa de país y el montaje de estructuras de coordinación entre las diferentes organizaciones. La primera fue el Frente Biológico, creado en 1981, el cual se amplió y se transformó en el Polo Científico, en 1992. Estos dispositivos organizacionales reunían a directivos de las nacientes empresas con altos funcionarios del gobierno y del sector académico, incluido frecuentemente el presidente Fidel Castro. Ello lanzaba un claro mensaje de prioridad para todos los actores sociales. El proceso facilitaba la coordinación para proyectos conjuntos entre varias organizaciones, eliminando costos de transacción, y contribuía a la construcción de percepciones compartidas sobre la evolución de las necesidades y oportunidades. Este consenso también servía de guía para las decisiones de inversión, y para manejar el fino balance entre la integración y la imprescindible autonomía operacional de cada organización.

La evolución más reciente del sector en Cuba fue la integración entre las organizaciones de la biotecnología y las de la industria farmacéutica de genéricos, de la que surgió en 2012 la organización superior de dirección empresarial BIOCUBAFARMA. Fue en ese momento que las jóvenes organizaciones de la biotecnología fueron categorizadas como empresas. Esta decisión reflejaba la maduración de varias instituciones de la biotecnología, las cuales después de años de desarrollo de productos, reforzamiento de los sistemas de calidad, experiencia en ensayos clínicos, en negociaciones internacionales y en exportaciones a muchos países, podían ahora transformarse en empresas y asumir las estrategias de respuesta al mercado y disciplina financiera que caracterizan a estas, sin abandonar la vocación de inversión a largo plazo en la investigación científica y los esfuerzos permanentes en el desarrollo de sus recursos humanos.

La experiencia del Centro de Inmunología Molecular en las dos décadas y media transcurridas desde su fundación en 1994 es una experiencia exitosa en la construcción de nexos entre la ciencia, la producción y la economía, y la creación a partir de estos, de posibilidades para el crecimiento de la ciencia misma.

Esa experiencia constituye la plataforma de datos e intuiciones de la que despegamos el intento de conceptualización que el lector verá en los capítulos que siguen. No obstante, esa misma experiencia enfrenta desafíos nuevos en la nueva configuración tecnológica, económica y política del mundo en el siglo XXI, los cuales discutiremos en el último capítulo.

CAPÍTULO III LA CIENCIA Y SUS POSIBILIDADES

La palabra "ciencia" proviene directamente del latín *scientia*, que significa "conocimiento". Así, en el lenguaje común, el término puede cubrir cualquier tipo de conocimiento. No obstante, la práctica ha impuesto una acepción más restringida, en la que el término "ciencia" se relaciona con un conjunto ordenado de conocimientos estructurados sistemáticamente y con los métodos para obtenerlos.

La visión que tiene mucha gente de la ciencia es la imagen de sus resultados, pero no del método por el cual esos resultados se obtienen. Es comprensible. En todo lo que podemos ver a nuestro alrededor ahora mismo: construcciones, urbanización, alimentos en conserva, equipos de refrigeración, medicamentos, automóviles, aviones, televisión, teléfonos, pronóstico del tiempo, etc., están los resultados del trabajo reciente o pretérito de los científicos. Detrás de esa imagen reside la visión de los instrumentos con que trabajan los científicos en los laboratorios: microscopios, telescopios, computadoras, espectrómetros, centrifugas, aceleradores de partículas, cristalería de laboratorio, reactivos, encuestas y muchas herramientas más.

Ambas interpretaciones son incompletas y no llegan a lo esencial, que no está en los instrumentos tangibles, sino en los instrumentos intelectuales: el método de pensamiento con que trabajan los científicos. Y como tantas veces, nos vuelven a

sorprender las geniales intuiciones de José Martí: "Lo que hace crecer el mundo no es el descubrir cómo está hecho, sino el esfuerzo de cada uno para descubrirlo".¹

Este capítulo intentará hacer comprender en qué consiste ese método de pensamiento, que es una adquisición relativamente reciente en la historia de la cultura humana. Y más reciente aún es el surgimiento de instituciones especialmente dedicadas a trabajar con ese método de pensamiento, es decir, la construcción de una institucionalidad para el trabajo científico.

El éxito de este capítulo consiste en convencer al lector de que él puede asimilar los componentes esenciales del método científico y utilizarlos en sus tareas cotidianas.

Un intento de definición: ¿Qué es la ciencia?

Para discutir de algo es imprescindible primero definirlo. Las definiciones que se pueden encontrar en la literatura sobre la ciencia son muchas. Intentemos utilizar esta: "La ciencia es una actividad estructurada con la intención de producir eficientemente conocimiento nuevo, verificable y generalizable sobre la realidad objetiva".

Vamos a diseccionar esta definición, que contiene seis componentes:

1. Se trata de "producir conocimiento". La especie humana es la única que crea cultura, es decir, que aprende y trasmite lo que aprendió a las futuras generaciones para que tengan un punto de partida superior de aprendizaje. Ese aprendizaje se produce como consecuencia de la experiencia práctica y en especial del trabajo. Todos aprendemos, diariamente, sobre muchas cosas y desde hace mucho tiempo. Pero la ciencia surge en algún momento de la historia como una actividad humana cuya intención principal es producir conocimiento.

¹J. Martí: *Obras Completas*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1991, p. 191.

2. Es una actividad "estructurada", es decir, se organiza para darle velocidad y eficiencia al proceso de obtención de conocimiento. La ciencia de avanzada es el tipo de conocimiento que no puede conseguirse de la experiencia cotidiana.
3. Se trata de producir conocimiento "nuevo", es decir, no solo aplicar lo que ya se sabe, sino conocer algo que no se sabía antes.
4. Ese nuevo conocimiento debe ser "verificable" y, en consecuencia, otra persona debe poder comprobar independientemente si es cierto o falso lo que se dice.
5. Ese nuevo conocimiento debe ser "generalizable", lo que significa que será útil en circunstancias diferentes a aquellas en las que se obtuvo.
6. Finalmente es un conocimiento "sobre la realidad objetiva". Esto significa que estamos restringiendo nuestra definición a las llamadas ciencias naturales. Aunque el concepto de ciencia es aplicable a muchas esferas de la adquisición de nuevo conocimiento, la aplicación del método científico a los procesos sociales y a la subjetividad, así como a las llamadas ciencias formales (matemática, lógica, computación teórica...), por el momento queda fuera de los propósitos principales de este libro.

Toda definición selecciona y, por lo tanto, excluye. Esta definición, de carácter operacional, establece que las ideas surgidas espontáneamente, vinculadas a situaciones concretas irrepetibles, con un alto componente de subjetividad y no verificables independientemente, caen fuera del campo de la ciencia. No se trata de desvalorizarlas. La ciencia no es la única actividad inteligente del hombre. Esas ideas pueden ser válidas, inteligentes y útiles, pero pertenecen a otro campo de la actividad humana.

Toda definición es un instrumento. Una definición no tiene aspiración de universalidad, sino de utilidad. La que hemos dado de ciencia puede ser útil para lo que pretendemos discutir a continuación.

Los orígenes históricos del método científico

La ciencia no es solamente un conjunto de ideas sobre la naturaleza. Si fuese así, sus orígenes serían muy remotos, vinculados al surgimiento de la capacidad de pensamiento abstracto, hace decenas de miles de años. Pero lo nuevo en ciencia es la estructuración del método de pensamiento y eso tiene menos de 500 años.

En esta sección comentaremos brevemente cuando y como empezaron los humanos a ir más allá de la actividad práctica, cuyo propósito es resolver problemas y sobrevivir y que genera conocimiento como consecuencia; y cuando comenzaron a plantearse trabajar con el fin explícito de generar conocimiento nuevo; y cuando empezaron a construir instituciones con ese fin.

Esta discusión tiene imprescindibles conexiones con la filosofía.

Conocer sobre el mundo, pensar sobre él e intentar aplicar esos conocimientos es algo que los humanos han hecho durante milenios.

No obstante, en este libro al hablar del método científico nos concentraremos en la forma en que este empezó a construirse en el siglo xvii y maduró en el siglo xix, y al hablar de la institucionalidad para la ciencia nos concentraremos en fenómenos del siglo xx.

También, por nuestro inevitable sesgo cultural, estaremos hablando de los procesos cognoscitivos como se dieron en el llamado "mundo occidental", heredero de la cultura antigua grecolatina. Procesos equivalentes ocurrieron en China y en el mundo islámico, pero ellos no serán tratados en este libro.

En la región del mundo que estudiaremos, el método científico comienza a tomar forma y a ganar espacio después del Renacimiento (siglo xv) y del surgimiento luego del Racionalismo (representado por Descartes en el siglo xvii), y del Empirismo (representado por las ideas de Locke en el siglo xviii). Esas escuelas filosóficas se combinan y cristalizan más adelante en el Positivismo de los siglos xix y xx, que es el marco filosófico

del método científico como lo conocemos hoy en las ciencias denominadas naturales (física, química, biología, geología, astronomía y otras).

Las maneras de pensar también tienen una "historia", en la que ocurren revoluciones intelectuales.

Hasta el siglo xiv la interpretación del mundo estuvo dominada por la religión y la autoridad religiosa era la fuente de conocimiento.

En los siglos xv y xvi un florecimiento cultural originado en Italia y extendido rápidamente por Europa, que hoy conocemos como el Renacimiento, trajo una nueva fe en el ser humano y sus capacidades. Implicó una nueva valoración del humanismo de la antigüedad, y un redescubrimiento de la ciencia empírica de Grecia y Roma. La invención de la imprenta en 1440 potenció la difusión de las ideas.

Francis Bacon (1561-1626) inició en Inglaterra la rebelión intelectual contra la idea de que la autoridad de los clásicos era la única fuente válida de conocimiento, y clamó por una separación entre la "filosofía natural" (que equivale a lo que hoy llamamos ciencia) y la religión. Introdujo el método inductivo, es decir, la construcción de generalizaciones tentativas a partir de la observación de las particularidades del mundo real, generalizaciones que deberían ser siempre verificadas por experimentos.

En el pensamiento escolástico precedente la verdad se obtenía de manera deductiva, a partir de textos clásicos escritos por autoridades, especialmente religiosas. Decía Tomás de Aquino en el siglo xiii que "[...] la razón es la imperfección de la inteligencia".¹

A partir de la revolución intelectual del siglo xvii, la fuente de conocimiento ya no sería la autoridad, sino la observación. De estas observaciones la razón humana extraería ideas generales, conducentes a predicciones, las cuales serían a su vez verificadas por la observación de la realidad. Las observaciones astro-

¹Citado por Frei Betto en: La crisis civilizatoria y el papel de la ética. <https://culturayresistenciablog.wordpress.com/2017/07/14/la-crisis-civilizatoria-y-el-papel-de-la-etica-por-frei-betto/>

nómicas de la época condujeron a una “concepción relojera” del mundo, que implica reconocimiento de la existencia de leyes naturales objetivas.

Dos corrientes filosóficas paralelas se desarrollaron más adelante, en el siglo XVII. El Racionalismo, representado por Descartes (1596-1650) y su obra principal *El Discurso del Método*,¹ estableció una nueva confianza en la razón humana, y se convirtió en el método filosófico que por más de 300 años ha sostenido el progreso de las ciencias. El Racionalismo propone que la naturaleza tiene una estructura lógica, accesible al pensamiento humano. Estas ideas coincidieron con la introducción de métodos matemáticos en la filosofía, como se puede apreciar en la obra de Baruch Spinoza (1632-1677) y del propio Renato Descartes (creador del sistema de coordenadas llamadas en su honor “coordenadas cartesianas”, que todavía hoy es nuestra principal herramienta de representación cuantitativa de las relaciones entre los hechos). El Racionalismo floreció principalmente en Europa continental.

Al mismo tiempo en Inglaterra surgió la corriente de pensamiento que hoy denominamos Empirismo, asociada a los filósofos John Locke (1632-1704) y George Berkeley (1685-1753), y años más tarde a otro británico, John Stuart Mill (1806-1873). Los empiristas conciben la mente humana como un papel en blanco (“tabula rasa”) sobre el que se escriben las experiencias proporcionadas por los sentidos, y consideran a estos, los sentidos, como la única fuente de conocimiento.

La razón y la experiencia, que constituyen las bases de ambas corrientes filosóficas, son dos facetas de la rebelión del espíritu humano contra los dogmas religiosos, y solo son contradictorias en sus formulaciones extremas y mutuamente excluyentes, formulaciones que frecuentemente surgen a posteriori, más allá de lo propuesto por los filósofos fundadores.

¹R. Descartes: *El discurso del método para dirigir bien la razón y buscar la verdad en las ciencias*, Ed. Leyde, Leiden, 1637.

Un hito relevante en este período fundacional de la ciencia moderna fue la obra de Isaac Newton (1642-1727). Universalmente consagrado por sus contemporáneos (y por la posteridad) como el profeta del pensamiento científico, formuló en 1687 la ley de la gravedad, que lo haría célebre. Su enfoque fue esencialmente inductivo: “no se pueden conocer las propiedades del cuerpo sino por la experiencia [...] no se puede ni confrontar fantasías con experiencias, ni alejarse de las analogías de la naturaleza que se parece siempre a sí misma”.¹

Newton vivió en la misma época histórica que Descartes. *El Discurso del Método*, de Descartes, se publicó en 1637, y los *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis*, de Newton,² en 1687. Ambos pensadores ilustran los extremos de la filosofía científica de la época: Descartes, con un enfoque deductivo, creía más en las virtudes de la lógica que en los hechos transmitidos por los sentidos; Newton, con un enfoque inductivo, enseñaba que la teoría científica debe basarse en una experimentación rigurosa; pero ambos pensadores partían de reconocer que el comportamiento de la naturaleza tiene leyes, y que estas son accesibles al conocimiento humano.

Ya en el siglo XIX, la corriente conocida como Positivismo, y representada por Augusto Comte (1798-1857), contiene elementos de ambos sistemas filosóficos precedentes, y se basa en el concepto de “lo positivo” como aquello que es real, lo fenoménico dado al sujeto, y que tiene las características de ser útil, cierto, preciso y constructivo. La razón aplicada está en la base de la conquista del conocimiento.

El objetivo de la razón aplicada es explicar las causas de los fenómenos por medio de leyes generales, obtenidas de forma inductiva a partir de los datos de la realidad.

¹R. Passet: *Las grandes representaciones del mundo y la economía a lo largo de la historia*, Editora Clave Intelectual S.L., Madrid, 2012.

²I. Newton: *Philosophie naturalis principia mathematica*, 1726. <https://archive.org/details/newtonspmathema00newtrich>

Combinando el pensamiento inductivo, que extrae regularidades y leyes a partir de los datos empíricos, con el pensamiento deductivo, que extrae explicaciones y predicciones sobre los fenómenos reales a partir de leyes generales, es que se va conformando el método de la ciencia moderna, el cual fue sintetizado así por Albert Einstein (1879-1955): "El gran propósito de toda la ciencia es cubrir la mayor cantidad de hechos empíricos por deducción lógica a partir de la menor cantidad de hipótesis y axiomas".¹

Las ideas que vamos a discutir en este libro sobre el método científico y sus funciones en la sociedad humana parten de esta posición filosófica que asume la existencia de una realidad objetiva, exterior al ser humano, y que esta puede ser progresivamente conocida. La base de todo es la objetividad y la cognoscibilidad del mundo. Sobre esta base está construida la ciencia en el mundo de hoy.²

Ciertamente coexisten en nuestro siglo XXI debates sobre la objetividad del conocimiento científico y el peso de factores subjetivos en su construcción, así como sobre los límites de la capacidad predictiva de la ciencia. Algunas de estas polémicas se presentarán en el capítulo siguiente, pero su relevancia para las tareas concretas de la sociedad cubana actual, por el momento, es escasa.

Concentrémonos entonces en darle una mirada a cómo funciona la ciencia del mundo natural, objetiva y racional, que es la base del desarrollo tecnológico.

El método científico como forma de pensar

Aunque existen contribuciones mayores (Bacon, Descartes, Newton, Comte, Popper) es imposible atribuir a un pensador

¹A. Einstein. https://www.brainquote.com/quotes/albert_einstein_112012

²M. Bunge: *La investigación científica*, Ed. Siglo XXI, México, 2000.

individual lo que hoy conocemos como "el método científico". La descripción de los procesos intelectuales por los que ocurre la exploración sistemática de la realidad en busca de nuevos conocimientos fue madurando paso a paso, guiada principalmente por los avances de la física. Intentemos describir, en los términos de hoy, como es que funciona el pensamiento del científico.

Partiendo de la definición de la ciencia como actividad intencional estructurada para producir conocimiento nuevo, ¿cómo es que esa producción de conocimiento ocurre?

Como veremos de inmediato, lo principal no está en los instrumentos con los que se explora la realidad, sino en el método de pensamiento con el que primero se concibe como abordar el problema que queremos estudiar, luego se ejecutan las acciones que toda investigación (incluso las teóricas) conlleva y finalmente se procesa la información que obtenemos.

Dado que la actividad de creación de conocimiento en la ciencia es intencional, el científico parte de un problema concreto que atrae su atención, y que no se puede resolver fácilmente a partir de la experiencia y de los conocimientos ordinarios existentes.

En el capítulo siguiente hablaremos de los sesgos (y determinantes externos) que ocurren en el proceso de selección del problema a estudiar, pero por el momento asumamos que el científico tiene en sus manos un problema relevante cuya solución no está en el conocimiento precedente.

Invitémos al lector a ir construyendo su propio ejemplo derivado de los problemas que enfrenta en su campo de trabajo concreto.

Un paso previo a cualquier investigación es estudiar el conocimiento precedente, relevante al tema que estamos abordando, evitando así trabajar para redescubrir lo que ya se sabe. Este paso imprescindible hace que se identifique al científico como un estudioso, a veces un erudito. Ello es cierto, pero solo parcialmente cierto, pues ese estudio del conocimiento previo no es un fin sino un punto de partida. Con frecuencia encontramos

un uso muy amplio del concepto de investigación, que se aleja de la investigación científica como fuente de conocimiento nuevo. Cuando exploramos la literatura con el fin de aprender lo que ha sido ya estudiado y publicado sobre un tema, lo que hacemos es informarnos del conocimiento existente en un campo. Este conocimiento puede ser novedoso para quien lo "descubre" cuando lo lee por primera vez, pero para la ciencia no es novedoso, y por tanto, al enterarnos de su existencia no hacemos ningún descubrimiento real. Ciertamente, la primera etapa de toda investigación científica es la revisión del conocimiento precedente sobre el tema; lo que a veces se denomina investigación bibliográfica y que, acotada de esta forma expresa correctamente y con claridad su alcance. La diferencia entre el "estudioso" y el científico, es que este último parte del conocimiento previo, pero sigue adelante, hacia la construcción de conocimiento nuevo.

Una vez situados en la frontera del conocimiento, es decir, habiendo identificado aquello que no es conocido y queremos conocer, podemos formular con la mayor precisión posible una pregunta científica. La ciencia avanza formulando preguntas relevantes y respondiéndolas. En el campo que hemos definido para la ciencia en este texto (las ciencias naturales), las preguntas más útiles son aquellas que se responden con una medición (¿cuál es la incidencia actual de la enfermedad X?, ¿cuál es la composición química del suelo en este lugar?), o con un "sí o no" (¿trasmite este mosquito la fiebre amarilla?, ¿es esta planta una especie diferente?, ¿tiene la luz propiedades de partícula?).

Nuestras aspiraciones de conocimiento muchas veces están formuladas de manera imprecisa (Quisiera conocer cómo controlar la epidemia de X...). Las preguntas formuladas de manera imprecisa son interesantes, incluso muchas veces reflejan pensamiento creativo, pero son poco útiles para guiar la obtención de conocimiento nuevo. En la medida en que las preguntas muy abarcadoras puedan ser transformadas en preguntas menos abarcadoras, pero más específicas, se facilita la tarea de

concebir como responderlas. Para poder definir el objeto de estudio y decidir los datos nuevos que hay que buscar, suele ser necesario descomponer el problema (la gran y compleja pregunta) en varios componentes, y luego traducir cada componente en preguntas relevantes y susceptibles de ser respondidas.

Como veremos más abajo, la clave de la creatividad del científico está en su capacidad para formular buenas preguntas.

En el Consejo Científico del Centro de Inmunología Molecular hacemos desde hace años todos los meses de enero el ejercicio de definir y discutir cuáles son las preguntas que deben ser respondidas por los experimentos previstos para el año.

Supongamos por ahora que ya tenemos una buena pregunta. En el paso siguiente, aunque no todas las ramas de la ciencia funcionan exactamente de la misma manera, nos aventuramos a establecer una hipótesis, es decir, una posible respuesta a la pregunta que nos hemos planteado. Una buena hipótesis tiene tres atributos:

1. Debe ser formulada de forma **clara**.
2. Debe ser **evaluable**, es decir, debe ser posible de comprobar con una observación o con un experimento.
3. Y debe ser **refutable**, o sea, debe tener la posibilidad de ser falsa.

Una hipótesis es buena no porque sea verdadera, sino porque conduzca a observaciones o experimentos que la acepten o la rechacen y de esa forma hagan avanzar el conocimiento. Una hipótesis precisa y medible que, como resultado de la investigación, resulte ser falsa, amplía nuestro conocimiento: ya sabemos que las cosas NO son así. Paul Ehrlich (1854-1915) realizó 605 experimentos antes de encontrar un producto utilizable para el tratamiento de la sífilis.

Para ser evaluable, la hipótesis debe estar planteada en términos operacionales, lo que significa que los conceptos que contiene puedan ser traducidos en variables medibles. Este proceso se conoce como "operacionalización".

Una hipótesis como "el rendimiento de la cosecha X depende de la calidad del suelo" no es una buena hipótesis porque no está expresada en términos operacionales. El concepto "rendimiento de la cosecha" es directamente operacional, pues se traduce en toneladas/hectárea, pero el concepto "calidad del suelo" no es directamente medible: hay que operacionalizarlo. Digamos entonces que el rendimiento depende del contenido de nitrógeno del suelo, y ya tenemos una hipótesis evaluable.

Dicho así, puede parecer algo muy obvio, pero en la realidad hay muchos proyectos de trabajo científico y de Tesis que deben ser rechazados porque no contienen preguntas precisas ni hipótesis evaluables.

La hipótesis debe tener la posibilidad del ser falsa. Una hipótesis del tipo "la salud de la población depende de la calidad del medio ambiente" es una mala hipótesis porque no puede ser falsa: Siempre va a ser verdadera en una u otra medida. El enunciado puede ser una verdad, pero esa hipótesis no es un buen instrumento para trabajar. Digamos mejor: "la prevalencia de asma depende del contenido de partículas sólidas por metro cubico de aire". Aquí si tenemos una hipótesis directamente evaluable, y que puede ser cierta o falsa, es decir, es una hipótesis potencialmente "falseable".

La ciencia avanza así formulando hipótesis e intentando refutarlas.

Este concepto, conocido como "racionalismo crítico" fue elaborado por el filósofo austriaco Karl Popper (1902-1994) en su libro *La Lógica del Descubrimiento Científico* (1934), en el cual propuso que una teoría es científica solamente si es refutable mediante datos empíricos.¹ La fuerza de una teoría radica en que, teniendo la posibilidad de ser refutada por experimentos y observaciones, no lo ha sido aún por los datos empíricos disponibles. La "falseabilidad" o "refutabilidad" es un concepto muy importante en la filosofía de la ciencia. La falseabilidad es así

¹K. Popper: *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson, Londres, 1959.

el criterio de demarcación que define si una teoría pertenece al campo de la ciencia o cae fuera de él. Popper consideraba como el problema fundamental de la filosofía de la ciencia esta demarcación que distingue lo que es ciencia, y lo que no lo es.

Frecuentemente una hipótesis se evalúa a través de sus predicciones. La hipótesis de que el mosquito *Aedes aegypti* transmite la fiebre amarilla predice que las zonas de mayor presencia del mosquito coinciden con las de mayor incidencia de la enfermedad, predice que personas sanas expuestas al mosquito deben contraer la enfermedad, y predice que el control del mosquito reduce la epidemia. Todo eso se puede medir. Fue lo que hizo Carlos Juan Finlay (1833-1915).

Las mediciones que verifican o niegan las predicciones de una hipótesis hay que planificarlas cuidadosamente. Pueden ser relativamente simples (una encuesta a la población), o pueden requerir complicados instrumentos de medición (por ejemplo, para detectar la presencia de ADN de un virus).

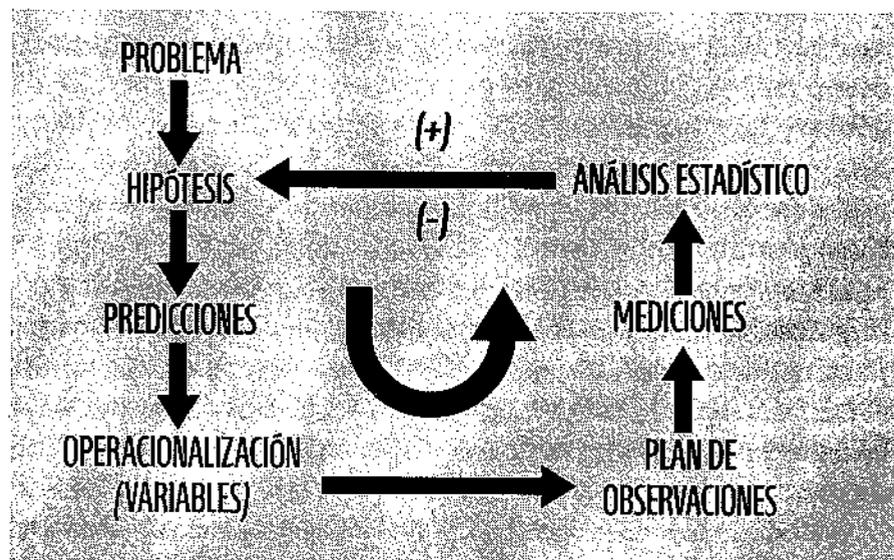
De las mediciones se sale con un conjunto de datos, y frecuentemente esos datos deben ser analizados con la ayuda de métodos estadísticos.

Los métodos estadísticos en la investigación científica pueden ser muy complejos, pero la idea básica que encierran es simple: controlar el efecto del azar. Por ejemplo, siempre que evaluemos las diferencias en la evolución de pacientes bajo un tratamiento u otro, o los rendimientos de cosechas con una u otra fertilización, obtendremos conjuntos de datos que numéricamente serán diferentes para las dos condiciones estudiadas. Y entonces surge una pregunta de gran trascendencia para la investigación: si esa diferencia es atribuible al azar o si es consecuencia del efecto que estamos buscando. Para responder a esa pregunta es que sirve la estadística.

Las mediciones, y su análisis estadístico, verifican o niegan las predicciones que hicimos, y nos conducen a aceptar o rechazar la hipótesis inicial. A partir de ahí hay que hacer una nueva hipótesis (si la anterior es falsa) o refinar aquella que

hemos comprobado; y repetir todo el proceso una y otra vez, de la pregunta a la hipótesis, de ahí a las predicciones, a la operacionalización de las variables de la hipótesis, al plan de observaciones, a las mediciones, a los datos, y al análisis e interpretación de estos.

Es lo que conocemos como el ciclo básico de la investigación científica, el cual podemos representar gráficamente así:



A veces una parte importante del esfuerzo del científico se invierte simplemente en medir algo, o describir algo, labor donde no siempre se hace explícita una hipótesis. No obstante, el esquema que hemos descrito más arriba se puede identificar con mayor o menor nitidez en la mayoría de las investigaciones científicas, y especialmente en las ciencias biológicas.

Nótese que en la descripción del método científico no aparece en ninguna parte el requerimiento de instrumentos complejos con los que la imagen popular asocia el trabajo del científico. Los instrumentos solamente entran a jugar en el paso de las mediciones, pues hay variables que requieren instrumentación para ser medidas. Pero lo esencial no está ahí, sino **en el método de pensamiento.**

En la literatura científica, que como todas tiene piezas buenas y malas, se puede encontrar excelentes piezas de descubrimiento científico y metodología rigurosa hechas con instrumentos sencillos, o incluso con ningún instrumento. Y también existen reportes de investigaciones con instrumentos complejos y costosos, pero realizadas con una metodología de pensamiento y diseño de observaciones tan deficiente que no permite llegar a conclusiones.

Esta diferencia entre método de pensamiento e instrumentación tiene una enorme trascendencia práctica. Para la difusión al alcance de todos de los complejos instrumentos, que ciertamente son útiles y necesitamos, tenemos limitaciones por su elevado costo; pero el método científico de pensamiento, la manera de organizar la observación de la realidad y de interpretar las observaciones, es una adquisición de la cultura y ésta debe estar al alcance de todos.

La cultura de pensamiento científico debe convertirse cada vez más en un rasgo distintivo de la cultura cubana, conjuntamente con sus muchos otros componentes.

Estudios observacionales y estudios experimentales

El ciclo de pensamiento científico que hemos descrito puede aplicarse en dos variantes: los estudios OBSERVACIONALES y los estudios EXPERIMENTALES. La diferencia consiste en que en los primeros el investigador no controla las variables que mide, simplemente observa su valor y trata de descubrir asociaciones entre ellas. Es lo que hacemos cuando exploramos por ejemplo que la obesidad es un factor de riesgo del infarto. Los médicos no inducen a nadie la obesidad, y mucho menos el infarto; simplemente "observan" que entre los obesos ocurren más infartos que entre las personas con peso normal.

En los estudios experimentales por el contrario, el investigador controla al menos una de las variables a voluntad. Es lo que hacemos cuando sometemos un grupo de conejos a una dieta rica en lípidos, y luego comparamos la aterosclerosis en sus

arterias con otro grupo de conejos que no ha recibido esa dieta. Aquí la variable "dieta rica en lípidos" no viene dada en la naturaleza, sino que la impone el experimentador.

Los estudios observacionales no pueden hacer conclusiones sobre cuáles son los efectos de ciertas causas, es decir, no permiten definir si un fenómeno que observamos es la consecuencia de otro. En términos científicos esto se expresa diciendo que no podemos concluir **causalidad**, sino solamente **asociación**. No podemos deducir de estos estudios que el fenómeno X es la causa de Y, sino solamente descubrir que generalmente cuando X ocurre también se detecta Y, o sea, que X y Y están de alguna forma asociados.

Se comprende mejor esta limitación con un ejemplo absurdo: si estudiáramos la relación entre la incidencia de caries dentales y la incidencia de malaria, probablemente encontraremos una relación entre ambas mediciones: coincide que donde hay más malaria hay también más caries dentales. En el lenguaje de la ciencia, se detecta una asociación positiva. Sin embargo, a nadie se le ocurriría pensar que las caries son la causa de la malaria. Es obvio que la relación existe, porque ambas patologías se dan con más frecuencia en los países muy pobres, aunque responden a mecanismos diferentes.

Con un ejemplo absurdo como este la distinción entre asociación y causalidad es muy clara, pero en la vida real ocurren muy frecuentemente errores científicos derivados del intento de concluir causalidad a partir de observaciones que solamente permiten identificar asociación.

La mayoría de las investigaciones científicas, observacionales o experimentales, termina realizando una de estas tres funciones básicas en el oficio del científico:

1. Hacer **mediciones**, es decir, cuantificar un fenómeno.
2. Descubrir **asociaciones** entre variables o entre fenómenos aparentemente inconexos.
3. Evaluar **intervenciones**, es decir, explorar con enfoque científico las consecuencias de la acción humana sobre un proceso natural.

Revise el lector los proyectos de investigación o trabajos de Tesis que conozca en su campo concreto y verá que casi todos ellos pueden reducirse al esfuerzo de medir algo, estudiar la asociación de una cosa con otra, o evaluar si tal intervención funciona. Eso es lo que los científicos saben hacer.

La interacción entre creatividad y rigor metodológico

Si el método científico tal como lo hemos descrito en la sección precedente, es una secuencia de pasos que se puede aprender y aplicar por cualquier persona, ¿cómo es entonces que no hay millones de científicos destacados descubriendo novedades? ¿Por qué el número de científicos muy productivos es reducido, y otro grupo muchísimo mayor de científicos que también conocen el método, aportan pocas contribuciones novedosas al conocimiento?

Hay al menos tres explicaciones posibles para esto:

1. La creatividad.
2. El dominio del conocimiento pretérito.
3. La motivación.

Vamos a discutir las tres.

El método de pensamiento científico que hemos descrito en el esquema de la sección precedente se refiere a cómo una pregunta científica puede ser respondida, pero no nos dice nada sobre como esa pregunta es formulada por primera vez. La formulación de una buena pregunta es la base de la creatividad del científico, y no hay método para eso. Es un fenómeno cultural.

La realidad objetiva contiene millones de preguntas posibles y de hipótesis posibles sobre sus respuestas. No hay manera de explorarlas todas, y el científico tiene que escoger, e inventar.

Ese momento creativo de plantearse la pregunta "¿no será que...?", es un instante de verdadera y fértil creación. Se parece a la chispa de ideas que está en la base también de la creación

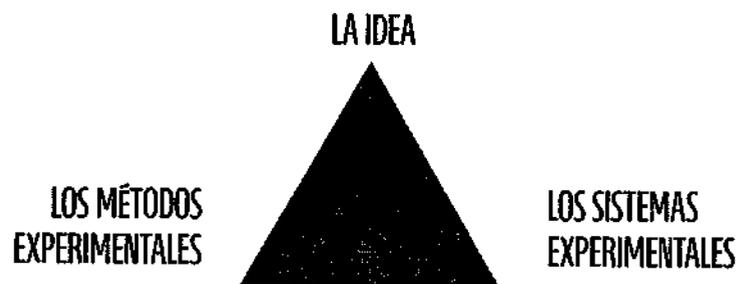
artística, de la originalidad política, y de todas esas circunstancias donde un hombre está viendo lo que todo el mundo ve, pero piensa lo que nadie antes ha pensado.

Es la imagen popularmente capturada en la historia (contada en 1752 por el biógrafo y amigo de Newton William Stukeley) de que Newton comenzó a pensar en la gravitación universal cuando vio caer una manzana. ¿Por cuantos milenios los humanos han estado viendo frutos que caen? Pero solamente en uno de ellos esa observación le condujo a pensar en la existencia de un principio universal de atracción entre los cuerpos con masa.

Hay cientos de anécdotas como esa, muchas de ellas contadas por los propios científicos, como la historia narrada por el propio químico alemán Augusto Kekulé (1829-1896), según la cual una imagen vista en un sueño lo condujo a una idea original sobre la estructura de la molécula de benceno, en la que los electrones se mueven de un enlace químico a otro. La idea luego habrá que comprobarla con un riguroso método científico, pero la idea ya surgió.

Subrayemos que una nueva idea no se expresa solamente por una intuición novedosa sobre como es el fenómeno que se estudia. También hay creatividad en la aplicación de métodos nuevos a un problema viejo, o en el estudio de determinado fenómeno en un sistema experimental (un tipo de célula o animal diferente, por ejemplo) diferente al que se había venido empleando en los estudios anteriores.

La creatividad científica reside en el triángulo dado por la nueva idea, los nuevos métodos y los nuevos sistemas experimentales, y la combinación de estos. Es lo que llamamos "el triángulo de la creatividad".



Obviamente, la formulación de una idea creativa que promete abrir nuevos caminos hacia el conocimiento es apenas un punto de partida: después tiene que venir la evaluación de la idea con todo el rigor del método científico.

La formulación de la idea tiene que ser clara y conducir a una hipótesis medible y falseable, y esta debe ser descompuesta en variables medibles y evaluada en observaciones hechas con todo rigor, y en un serio análisis de los datos. Ese es el método, pero la idea de partida tiene que ser una buena idea. El método potencia al talento, pero no lo sustituye.

En este tema una vez más los cubanos contamos con las geniales ideas de José Martí. Sobre esto dijo: "Toda ciencia empieza en la imaginación y no hay sabio sin el arte de imaginar, que es el de adivinar y componer. La imaginación es como una iluminadora, que va delante del juicio, avivándole, para que vea lo que investiga".¹

Señalábamos en la sección anterior que es posible (y lamentablemente hay muchos ejemplos incluso publicados en revistas científicas) que se hagan mediciones con complejos instrumentos de alta precisión, pero en el marco de un diseño metodológico deficiente. Pero, por otra parte, la aplicación de un diseño metodológico riguroso y adecuado no garantiza que el fruto de la investigación represente una contribución relevante al conocimiento. Pueden existir diseños metodológicos muy rigurosos, ejecutados con tecnología de punta, pero que resultan inútiles si se aplican a evaluar una mala idea, o una idea irrelevante.

Es por ello que hay dos criterios de valor para un proyecto científico: Uno es su rigor metodológico (también llamado valor intrínseco), es decir cuan riguroso ha sido el método para evaluar una hipótesis. El otro es su pertinencia (o valor extrínseco) que se relaciona con cuan relevante y original es la idea de partida para hacer avanzar el conocimiento.

¹J. Martí: *Obras Completas, Edición Crítica*, t. 19, Centro de Estudios Martianos, La Habana, 2011, p. 300.

Imaginemos que queremos encontrar la manera de curar el sida. Ahora mismo, en la próxima hora, cualquier lector puede tomar un papel y escribir al azar 200 ideas posibles: cualquier componente de las muchas plantas que vemos a nuestro alrededor, cualquier aumento o disminución de los muchos componentes de nuestra dieta, cualquier combinación de productos químicos conocidos. El imaginario "científico" no podría nunca evaluarlas todas y deberá escoger una. Si domina el método y tiene los instrumentos, podría evaluarla con un rigor metodológico impecable, pero lo más probable es que se desgaste evaluando una idea inservible.

Lo contrario también puede ser cierto: una buena idea, pero que se pretende evaluar por ejemplo en una serie de pacientes pequeña y heterogénea, sin las necesarias mediciones de laboratorio, sin un grupo control comparable, con datos clínicos mal recogidos. Tendríamos una buena idea destruida por una mala metodología de investigación.

Esa capacidad cultural de producir ideas creativas y pertinentes es la base de la originalidad y la productividad del científico; pero esas ideas no surgen de la nada, sino que se apoyan en el conocimiento existente sobre el tema que se estudia. Hay que estudiar lo que ya ha sido descubierto sobre el tema y no hay atajos para eso. Son horas, cientos de horas, de estudio y debate. El ser humano (incluso el ser humano más creativo) piensa siempre apoyándose en lo que han pensado otros.

Por supuesto que un erudito, que conoce todo lo que se ha dicho y escrito, no es necesariamente un científico creativo. La acumulación de conocimiento pretérito puede incluso en algunos casos inhibir la creatividad, cuando ese conocimiento no ha sido asimilado críticamente y trasmite al lector que lo asume los mismos prejuicios y sesgos que pueden haber limitado a los pensadores precedentes, o cuando contiene una mezcla confusa de elementos esenciales y fenómenos de escasa importancia.

El exceso de datos irrelevantes puede convertirse en una forma de ignorancia; y esto es un llamado de alerta imprescindible en la era de Internet.

No obstante esta alerta, el estudio del conocimiento precedente es siempre imprescindible.

Ello nos lleva al tercer factor determinante de la productividad del científico: la motivación. Suelen ser necesarias muchas horas de estudio y pensamiento para concebir una buena idea, y muchas horas de trabajo para evaluarla colectando y procesando los datos necesarios. Las veces en que un experimento sale mal suelen ser muchas más de las veces en que sale bien, y el científico debe tener una sólida resistencia ante la frustración, e insistir una y otra vez. Es mucho trabajo, y eso demanda mucha motivación. Los científicos más productivos no son siempre los más inteligentes, sino principalmente los más motivados. Quienes hemos vivido años en el mundo de la investigación científica conocemos muchos ejemplos de inteligencias brillantes que han resultado improductivas por falta de motivación, de organización mental, de concentración y de constancia. Son los diletantes de mucho conocimiento, pero de pensamiento disperso y acción negligente, muy agradables para una conversación de un par de horas, pero nada más. Los lectores seguramente conocen unos cuantos de éstos.

Investigación básica y aplicada: el gradiente continuo de predictibilidad

La polémica entre las ciencias básicas y las ciencias aplicadas es tan vieja como estéril. Cuando el objetivo de la actividad científica es aumentar nuestro conocimiento sobre el mundo material, y no sabemos a priori como este conocimiento va a influir en la vida y el trabajo de los seres humanos, hablamos de investigación básica. Cuando investigamos para conocer maneras de incrementar nuestra productividad o nuestro bienestar, calificamos esa tarea como "ciencia aplicada".

También hay un criterio de diferenciación entre ambos tipos de investigación científica, según quien juzga la validez de esa investigación. La investigación básica es usualmente juzgada

por la propia comunidad científica, proceso evaluativo este que se conoce como "revisión de pares".

En el otro extremo, las investigaciones aplicadas son juzgadas por una comunidad diferente: la de aquellos que deben aplicar sus resultados. Así, la relevancia de los hallazgos de los bioquímicos sobre el metabolismo celular y su control, por ejemplo, será evaluada por los bioquímicos mismos (sus "pares"); pero si se trata de descubrir un medicamento contra un blanco metabólico dado, el valor de esa investigación será juzgado por la comunidad médica y farmacéutica.

El intento de clasificación de las investigaciones entre "básicas" y "aplicadas", reiterado en muchos manuales y procedimientos administrativos, se vuelve estéril pues no existen tales "clases". Lo que existe es un gradiente continuo de predictibilidad de los resultados.

En el extremo de la investigación básica, cuando comenzamos un proyecto generalmente no podemos predecir cuáles serán los resultados. Empezamos con una hipótesis, pero los resultados experimentales pueden contradecirla o llevar a hallazgos totalmente inesperados. También suele ser impredecible el valor práctico del conocimiento generado. Se cuenta la historia de que el famoso físico Ernest Rutherford (1871-1937), uno de los fundadores de la física nuclear, dudaba de la posibilidad de explotar de manera práctica la energía del núcleo atómico.

Cuando nos adentramos en proyectos de investigación aplicada pensamos que el conocimiento anterior en que nos basamos nos permite predecir con suficiente probabilidad que "tal cosa funcionará", y entonces vamos a verificar con rigurosa metodología científica, si funciona o no.

Así se produce un gradiente continuo entre la llamada investigación básica cuyos resultados son mayormente impredecibles, y lo que identificamos como investigación aplicada, en la que el conocimiento precedente permite anticipar en cierta medida los resultados que se pueden obtener, aunque siempre hay que verificar que realmente se obtienen. Pero nadie puede establecer

una frontera nítida entre una y otra; y ni los proyectos básicos, guiados por la curiosidad, carecen totalmente de ideas *a priori* sobre el resultado que se obtendrá, ni los proyectos aplicados cumplen siempre sus predicciones.

Por eso escuché una vez decir al Premio Nobel argentino Cesar Milstein (1927-2002; inventor de la tecnología de anticuerpos monoclonales) que: "no existe una separación entre ciencias básicas y aplicadas; sino una separación entre buena ciencia y mala ciencia".

La conexión entre ciencia y tecnología

La importancia creciente que los Estados y las empresas comienzan a darle a la ciencia a partir de aproximadamente la mitad del siglo xx se debe al cambio de relaciones entre ésta y la tecnología.

Como hicimos más arriba con la ciencia, para avanzar en esta discusión necesitamos definiciones que nos sirvan de instrumento. Más arriba definíamos que el término "ciencia" proviene de palabra en latín *scientia*, que significa conocimiento. Por su parte el término "técnica" deriva del vocablo griego "*techne*" que significa habilidades, y entonces entenderíamos el término "tecnología" como el conocimiento sobre las habilidades. Pero independientemente de los orígenes etimológicos de una palabra, el significado que se le asigna suele evolucionar con el tiempo, y de forma diferente en los diferentes idiomas y culturas. Así es que el término "ciencia" no se usa hoy para cualquier conocimiento sino para el conocimiento sistemático, objetivo y verificable, que se obtiene mediante un método estructurado que hemos descrito en las secciones precedentes.

Los términos técnica y tecnología también han evolucionado, y no cubren exactamente lo mismo en los distintos idiomas, y la delimitación de las habilidades humanas que se consideran "tecnológicas" suele ser bastante arbitraria. Lo más común es que la palabra "tecnología" se refiera a instrumentos, maquinarias y procedimientos para producir objetos materiales.

También hay estudiosos del tema que distinguen los conceptos de técnica y tecnología, restringiendo el concepto de "técnica" a un conjunto de reglas o procedimientos prácticos para hacer algo, el resultado de la puesta en práctica de conocimientos obtenidos empíricamente, y preservando el término "tecnología" para "el conjunto de conocimientos propios de un oficio o arte industrial" (definición del diccionario), una especie de "ciencia de la industria".

Para los propósitos de esta sección podemos asumir los conceptos de técnica y tecnología como intercambiables, sin entrar en polémicas filosóficas sobre ellos. El tema en esta sección son las relaciones, y el cambio en las relaciones, entre la ciencia (las acciones estructuradas para obtener conocimiento nuevo) y la Técnica (las reglas y procedimientos para resolver un problema práctico).

Históricamente, hay muchas circunstancias en que la técnica ha precedido a la ciencia. El arado, el molino de viento, la carpintería artesanal, el bronce e incluso el acero, y la máquina de vapor, fueron innovaciones que cambiaron el modo de vida de la gente, y la historia misma, pero que no fueron derivadas de ningún cuerpo organizado de resultados de la investigación científica. Hasta el siglo xvii la técnica claramente precedía a la ciencia, y le aportaba a esta fenómenos para investigar y explicar, e instrumentos para ello.

Era lo usual, aunque siempre hubo ejemplos descolantes de sabios como Leonardo Da Vinci (1452-1519) que hicieron aportes tanto a lo que hoy consideramos ciencia, como a lo que definiríamos mejor como tecnologías.

En algún momento posterior, difícil de situar en una fecha precisa, la relación entre la ciencia y la técnica se empezó a invertir y ahora es para todos evidente que muchas tecnologías de la ingeniería moderna dependen de las matemáticas y la física, que el desarrollo de la electrónica se apoyó en investigaciones básicas sobre rayos catódicos, que el hardware de las computadoras actuales utiliza los conocimientos de la física del

estado sólido, que la agricultura hace uso de la genética, y la lista de ejemplos pudiera ser mucho mayor.

Esta inversión de la relación entre ciencia y tecnología ocurre en momentos diferentes para cada rama de la ciencia y de la industria, pero aun en esa diversidad, se reconoce claramente que a partir de comienzos del siglo xix el flujo principal de conocimientos ha ido de la ciencia hacia la tecnología, y de esta hacia la producción.

La relación no es siempre unidireccional, y frecuentemente la técnica y sus aplicaciones prácticas le aportan a la ciencia problemas a investigar, e instrumentos para hacerlo.

Esta relación recíproca entre ciencia y tecnología es la que hace a varios estudiosos del tema proponer que en el mundo de hoy está ocurriendo un proceso de "cientificización" de la tecnología e industrialización de la ciencia que diluye las diferencias entre una y otra, situación que se captura con el uso creciente del término "tecnociencia".

Los nombres de las instituciones no son neutrales, sino que suelen reflejar conceptos. Así, en nuestro propio país, Cuba, una de los movimientos de innovación más participativos pasó a llamarse en los años 1980 el Fórum de Ciencia y Técnica, y el organismo estatal rector se creó en 1994 con el nombre de Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), en un claro reconocimiento de la integración de la ciencia y la tecnología en un proceso continuo y bidireccional.

Esta integración se aprecia con claridad cuando se mira a la ciencia y la técnica en el mundo, globalmente, o cuando se estudian estos procesos en los países industrializados.

En los países subdesarrollados entra en la ecuación otro término, que es la asimilación de tecnología desde el exterior, tecnología que es producto de la investigación científica realizada en los países más avanzados, y no producto de la investigación propia. Pero aun en estos casos es cada vez más evidente que la asimilación inteligente de tecnología es imposible sin una base autóctona de investigación científica. Volveremos sobre este tema más adelante.

El proceso histórico de evolución de las relaciones entre la ciencia y la tecnología nos permite completar la apreciación del valor de una teoría científica ponderando dicho valor en tres planos:

1. Su **valor explicativo**, cuando una teoría científica nos proporciona explicaciones de observaciones hechas en un nivel de complejidad del mundo material, a partir de fenómenos de un nivel de complejidad menor. Es la principal función que tenía la ciencia en las etapas históricas cuando todavía no lograba colocarse por delante de la tecnología y se limitaba a ofrecer explicaciones racionales a lo que ocurría.
2. Su **valor predictivo**, cuando una teoría científica nos permite predecir, antes de observarlo, aquello que sucederá en la realidad, a partir de informaciones sobre los componentes de esa realidad. La capacidad de predicción es el sello distintivo del conocimiento científico, y difícilmente puede llamarse ciencia a una pieza de conocimiento que no permite predicciones que sean verificables independientemente.
3. Su **valor transformativo**, cuando una teoría científica nos permite intervenir sobre el mundo material y lograr los resultados deseados.

Estas tres funciones no se dan simultáneamente en todos los campos de la ciencia. Así, la teoría de la evolución de las especies, formulada por Carlos Darwin (1809-1892), tiene poder explicativo de lo que ocurrió cuando las especies existentes evolucionaron, pero tiene escaso poder predictivo sobre cómo van a evolucionar próximas especies; mientras que la tabla periódica de los elementos tal como la formuló inicialmente Dmitri Mendeleiev (1834-1907) tenía un enorme poder predictivo (tal es así que permitió predecir y descubrir elementos que no se conocían) pero escaso poder explicativo sobre porqué las propiedades de los elementos eran tales. Nuestros conocimientos de la física de la atmósfera tienen poder explicativo de los

fenómenos meteorológicos, y creciente poder predictivo, pero todavía limitado poder transformativo.

La ausencia o presencia de valor predictivo y transformativo, objetivamente comprobables, es lo que nos permite separar la pseudociencia y la superstición, del verdadero conocimiento científico. Es una demarcación que cada ciudadano culto debería ser capaz de hacer.

Conocimiento recombinante y ciencias de convergencia

La imagen de la ciencia generalmente se asocia a las "disciplinas científicas": los matemáticos, los físicos, los químicos, los biólogos, los genetistas, los cibernéticos, y la lista puede ser muy grande.

Esta organización por disciplinas la encontramos en las universidades hoy, y en su estructura por facultades y departamentos; y la vemos también en las Academias de Ciencias y en la organización interna de muchos centros de investigación.

Las disciplinas académicas son al mismo tiempo estructuras institucionales y nichos culturales; que reflejan una cultura académica que pone en primer plano el trabajo del científico individual orientado a hacer descubrimientos en un campo especializado del saber, y en segundo plano el trabajo en equipos multidisciplinarios orientados a la solución de problemas concretos.

Pero si miramos la evolución histórica de la ciencia, entendida como construcción intencionada de conocimientos, con una perspectiva de siglos, vemos que las cosas no han sido siempre así, y más aún, que tienden a dejar de ser así, es decir, que la estructura de la ciencia fragmentada en disciplinas corresponde a un período histórico concreto, una etapa de 400 años, pero etapa al fin.

El comienzo y el fin de esa estructura disciplinar responden al mismo fenómeno: la acumulación de conocimientos.

En las etapas fundacionales del pensamiento científico moderno, que según la descripción que hicimos en las secciones

precedentes hemos situado en el siglo xv, los conocimientos disponibles sobre diferentes aspectos del mundo natural (o incluso del mundo social) eran limitados y por ende era posible para una mente humana brillante acumularlos y comprenderlos todos, o casi todos. El ejemplo clásico, aunque no el único, es el de Leonardo Da Vinci, que sobresalió en campos muy diversos de las ciencias, la técnica y las artes. En esa época incluso las ciencias y las artes no se veían como actividades intelectuales separadas, y el término "arte" se aplicaba a la pintura, pero también a la tecnología. En el mundo actual es imposible que un solo hombre haga aportes en ramas tan distintas del saber.

Todavía en 1751 los enciclopedistas franceses intentaron reunir todos los conocimientos existentes. En el documento de presentación de *La Enciclopedia*,¹ Denis Diderot (1713-1784) explicaba que el objetivo era: "[...] reunir los conocimientos dispersos sobre la faz de la tierra, exponer el sistema general a los hombres con los que convivimos y trasmitirlo a los hombres que vendrán después [...]".

Y Jean D'Alembert (1717-1783) hablaba de reunir todos los conocimientos "en el espacio más pequeño posible y [...] situar al filósofo en un punto de vista bien alto, desde donde pueda percibir a la vez las ciencias y las artes principales [...]".

No era ya en esa época una tarea accesible al esfuerzo de un solo hombre, pero sí de un grupo pequeño de hombres, o al menos así lo creían quienes luego fueron conocidos como "los enciclopedistas".

La acumulación rápida de conocimientos hizo imposible tal intento y la ciencia comenzó a dividirse en especialidades. Dentro de cada una de ellas seguía siendo posible una visión de conjunto y los especialistas eran capaces de capturar el impacto que cada nueva pieza de conocimiento emergente tendría sobre su campo y sobre otros campos.

¹*L'Encyclopedie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Ed André Le Breton, Francia, 1751.

En el siglo xx se hizo evidente que los conocimientos en cada especialidad se acumulaban a una velocidad que sobrepasaba la velocidad de interpretación del impacto de estos en otros campos del saber, y aun dentro del mismo campo. Fue entonces que se comenzó a hablar de "proyectos interdisciplinarios" o "multidisciplinarios" como una forma de adaptación a la nueva realidad, pero preservando todavía la tradicional estructura basada en disciplinas científicas.

Más adelante emergió el concepto de ciencias de convergencia,¹ para describir lo que sucede, por ejemplo, cuando la computación y las telecomunicaciones (antes dos "disciplinas" científicas separadas) se funden para dar lugar a la informática moderna; o cuando las ciencias biológicas y la informática convergen para dar nacimiento a la "bioinformática".

La esencia del fenómeno es que hay tanto conocimiento acumulado, y la informática permite tal velocidad de trasmisión y exploración del conocimiento, que ya la única fuente de creatividad no está en el hallazgo de datos nuevos (como siempre hemos hecho los científicos experimentales), sino que hay un enorme potencial de creación de conocimientos nuevos, incluso revolucionarios, a partir de la recombinación inteligente de piezas de conocimiento existentes.

Es la idea que describe la metáfora de "conocimiento recombinante".

¿Cuánto puede la informática cambiar las ciencias biológicas? ¿Cuánto pueden las ciencias sociales transformar las ciencias médicas? ¿Cuánto puede la neurofisiología influir en las ciencias pedagógicas?, y la lista de preguntas similares puede ser enorme.

Estas realidades, dadas por la acumulación de conocimientos inicialmente no relacionados y la posibilidad de innovación por recombinación de conocimientos de especialidades diferentes, que se hace posible por la informatización, implica un serio

¹M. C. Roco y W. S. Bainbridge: *Converging technologies for improving human performance*, Kluwer Academic Publishers (currently Springer), 2003.

desafío para nuestros sistemas docentes, estructurados para ordenar el pensamiento por disciplinas académicas y crear capacidad de generación de nuevo conocimiento, cada vez más especializado, y siempre en el interior de esas disciplinas.

Ciencia y sociedad: evolución de la institucionalidad de la ciencia

De manera análoga a como la actividad económica del hombre se fue haciendo cada vez más social, y transitando a través de diferentes ordenamientos institucionales, de la labor del agricultor individual, al taller del artesano y a la gran fábrica; así también la actividad científica ha ido transitando del pensador individual, a la cátedra universitaria y la Academia, y más recientemente a las grandes instituciones científicas creadas por los Estados, a medida que la ciencia ha ido penetrando en todas las esferas de la sociedad.

La construcción de una institucionalidad para la ciencia es un proceso histórico relativamente reciente. Hace 2 000 años se podían identificar instituciones militares, económicas, religiosas, y culturales, pero no científicas.

El proceso de socialización de la producción, descrito por Carlos Marx, tiene también su expresión para la ciencia, que hemos definido aquí como la producción organizada de conocimientos nuevos.

Y al igual que en la producción la socialización es consecuencia de la evolución de las tecnologías (lo que Marx llamó el "desarrollo de las fuerzas productivas"), también para la producción de conocimientos se desarrollan tecnologías e instrumentaciones cada vez más complejas que impulsan su socialización.

Así la ciencia moderna ha ido dejando de ser el producto de genialidades individuales trabajando independientemente, para convertirse en una actividad de grupo, realizada por hombres y mujeres de capacidades normales, cuya efectividad deriva de la calidad de las instituciones en que trabajan.

Un ejemplo ilustrativo de esta ciencia a gran escala es el Proyecto del Genoma Humano, que se propuso identificar más de 20 000 genes y que produjo el primer mapa genético humano en el año 2000, con participación de más de 20 grupos científicos de diferentes países y un costo que se estima en 3 000 millones de dólares.

La evolución histórica de las instituciones científicas forma parte de la evolución de la ciencia.

Son las instituciones científicas las que hacen que la ciencia rebese el plano individual y se convierta en un proceso social. Son las organizaciones que dan proximidad a grupos que pueden tener objetivos y proyectos diferentes, pero cuyos resultados y métodos se fertilizan mutuamente.

En tiempos muy antiguos algunos centros de conocimiento como el Liceo de Atenas y la biblioteca de Alejandría pudieran considerarse como "instituciones precientíficas".

En la Edad Media temprana, anterior al siglo xv, casi toda la actividad intelectual estuvo monopolizada por instituciones religiosas.

Es a partir del Renacimiento que en Europa comienzan a resurgir sociedades científicas y universidades. La Accademia del Lincei (Academia de los Linceos) fue fundada en Roma en 1603, la Royal Society surge en Londres en 1662 y la Académie Royale des Sciences en Francia, en 1666. Fueron organizaciones cuyo objetivo central era facilitar la comunicación directa entre científicos (no solo a través de libros) del nuevo conocimiento. En esa época comienzan a circular revistas científicas tales como la *Philosophical Transactions of the Royal Society* en Inglaterra y el *Journal de Savants*, en Francia. Fue precisamente la revista *Philosophical Transactions*, la que inició en 1752 la práctica de crear un comité revisor que determinara si los artículos merecían ser publicados.

A medida que el crecimiento de la actividad científica y del número de personas que la practican hizo inviable la comunicación interpersonal, las revistas científicas se fueron convirtiendo aceleradamente en el vehículo principal de circulación de

conocimientos. En el año 2009 se publicaban más de 1,5 millones de artículos científicos anuales, en unas 26 400 revistas.

La universidad es una de las invenciones más significativas del 2º milenio. Las principales universidades europeas se establecieron en los siglos xi y xii. Sus antecedentes fueron los monasterios de la edad media temprana donde se conservaba, y limitadamente se transmitía el escaso caudal de conocimientos de la época.

A fines del siglo xvii el centro de gravedad de la actividad científica se movió de las academias hacia las universidades.

En Estados Unidos la Universidad de Harvard se creó en 1636, y luego surgió la de Princeton en 1746 y la de Columbia en 1754, todas fundadas por organizaciones religiosas.¹

Las universidades surgieron como dispositivos de transmisión de conocimientos, pero paulatinamente se fue imponiendo el concepto de la unidad entre la investigación y la docencia, ejemplificado por la Universidad de Berlín (1809), una de las primeras donde la investigación, no solo la instrucción, se consideraba deber primario de los profesores.

Las seis décadas transcurridas entre 1789 y 1848 son conocidas por historiadores como "La Era de la Revolución".² Con un contenido esencialmente económico en Gran Bretaña, y político en Francia, fue una etapa de transformaciones profundas en todos los aspectos de la vida social y sus instituciones, incluidos cambios en la institucionalidad de la ciencia.

La Revolución Francesa introdujo cambios profundos en la enseñanza y la práctica de la ciencia creando el Museo de Historia Natural (1793) y la Escuela Politécnica (1795).

El concepto de la Escuela Politécnica se reprodujo después en cada caso con sus variantes, en Alemania, Bélgica, Suiza, Dinamarca, Suecia, Austria y Rusia, así como también en los entonces nacientes Estados Unidos de América.

¹M. M. Crow y W. B. Dabars: *Designing the new american university*, John Hopkins University Press, Baltimore, 2015.

²E. Hobsbawm: *La era de la revolución. 1789-1848*, Grupo Editorial Planeta, Buenos Aires, 2000.

El surgimiento de instituciones de educación superior específicamente diseñadas para la promoción de la investigación científica y la tecnología fue un primer cambio trascendental en la institucionalidad de la ciencia.

En Inglaterra la Royal Institution fue creada en 1799 y promovió laboratorios científicos privados que proporcionaron instalaciones para el trabajo de importantes investigadores como M. Faraday (1791-1867).

Nótese que todo esto solo puede ocurrir después del desarrollo del pensamiento racionalista y los conceptos sobre el método científico que venían del siglo xvii como hemos descrito en las secciones precedentes. Estas ideas y métodos obviamente no podían ser capturados por las universidades medievales.

En Cuba los pensadores más avanzados de nuestro siglo xix, encabezados por Félix Varela Morales,¹ dieron sus batallas por introducir la enseñanza de la ciencia y la manera de pensar de la ciencia, distanciándose de la lógica escolástica que nos venía de la tradición religiosa hispánica. En 1826, el Dr. Tomás Romay propuso la creación de una Academia de Ciencias Médicas, la cual tuvo que esperar 35 años para su aprobación, naciendo oficialmente en 1861 como la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana, primera de su tipo (científica, electiva, basada en méritos) que se fundara fuera de Europa, y la única que existió en una colonia española.

Así, academias y universidades fueron las formas de institucionalidad de la ciencia en muchos países en los siglos xviii y xix. Aunque el respaldo gubernamental ocurría de diferentes maneras, en esa etapa no es posible hablar todavía de los gobiernos como fuerza impulsora de la ciencia. La siguiente innovación fue precisamente la intervención directa de los gobiernos, primero proveyendo financiamiento en forma de subvenciones de agencias de gobierno para determinados proyectos que se desarrollaban principalmente en universidades, pero luego

¹J. Ibarra Cuesta: *Varela, el precursor. Un estudio de época*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2004.

creando instituciones especializadas de investigación directamente patrocinadas por el gobierno. La más importante en los inicios del siglo xx surgió en Alemania y fue la Kaiser Wilhelm Gesellschaft, en 1911, antecesora de los Institutos Max Planck.

En Francia, el gobierno del Frente Popular (1936-1939) creó la primera secretaría de investigación científica, que desarrolló un mecanismo de subvenciones, que es esencialmente el mismo que ha llegado hasta hoy en el CNRS (Centre National de Recherche Scientifique).

Se hizo evidente que la investigación científica, al nivel de desarrollo y socialización alcanzado en el siglo xx, necesitaba no solamente fondos públicos, sino también organizaciones públicas.

Nótese que este es un fenómeno históricamente muy reciente, con menos de 200 años de evolución.

El siglo xx es el siglo de la investigación científica institucionalizada. En 1919 el número total de científicos en Alemania e Inglaterra juntos se estimaba en algo más de 8 000.

Los servicios científicos del gobierno británico en 1930 empleaban algo más de 700 investigadores. Treinta años después empleaban más de 7 000.

En los años 80 del siglo xx el número de científicos e ingenieros dedicados a la investigación en el mundo ascendía a 5 millones.

La Segunda Guerra Mundial aceleró la implicación directa de los gobiernos en la ciencia. Fue el primer conflicto en que los científicos fueron movilizados de forma sistemática y centralizada para el esfuerzo militar. El radar, los nuevos armamentos, la coherencia, las formas iniciales de computación, los antibióticos, y finalmente el arma nuclear surgieron de ahí. Ninguna universidad o academia, y mucho menos ningún científico individualmente era capaz de movilizar los recursos que demandaban estos proyectos. Solamente los gobiernos podían hacerlo.

Después de la guerra la construcción de instituciones para el desarrollo de tecnologías directamente derivadas de la ciencia se enfocó a la industria civil y al reforzamiento del poderío económico. El epicentro de esta transformación fueron los Estados

Unidos, única potencia que emergió de la guerra intacta y con capacidades para tal inversión.

Esta nueva transformación se describe formalmente en el conocido documento "Science: The Endless Frontier"¹ que fue presentado en 1945 al presidente de Estados Unidos por el ingeniero Vannevar Bush, quien antes había coordinado el esfuerzo científico para la guerra, a través del Comité de Investigaciones para la Defensa, creado en 1940.

Este documento, conocido como "Informe Vannevar Bush" dio lugar al despliegue de una nueva institucionalidad, en la que surgieron la Fundación Nacional de Ciencia (NSF), los Institutos Nacionales de Salud (NIH) y el sistema de laboratorios nacionales.

En la década de 1970 el gobierno de Estados Unidos sufragaba dos tercios de los costos de la investigación básica.

Véase como en paralelo con la evolución de las ideas científicas, sus métodos y sus resultados, van evolucionando también las instituciones que se crean para ello.

Después de las academias y las universidades vinieron los organismos de los gobiernos y los institutos y laboratorios gubernamentales no universitarios.

El proceso de socialización de la ciencia continuó aceleradamente durante las décadas finales del siglo xx y principios del xxi. Un dato ilustrativo es la cantidad de artículos científicos que tienen un solo autor, la cual ya era solamente 30 % en 1981, y continuó disminuyendo hasta 11 % en 2012.

El paso siguiente de institucionalización de la ciencia fue la internalización de la investigación científica dentro de las propias empresas. Comenzó por los laboratorios de las grandes corporaciones de la química y la electrónica, que surgieron también a principios del siglo xx. En Estados Unidos hacia 1920 existían unos 300 laboratorios en las corporaciones y en 1960 estos eran 5 400 aproximadamente. Desde la década de 1970 la parte de

¹V. Bush: *Science, the endless frontier*, United States Government Printing Office, Washington, 1945.

la investigación no militar financiada por las empresas en los principales países industrializados sobrepasa 50 %.

En los últimos 20 años del siglo xx comienzan a surgir empresas en las que la generación de conocimientos no es solamente una actividad intrínseca, sino la actividad principal. Volveremos sobre este tema en el capítulo VI.

Lo esencial en el momento actual es entender que el desarrollo científico no consiste en el brillo y los logros (aparentemente individuales) de grandes personalidades, ni siquiera en la cantidad de estos; sino que se trata básicamente de la construcción de una institucionalidad y en la calidad de esas instituciones.

Hay diversos puntos de vista sobre en qué consiste esa calidad y como se puede medir. Ella se relaciona con el tamaño (hay efectos de escala) y la base material de las instituciones; pero no solamente con eso. Igualmente importantes, tal vez más, son el clima de debate y crítica dentro y fuera de las instituciones, el acceso social a estas, la movilidad de los jóvenes a posiciones decisorias, la conectividad de las instituciones científicas con las instituciones docentes y con las empresas, la visibilidad y las conexiones de las instituciones con sus pares en otros países, y finalmente la capacidad de la sociedad (y los gobiernos que la representan) para evaluar la productividad de las instituciones científicas y actuar en consecuencia. Es la estructura que se intenta capturar con el término actual de "Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación". Es una construcción social, como lo es el sistema educacional, la estructura de la economía, la salud, el sistema político y cualquier otra, que nos demuestra que la sociedad humana es mucho más que la suma de los individuos que la componen. Ha sido una construcción espontánea en muchos momentos de la historia. Es ahora, y debe ser cada vez más una construcción consciente.

CAPÍTULO IV

LA CIENCIA Y SUS LÍMITES: ENTRE LA ARROGANCIA Y LA PARÁLISIS

La ciencia es una poderosa herramienta intelectual, pero no es ciertamente la única actividad inteligente del hombre, ni el único componente de la cultura. Para usar bien una herramienta hay que conocer sus límites, lo que puede hacer y lo que no puede hacer.

En este capítulo intentaremos explorar esos límites.

El sesgo reduccionista

Los científicos han sido siempre modestos en el plano personal, pero la ciencia ha sido siempre colectivamente arrogante en sus posibilidades de comprensión y transformación de la realidad. Y si bien es lamentable y peligroso el desconocimiento del método científico, también hay peligros en el sobredimensionamiento de sus posibilidades para enfrentar todos los desafíos del ser humano y de su vida social.

La ciencia que ha sido la base del desarrollo tecnológico del siglo xx y sigue siendo la base del desarrollo tecnológico en el siglo xxi, es como la hemos descrito en las secciones precedentes: racional, objetiva, reduccionista y generadora de una acumulación lineal de conocimientos. Está asentada filosóficamente sobre el

positivismo lógico de Augusto Comte y sobre las ideas de Karl Popper sobre el racionalismo crítico.

Cualquier fenómeno es explicable en términos de las leyes que lo determinan. Las propiedades de un sistema, sea este un fenómeno astronómico, o una reacción química, o una bacteria, son explicables en función de las propiedades de sus componentes. Son "reducibles" a estas.

La frase de Albert Einstein que hemos citado ("El gran propósito de todas las ciencias es cubrir la mayor cantidad posible de hechos empíricos como deducción lógica de la menor cantidad posible de hipótesis y axiomas") ilustra el carácter esencialmente reduccionista de la ciencia.¹

Esta metodología reduccionista ha continuado y continuará acumulando conocimientos útiles y consecuencias tecnológicas, e impactando en la economía. Es la metodología que es más relevante a las tareas tecnológicas y productivas que deben emprender los países del sur en sus aspiraciones de desarrollo económico.

Pero en paralelo con esa trayectoria histórica de "usar" la ciencia para el desarrollo tecnológico y económico, también ha crecido a partir de la segunda mitad del siglo xx un debate filosófico sobre la ciencia, sus posibilidades y sus límites, el cual intentaremos describir en este capítulo.

Tres corrientes de pensamiento relativamente independientes nutren este debate:

- La Teoría de la Complejidad.
- La tesis del desarrollo de la ciencia mediante sustitución de paradigmas.
- La teoría constructivista del desarrollo científico.

A continuación, un breve comentario sobre cada una.

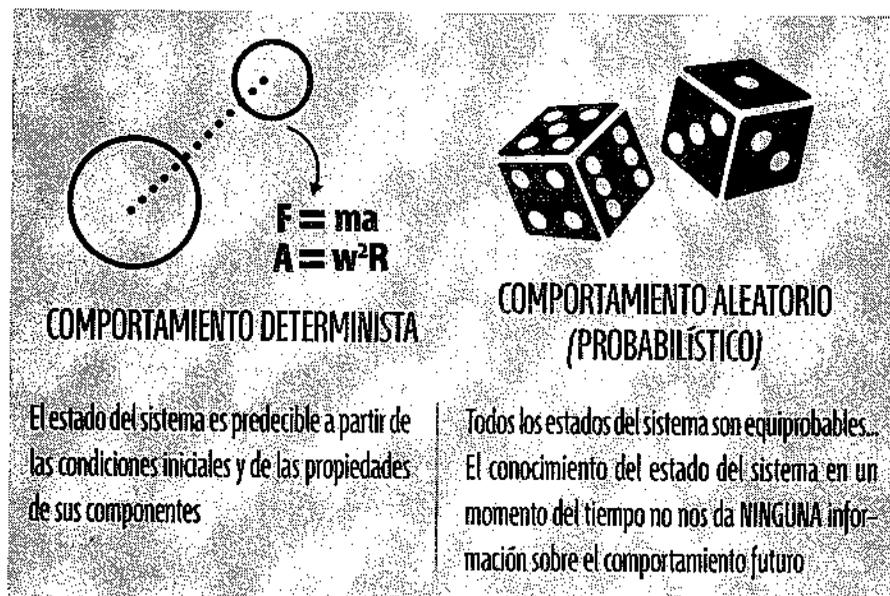
¹A. Einstein. https://www.brainquote.com/quotes/albert_einstein_112012

El desafío de la complejidad: los límites del reduccionismo científico

Hasta mediados del siglo xx los científicos reconocían que los sistemas naturales podían mostrar dos tipos de comportamiento llamados respectivamente "determinista" y "probabilístico".

El comportamiento determinista ocurre cuando los componentes de un sistema interactúan de acuerdo con las leyes: la Tierra y la luna que orbitan siguiendo las leyes de la física, por ejemplo. En estos casos el comportamiento del sistema es predecible. Basta conocer el estado del sistema hoy y las leyes que rigen su evolución, para conocer con bastante exactitud el estado del sistema en un momento dado del futuro. Así es que podemos predecir un eclipse con años de anticipación, o podemos lanzar un misil con precisión, o podemos calcular cuando se agota un isótopo radioactivo.

En el otro extremo hay sistemas que contienen un componente de azar, como sucede si lanzamos dados. En este caso el estado del sistema en el momento actual (los dados como salieron ahora) no nos da ninguna información sobre qué sucederá la próxima vez: existe la misma probabilidad de que suceda cualquier cosa y ello se expresa diciendo que todos los estados del sistema son equiprobables.

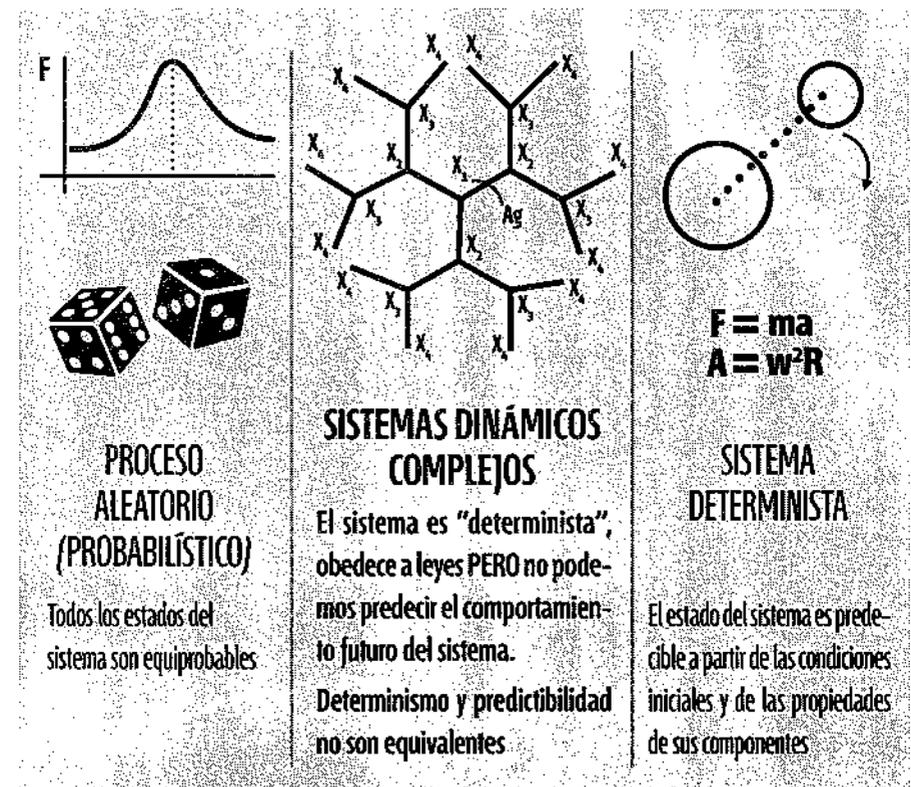


Ya la propia existencia de sistemas que contienen un componente de azar, como identificó la física cuántica a principios del siglo xx, provocaba determinada desconfianza en muchos científicos del siglo xx, que se negaban a abandonar la certidumbre reduccionista de finales del siglo xix, según la cual todos los fenómenos observables pudieran ser predecibles si se conocen las leyes que los gobiernan, y si no podemos predecir algo es solamente porque todavía no conocemos bien esas leyes.

El propio Einstein no se sentía cómodo con los fenómenos probabilísticos y expresó una vez: "Dios no juega a los dados con el universo".

Esta dicotomía entre el comportamiento determinista, es decir sujeto a leyes y predecible; y el comportamiento probabilístico, con un componente de azar, no predecible; se complica aún más a mediados del siglo xx, cuando estudios provenientes de ramas diversas de la ciencia, tales como: la meteorología, la ecología, la dinámica de los fluidos y otras, dieron indicaciones de que, incluso conociendo las leyes que rigen el comportamiento de un sistema y la interacción entre sus componentes, no siempre la predicción es posible. Ello es especialmente así cuando los sistemas tienen muchos componentes, muchas interacciones entre los componentes e interacciones no-lineales. Estos son los rasgos que caracterizan los sistemas que denominamos "complejos".¹ El interés en este tipo de sistema crece a mediados del siglo xx como consecuencia del desarrollo exponencial de las computadoras y su poder de cálculo. Este poder de cómputo permitió simular la dinámica de este tipo de sistema y descubrir que, a partir de determinado nivel de complejidad, el comportamiento del sistema no es predecible, ni aun conociendo las reglas (deterministas) que rigen la interacción entre sus componentes.

¹S. Kauffman: *At home in the universe: the search for laws of self-organization and complexity*, Oxford University Press, USA, 1995.



En estos sistemas complejos las leyes existen, su comportamiento no es al azar como en los dados; sin embargo, no podemos calcular y predecir cómo evoluciona el sistema. Esta noción de complejidad separa determinismo y predictibilidad como dos conceptos diferentes, y nos enseña que la incertidumbre no es siempre una consecuencia de la limitación de nuestros conocimientos, sino que es una propiedad del universo.¹

Las propiedades de estos sistemas las simulan los matemáticos con una abstracción, aparentemente muy complicada (advertencia al lector que no provenga de estos campos del saber), pero que es esencialmente muy sencilla: Las "redes Booleanas".

¹J. M. Nieto-Villar, Elena Izquierdo-Kulich, Juvencio A. Betancourt-Mar y Eduardo Tejera: *Complejidad y autoorganización de patrones naturales*, Editorial UH, La Habana, 2013.

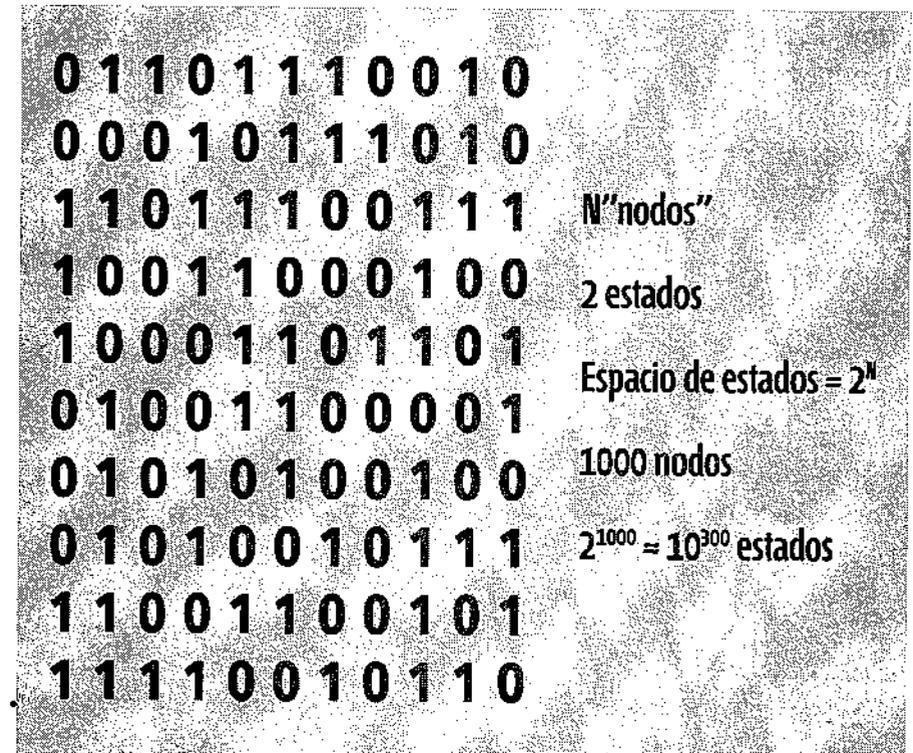
Imaginemos un sistema compuesto por un arreglo de ceros y unos, dispuestos de cualquier manera, y que un lector pudiera imaginar como un tablero de bombillas de las cuales algunas están apagadas (0) y otras encendidas (1). Pongamos entonces reglas arbitrarias por las cuales el sistema pasa de un estado al siguiente. Pueden ser cualquiera, por ejemplo, "todos los 0 que tengan otro cero al lado se transformaran en 1, o quedaran 0 si tienen un 1 al lado", u otra regla cualquiera; imagine el lector la que le guste. Con esa regla la computadora puede simular el tránsito del sistema al estado siguiente, y al otro, y repetir muchas veces la operación. Y ahí empezará a descubrir las propiedades de un sistema complejo.

Descubrirá:

- Que hay muchos estados posibles del sistema. De hecho, si la red tiene 1 000 nodos y cada uno tiene dos estados (0 y 1) la cantidad de estados posibles del sistema es el inimaginable número de un 1 seguido de 300 ceros.
- Que no es posible hacer una ecuación matemática para predecir cómo será el sistema digamos dentro de 10 saltos. La única manera de saberlo es observarlo. No podemos "reducir" el comportamiento a una ecuación.
- Que el comportamiento del sistema no es predecible, pero tampoco es azaroso. Si fuese azaroso todos los estados del sistema tendrían igual probabilidad de aparecer (como los dados) pero no sucede así: algunos estados del sistema aparecen durante la trayectoria del sistema y otros no.
- Que el sistema es exquisitamente sensible a las condiciones iniciales, es decir, que un cambio al inicio digamos de un par de ceros, por un par de 1, puede cambiar completamente la trayectoria del sistema. Este comportamiento se conoce como "dependencia sensible"
- Que el sistema frecuentemente cae en "atractores cíclicos", es decir, un conjunto de estados por los cuales el sistema pasa una y otra vez.

- Que en ocasiones el atractor es robusto, es decir, que, si introducimos cambios en la configuración, el sistema regresa al mismo atractor, como si hubiese caído en un pozo. Son los llamados "pozos de atracción".
- Que los atractores son una forma de orden en el sistema y ese orden surge espontáneamente a partir del comportamiento complejo.
- Que a partir de determinado grado de complejidad el sistema muestra comportamientos caóticos (pero no azarosos).

Y así sucesivamente, la simulación nos permitirá descubrir otros muchos fenómenos en los que no nos extenderemos aquí, que son las propiedades de los sistemas complejos. Varias de estas ideas van en contra de nuestra intuición, atrapada por razones culturales en una especie de obsesión de causalidad, o sea, en la idea de que todo lo que sucede, "sucede por algo".



Las redes booleanas son una abstracción, pero muchos sistemas naturales tienen este tipo de comportamiento, en los que hay leyes y la evolución no es al azar; al mismo tiempo los estados futuros del sistema no son predecibles, aparecen de forma espontánea ordenamientos, y el sistema muestra robustez ante muchas perturbaciones externas, pero sensibilidad exquisita a determinadas perturbaciones. Esto se conoce como "la paradoja de la robustez dentro de la sensibilidad". Algunas reacciones químicas complejas, la interacción entre neuronas, el sistema inmunitario, la expresión de los genes, los ecosistemas, y muchos otros sistemas naturales son así. Y eso sin osar entrar en el campo aún más complejo de las ciencias sociales.

Uno de los logros más relevantes de las ciencias biológicas a fines del siglo xx, el mapeo del genoma humano,¹ publicado en el año 2000, llamó la atención sobre la importancia de estudiar el comportamiento de los sistemas complejos. El proyecto del mapeo del genoma humano comenzó en la mente de muchos, con el enfoque reduccionista de la ciencia del siglo xix: encontraríamos un gene para esta característica de las personas (la inteligencia, la agresividad, etc.) y un gene para predecir esta u otra enfermedad.

Pero el resultado de los mapas genéticos trajo muchas sorpresas. La primera sorpresa fue la llamada "paradoja de los pocos genes": sucede que los humanos tenemos solamente algo menos de 30 000 genes. El ratón tiene 26 000; la mosca *Drosophila*, 13 000. Más aún, la secuencia de los genes entre el hombre y el chimpancé es igual en 98 %. ¿Cómo explicar entonces el complejo comportamiento biológico de los humanos, que crean ordenamientos sociales, transmiten cultura, hacen ciencia, muestran complicados sentimientos, etc., sobre la base de 2 % de diferencia con el chimpancé o de más o menos la misma cantidad de genes que el ratón?

¹S. Mukherjee: *The gene: An Intimate History*. Scribner, Simon & Schuster, Inc. New York, 2016.

Sucede que, a pesar de las bases filosóficas reduccionistas del pensamiento de Descartes, Newton o Einstein, las complejas propiedades de los sistemas biológicos, no son "reducibles" a las propiedades de sus componentes, sino que emergen de las complejas relaciones entre esos componentes, y no son muchas veces predecibles, aun si conocemos todos los componentes del sistema y las leyes que los rigen.

Si este libro cae en manos de expertos en el tema de la complejidad, espero que ellos sabrán excusarme (quizás con alguna que otra sonrisa) por el intento de excesiva simplificación de algo que es hoy toda una especialidad dentro de las matemáticas.

La excusa está en la importancia de que quienes comiencen el camino de las ciencias y sus osadías, comprendan que el esquema mental de disecar un problema en sus partes, coleccionar datos, extraer regularidades, descubrir leyes universales a partir de esas regularidades, extraer predicciones a partir de dichas leyes y verificarlas con nuevos experimentos, es un esquema que proviene de la Física del siglo xix, y que deriva su fuerza persuasiva de la capacidad de predecir el futuro; pero ese esquema funciona muy bien para determinado grado de complejidad de los fenómenos que se estudian, pero no funciona para otros fenómenos.

Subrayemos la distinción entre "complicado" y "complejo".¹ En el lenguaje diario los hacemos equivalentes, pero en términos de la filosofía de la ciencia "complejidad" significa algo más que complicado. Significa que el comportamiento del sistema está enraizado en las interacciones entre sus componentes, que originan propiedades emergentes que no se pueden deducir del comportamiento de las partes del sistema. La evolución del sistema es poco predecible a partir de leyes generales, como no sea observando el comportamiento mismo del sistema. En este tipo de sistema las cadenas de desarrollo histórico o evolutivo se nos

¹"Complicated is not complex", *Nature Biotechnology*, vol. 17, N° 6, p. 511, Jun 1999.

hacen coherentes y explicables después que han ocurrido, pero los resultados no se pueden predecir desde el principio porque si se dan las mismas condiciones otra vez cualquier cambio aparentemente insignificante puede hacer que la evolución tome por un camino totalmente diferente.

Un avión moderno es un sistema complicado (tiene muchos componentes y protocolos de funcionamiento en cada uno), pero no es un sistema complejo. Conociendo los componentes y sus propiedades podemos predecir cómo se va a comportar (si no fuese así no viajaríamos en uno de ellos). Pero el estado del tiempo en el Caribe es un sistema complejo: ni aun conociendo las velocidades del viento y las temperaturas en cada uno de sus puntos podríamos predecir, a partir de esos datos de las partes, lo que sucederá en un par de semanas. La acumulación de datos sobre comportamiento histórico del sistema y sus regularidades nos aporta cierta capacidad de predicción científica, muy útil, por cierto, pero muy escasa capacidad de intervención sobre el sistema.

Otra alerta importante es que la complejidad de muchos sistemas naturales no quiere decir (como erróneamente algunos extrapolan) que el mundo no sea cognoscible. Quiere decir simplemente que hay límites al reduccionismo tradicional de la ciencia y que no siempre el comportamiento macro de un sistema natural se puede deducir del comportamiento micro de sus partes, y eso es consecuencia de la complejidad del sistema, no de que nos falten componentes por identificar. A medida que el enfoque reduccionista lleva al científico a entrar en el plano microscópico, este gana poder predictivo en ese nivel, pero pierde poder predictivo sobre el fenómeno macroscópico. Pero siempre podemos estudiar directamente el sistema en su conjunto, y extraer regularidades de su comportamiento y leyes que las sinteticen, las cuales pueden conducirnos a predicciones, aunque estas serán de naturaleza probabilística. Lo maravilloso del orden natural es que hay leyes que podemos conocer y muchas de ellas tienen un carácter universal y son útiles para describir

fenómenos en áreas muy diversas como la biología molecular, las neurociencias y los sistemas económicos.

La complejidad introduce limitaciones al reduccionismo, pero no a la capacidad humana de conocer el mundo. Hay que saber distinguir entre el reconocimiento de los límites del reduccionismo, lo cual es un paso de avance positivo en las ciencias y el posmodernismo como negación de la razón, la ciencia y la técnica, que se combina con la comercialización y la degradación masiva de la cultura, lo cual es un fenómeno negativo que puede retrotraernos al oscurantismo de siglos dejados atrás.

El estudio de los sistemas complejos demandará de nuevos instrumentos y métodos para construir conocimiento; y como sucede mucho en la historia, la comprensión de un problema aparece simultáneamente con los instrumentos para su solución. Como dijo Carlos Marx: “[...] la humanidad solamente se plantea los problemas que puede resolver”.¹ En el que nos ocupa, el desarrollo de la computación está haciendo posible, y lo hará cada vez más, simular y estudiar el comportamiento de los sistemas complejos y comprender sus regularidades.

De ahí deriva una manera de hacer ciencia en la que las hipótesis se evalúan primero en la computadora, para verificar sus predicciones, y solamente después en un experimento real sobre el sistema natural que se estudia. Así, un científico elabora determinadas hipótesis sobre un sistema dado, el comportamiento de la atmósfera, la interacción entre las células del sistema inmunitario, la competencia entre diversas especies que pueblan un ecosistema, el calentamiento global, la dinámica de una población humana u otros de suficiente complejidad, elaboración de hipótesis que es la parte creativa del trabajo; luego expresa la relación entre las variables en ecuaciones matemáticas, y simula el comportamiento del sistema en una computadora. Entonces puede hacer cualquier cantidad de experimentos “en seco”, es decir, en la computadora, de manera

¹C. Marx: “Prólogo de *La Contribución a la Crítica de la Economía Política*”, *Obras Escogidas*, t. 1, p. 183.

muy eficiente, simulando ahí experimentos que tomarían muchos años para realizarse en condiciones reales. De esos experimentos simulados puede extraer las predicciones más relevantes, y entonces solamente esas, evaluarlas en un experimento real.¹ Es un método de trabajo que deriva del poder de cálculo de las computadoras modernas, y que obviamente no estaba a la disposición de los científicos que trabajaron antes de mediados del siglo xx.

El desafío de la avalancha de datos

El crecimiento acelerado del poder de las computadoras ha posibilitado hacer simulaciones del comportamiento de sistemas complejos, que implican una cantidad de cálculo imposible de realizar con un papel y un lápiz por la mente más brillante. Es una opción de enormes consecuencias para la manera de hacer ciencia.

En esta sección describiremos una segunda consecuencia, que es la capacidad de almacenar, transmitir y analizar enormes masas de datos.

De nuevo pidiendo a los expertos perdón por la excesiva simplificación, y pensando en el lector que no tiene formación previa en las ciencias informáticas (entre los que me incluyo), conviene aquí algunas imágenes que nos ayuden a comprender por qué hablamos de “avalanchas de datos”, o “montañas de datos”, (o *big data*, que es el término popular en inglés).

Los científicos siempre han manejado muchos datos, casi siempre obtenidos por ellos mismos, a partir de sus observaciones y

¹K. León, R. Pérez, A. Lage Dávila y J. Carneiro: “Modelling t-cell mediated suppression dependent on interactions in multicellular conjugates. *Journal of Theoretical Biology* 207: 231-254, 2000 / K. García y K. Leon: “Modeling the role IL 2 in the interplay between cd4+ helper and regulatory t-cells: assessing general dynamical properties”, *Journal of Theoretical Biology*, 2010, pp. 720-732.

experimentos; pero en las últimas décadas el manejo de datos ha adquirido una dimensión diferente, cualitativamente diferente.

Los informáticos acostumbran a describir la cantidad de información en términos de bytes, que es una secuencia de varios ceros o unos, habitualmente 8, que el hombre común pudiera interpretar como la información que nos da una letra del lenguaje común. Diez bytes serían aproximadamente una palabra. Ahora 100 megabytes, es decir, 100 millones de bytes es más o menos la información contenida en un estante de un metro lleno de libros, y un gigabyte (10^{12} bytes, un uno seguido de doce ceros) equivale a la información que trae una camioneta llena de páginas de texto. Pues bien, la información contenida en la secuencia de un genoma humano se puede estimar en 140 gigabytes, o sea, 140 camionetas de textos como la de la imagen antes mencionada.

Paralelamente con la capacidad de almacenar grandes cantidades de datos también ha ido creciendo rápidamente la capacidad de generarlos, con instrumentos y métodos cada vez más eficientes. Hace apenas 30 años un bioquímico empleaba dos días en hacer una electroforesis para identificar diez proteínas en una célula.¹ Actualmente un experimento de proteómica puede generar datos sobre 5 000 proteínas diferentes. Obtener la primera secuencia de un genoma humano, con sus 3 000 millones de pares de bases, costó 13 años de trabajo. Actualmente se puede obtener la secuencia de un genoma en un solo día. En la década de 1980 se lograba en experimentos de electroforesis identificar la secuencia de 100 pares de bases en un día de trabajo. Hoy se puede obtener en un día la secuencia de más de 1 000 millones de pares de bases, una eficacia 10 millones de veces superior. ¿Cómo haremos para analizar e interpretar tanta información?

¹A. Lage Dávila y L. Montagnier: “Studies of a large transformation-increased membrane protein in the bhk 21 cell system”, *Biochim. Biophys Acta*, 1979, pp. 435-449.

Varias ramas de la ciencia, notablemente la astronomía, la meteorología, la geología y la física de las partículas han trabajado desde hace tiempo con grandes masas de datos. El laboratorio de física de las partículas en Ginebra, por ejemplo, se estima que genera cada año más de 10^{15} bytes de datos, lo que equivaldría, para dar una imagen gráfica, a la información contenida en 4 millones de películas de cine.

En los últimos años y especialmente a partir de la secuenciación masiva de genes, las ciencias biológicas se han sumado a las disciplinas dependientes de la capacidad de generar, almacenar, analizar e interpretar enormes cantidades de datos.¹

Las implicaciones de estos cambios son enormes. Limitémonos ahora a comentar dos de ellas, la posibilidad de hacer ciencia creativa a partir de la data generada por otros y disponible en las bases de datos, y la preeminencia de la búsqueda de correlaciones sobre la búsqueda de causalidad.

Una de las consecuencias de la enorme velocidad de generación y almacenamiento de datos, es que esa velocidad es mayor que la velocidad a la que esos datos pueden ser interpretados, y entonces el espacio de creatividad se desplaza hacia la interpretación de los datos, más que al diseño de experimentos creativos para obtener datos.

Hasta mediados del siglo xx un científico (mantengámonos en el ejemplo de las ciencias biológicas) empleaba la mayor parte de su tiempo haciendo observaciones y experimentos, obteniendo datos propios. Una vez obtenidos esos datos pasaba a interpretarlos y si los datos verificaban las hipótesis que guiaron su obtención, la interpretación podía ser relativamente directa.

Si, por ejemplo, tres años de acumulación de pacientes en un ensayo clínico generaban datos demostrativos de que el medicamento A es superior al B, entonces el análisis estadístico de

¹V. Mayer-Schonberger y K. Cukier: *Big data: a revolution that will transform how we live, work and think*. Houghton Mifflin Harcourt Publishing Co., New York, 2013.

esos datos se podía hacer en un par de semanas. Lo principal del esfuerzo estaba en la obtención de esos datos.

Si en otro ejemplo, esta vez de trabajo de laboratorio, hacíamos la hipótesis de que la proteína X en la membrana plasmática de tipo dado de célula, debía ser regulada por la concentración de oxígeno, entonces deberíamos emplear varias semanas, quizás meses, en obtener cultivos celulares del tipo de célula en cuestión, ponerlos en diferentes condiciones de oxigenación, validar las técnicas, hacer experimentos de fraccionamiento celular para aislar membranas, y hacer electroforesis de proteínas en las membranas obtenidas en diferentes condiciones; de nuevo, generar los datos. Pero una vez que tenemos las electroforesis sobre la mesa, la aceptación o refutación de la hipótesis se hace en minutos. Y por supuesto, todo eso hay que repetirlo para estar seguros de su regularidad. De nuevo, el esfuerzo del científico está en la obtención de los datos.

Actualmente puede suceder que existan billones de datos, generados por otros científicos a quienes no conocemos, y almacenados en servidores que están a miles de kilómetros; y que esos datos contengan patrones que todavía nadie ha identificado e interpretado. Acceder a esas bases y diseñar algoritmos de interpretación es un método que se conoce como “minería en bases de datos”; y puede haber mucho espacio de creatividad en la forma en que los datos obtenidos por otros, son procesados e interpretados. Un biólogo puede encontrar en esos datos nuevos conocimientos, sin haber hecho él mismo ningún experimento. Algunos le llaman a esto “biología seca”, en las computadoras, en contraposición de lo que sería la “biología húmeda” en la que el científico prepara soluciones, cultiva células, inyecta animales, extrae muestras de sangre y tejido, y cosas de este tipo.

La segunda consecuencia relevante está más cercana a la filosofía de la ciencia.

Se trata de que la intención principal en la prospección de bases de datos pasa a ser el hallazgo de correlaciones: identificamos que los valores de una variable X están relacionados con

los de otra variable Y. Una correlación "fuerte" significa que cuando un dato cambia, el otro muy probablemente cambiará también. Muchas correlaciones pueden estar escondidas bajo esas montañas de datos, y descubrirlas puede ser una fuente válida de nuevo conocimiento. El problema está en que, como vimos en el capítulo precedente, correlación no significa causalidad. El hallazgo de que X se relaciona con Y no quiere decir que X sea "la causa" de Y. Puede ser que, al revés, Y sea la causa de X, o que X y Y sean ambos consecuencia de una tercera variable Z que no hemos medido. Los científicos han tenido siempre un poco de desconfianza hacia las correlaciones.

Ciertamente los trastornos de la marcha por inflamación de las rodillas se relacionan, estadísticamente, con la pérdida de la memoria, pero eso no quiere decir que la memoria sea la causa de los dolores en la rodilla, ni viceversa. Ambos problemas son consecuencia de un tercero, que es el envejecimiento. Con un ejemplo trivial como este, el absurdo de confundir correlación con causalidad se hace evidente a todos; pero en la vida real las cosas suelen ser más complicadas y muchas interpretaciones erróneas de la realidad pueden derivar de esta confusión, especialmente en las ciencias sociales, donde los factores concurrentes en la relación entre dos variables pueden ser muchos. ¿Es la raza la causa de la pobreza? Obviamente no, pero entre ambas variables hay una correlación. De lo que se trata es de descubrir las profundas y verdaderas causas, en este caso políticas, de esa correlación.

En la ciencia de los grandes datos la capacidad predictiva se basa en las correlaciones, más que en las cadenas causales. Y como casi siempre ocurre en los debates filosóficos, hay quien lleva los razonamientos a un extremo, en este caso cuestionando si la causalidad realmente existe. Hasta ese extremo filosófico no debemos llegar, so pena de renunciar a la capacidad humana de intervenir sobre la naturaleza y la sociedad.

Lo que nos aporta la capacidad actual de generar y analizar grandes masas de datos, es el poder de descubrir correlaciones, y ese poder hay que utilizarlo, pero sin renunciar al enfoque de

experimentos controlados para descubrir cadenas de causas, siempre que estos experimentos sean factibles. La ciencia es útil por sus tres poderes: el poder explicativo, el poder predictivo y el poder transformativo. Y por la combinación de los tres.

Las correlaciones nos dicen qué cosas suceden, pero no nos dicen por qué suceden. La prospección de grandes masas de datos nos sugiere hipótesis causales, pero no las verifica. El poder transformativo de la ciencia deriva de experimentos controlados, guiados por hipótesis verificables y refutables.

Los paradigmas científicos: la crítica del conocimiento acumulativo

Las ideas básicas de la filosofía de la ciencia, que comenzaron a desplegarse a partir del siglo xvii, y evolucionaron hasta el positivismo lógico de Augusto Comte en el siglo xix y el racionalismo crítico de Karl Popper en el siglo xx, nos ilustran cómo funciona el pensamiento científico como tecnología intelectual, pero aun utilizando eficazmente ese método de pensamiento, la ciencia seguía siendo vista como un proceso acumulativo, casi lineal, de nuevos conocimientos sobre la realidad objetiva.

Esa visión lineal de la acumulación de conocimiento, a partir del hallazgo de hechos y la elaboración de teorías, es la que se describe en los libros de texto de ciencias y la que los estudiantes aprenden. Pero no es así, al menos no completamente así, como funciona la ciencia.

La obra clásica de Thomas Kuhn (*La estructura de las revoluciones científicas*, 1962) exploró las limitaciones de esa visión, describió como las ciencias evolucionan a saltos, y estudió esas discontinuidades a través de varios ejemplos de la física y la química.¹

La idea de partida es simple: la realidad es demasiado compleja para permitir una observación completa o para ser explorada al

¹T. S. Kuhn: *The structure of scientific revolutions*, University of Chicago Press, Chicago, 1962.

azar. El científico siempre escoge aquella parte de la realidad que va a estudiar, pero esa selección no responde (no puede responder) a un método estructurado, sino a la constelación de creencias, valores, técnicas, modelos y expectativas sobre los problemas importantes y sus posibles soluciones, que son compartidas por los miembros de una comunidad científica en un momento dado. Es lo que Kuhn llamó "los paradigmas de la ciencia normal".

Es cierto que casi siempre se parte de la experiencia, pero en la ciencia moderna los datos no suelen ser directamente dados por la naturaleza, sino que son recogidos por los científicos mediante un arduo proceso de observación y medición, frecuentemente usando complejos instrumentos. De ahí la necesidad de escoger lo que se observa y se mide, y esa inevitable selección es guiada por el paradigma aceptado por la comunidad científica en un momento dado, que funciona como una especie de mapa, con vacíos a rellenar.

La profesionalización de los científicos implica también la adquisición de un vocabulario especial y conceptos refinados, que si bien ayudan a trabajar, también alejan a los científicos del sentido común, restringen su visión y los hacen frecuentemente oponerse a los cambios de paradigma. Los ejemplos de esto en la historia de la ciencia son muchos.

Adquirir un paradigma compartido por la comunidad científica es un signo de madurez de un campo determinado del conocimiento. Con el paradigma la comunidad científica adquiere un criterio para elegir los problemas que ha de abordar, e identificar los experimentos que vale la pena hacer, restringiendo así el campo de los fenómenos que se deben estudiar.

El científico trabaja dentro de ese paradigma, y completa datos y soluciones que encajan bien dentro de este. Tales operaciones de retoque ocupan la mayor parte del tiempo de las carreras de los científicos, y es eso lo que Kuhn llamó "ciencia normal". Funciona hasta que las observaciones detectan una cantidad suficiente de anomalías que hacen que el paradigma aceptado sea sustituido por uno nuevo, en un evento de desarrollo no-acumulativo. Ese es el momento de las llamadas "revoluciones científicas".

Entre una y otra revolución científica "la ciencia normal" funciona de manera acumulativa, ampliando el alcance y la precisión del conocimiento disponible siempre dentro las expectativas y del mapa que dibuja el paradigma dominante. De esta forma, y esta es una de las afirmaciones más sorprendentes de Kuhn, la ciencia normal, ocupada en operaciones de retoque, raramente conduce a novedades importantes, conceptuales o fenoménicas. Por el contrario, la ciencia normal tiende a descubrir aquello que se espera descubrir.

Pero el trabajo de los científicos dentro del paradigma dominante en un momento dado, además de datos que amplían el alcance y la precisión del conjunto dominante de ideas, frecuentemente detecta anomalías, que son al principio suprimidas o ignoradas por ser demasiado subversivas. Estas anomalías se van acumulando y van creando el contexto para un momento de crisis en un campo concreto de la ciencia, y para el consecuente cambio de paradigma.

La comprensión de que el trabajo científico parte de una selección previa de los sectores de la realidad que habrán de explorarse y del tipo de resultados admisibles nos recuerda la demarcación que describimos en el capítulo precedente entre el surgimiento de las ideas, que es un proceso creativo, con un gran componente de intuición, culturalmente condicionado, y la evaluación experimental de esas ideas, que dispone de un método estructurado de pensamiento.

También hay un componente cultural en la sensibilidad de una comunidad científica dada a las anomalías que van emergiendo de las observaciones y los experimentos. Sucede frecuentemente que la información sobre las observaciones anómalas está disponible mucho tiempo antes de que alguien se decida a reinterpretarla y proponer un nuevo paradigma.

Kuhn abandona el estereotipo a-histórico que se extrae de los libros de texto escritos mucho después de los descubrimientos, critica la idea tecnocrática de la neutralidad y objetividad absolutas de la ciencia, y demuestra por el contrario su permeabilidad

a los valores culturales y sociales. Volveremos sobre estos nexos entre la ciencia y la cultura en el capítulo VIII.

El propio descubrimiento científico, cuando se estudian sus orígenes históricos, aparece no como un hecho único y simple, sino como un proceso en que marchan juntas la observación y la conceptualización, el hecho y la teoría. Solamente cuando las categorías conceptuales están construidas por adelantado, en campos científicos de una cierta madurez, es que el nuevo descubrimiento puede producirse instantáneamente.

Una misma colección de datos casi siempre puede ser cubierta por más de una teoría. De ahí la capacidad que muestran científicos destacados de ver cosas diferentes al observar los mismos datos, incluso observaciones obtenidas con los mismos instrumentos.

La genialidad del científico no es usualmente la capacidad para observaciones más precisas. La capacidad de ver los mismos hechos con una interpretación diferente es una de las razones que explican por qué muchos grandes descubrimientos han sido realizados por científicos muy jóvenes, o recién llegados desde un campo diferente de la ciencia. No es solamente consecuencia de que los jóvenes tengan biológicamente mejores capacidades intelectuales, sino que también en ellos los efectos limitantes de los paradigmas dominantes no se han desplegado completamente.

En los más de 50 años transcurridos desde la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas*, mucho se ha escrito y discutido sobre la visión que Kuhn ofrece de la evolución de la ciencia; pero como sucede frecuentemente dado el prevalente eurocentrismo de la ciencia, las implicaciones de esos conceptos para el desarrollo científico en los países del sur en vías de desarrollo no han sido suficientemente identificadas.

Cuando miramos hacia América Latina vemos comunidades científicas pequeñas, con insuficiente madurez, y con una alta dependencia de las ideas y juicios de valor que surgen en los países del norte. No se trata de que intentemos presentar la

relativa inmadurez de nuestras comunidades científicas como una ventaja, ni como algo para enorgullecerse. Eso sería una "visión de aldeano vanidoso", que ya en su momento criticó José Martí.¹

Pero también es cierto que la presión de los paradigmas dominantes es mucho mayor en las comunidades científicas estructuradas y jerarquizadas de los países industrializados, así como es también mayor la necesidad de aprobación de pares, como reza la máxima de "publicar o perecer". Esta realidad puede contener espacios de oportunidad si sabemos identificar visiones alternativas y estrategias mejor conectadas con nuestros contextos culturales y sociales.

Volveremos sobre este tema más adelante.

La teoría constructivista: los límites de la objetividad

Vamos a comentar en esta sección una polémica que pertenece al campo de la filosofía. A los comunistas nos ha interesado siempre la filosofía, no por su belleza intelectual (que la tiene) sino porque conocemos bien sus implicaciones prácticas.

A mediados del siglo xx predominó una actitud de confianza infinita en la ciencia, específicamente en las ciencias naturales. En ningún otro período de la historia tuvo la ciencia un protagonismo similar dentro de las sociedades humanas. Pero en paralelo con el entusiasmo por las implicaciones tecnológicas de la ciencia surgieron debates filosóficos sobre sus limitaciones, los cuales se prolongarán al siglo xxi. Una de las corrientes principales en estos debates es el llamado "constructivismo"² o más específicamente "constructivismo epistemológico", y ha ganado adeptos entre pensadores de las ciencias sociales, aunque no tanto entre quienes trabajan en las ciencias naturales.

¹J. Martí: *Obras Completas*, vol. 6, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1992, p. 15.

²G. Fouriez: *La construcción del conocimiento científico*, Narcea s.a. de Ediciones, Madrid, 1998.

Respáldese o no estas ideas —y el autor de este libro está entre quienes no se entusiasman con ellas—, es preciso conocer que existen. Siempre contienen algún grano de verdad.

Según los constructivistas hay un límite a la objetividad de nuestro conocimiento sobre el mundo, pues al observar algo siempre seleccionamos datos y los ordenamos según nuestros conceptos teóricos. Lo observado, según los constructivistas, pasa por la subjetividad del observador, y de esta forma el conocimiento es una construcción de la mente sobre los datos brutos que nos aporta el mundo real. Observar es siempre seleccionar, estructurar y abandonar lo que no se considera importante, y en ese proceso influyen los intereses de los diversos grupos sociales.

Si la teoría de Kuhn sobre la sustitución de paradigmas, que hemos descrito en la sección precedente, se cuestionó la manera en que los científicos seleccionan lo que se observa, los constructivistas van un paso más allá y se cuestionan el carácter objetivo de la observación. Abandonan la noción de la ciencia como la búsqueda del conocimiento sobre la realidad objetiva, y la sustituyen por la noción de tecnologías intelectuales útiles para el proyecto de determinado grupo social.

Los constructivistas más radicales insisten en que todo hecho científico es “construido” por alguna comunidad científica y por lo tanto no existen verdades objetivas válidas para cualquier comunidad, sino solamente convenciones que son útiles a determinado propósito. Tales posiciones extremas no se sostienen a la luz de los hechos y son además inútiles para las aspiraciones (y derechos) de los países subdesarrollados de acceder al desarrollo tecnológico. Se vuelven paralizantes para el esfuerzo de desarrollo basado en la ciencia.

El grano de verdad que contienen está en la necesidad de ubicar la investigación científica en su contexto social y de introducir un componente de modestia al comprender que la ciencia no puede capturar la realidad completa, sino que debe simplificarla para poder comunicar sus interpretaciones. La ciencia debe su nacimiento a la necesidad de poner

las experiencias en forma comunicable, lo que explica la relación histórica entre el surgimiento de la ciencia y el de los métodos modernos de escritura y lectura.

Es en esta selección de experiencias, y en su simplificación para comunicar, que hacen entrada las influencias sociales y culturales en la labor del científico. Todo observador tiene una cultura y un lenguaje que son previos a la observación. Todo científico se aproxima al mundo con ideas previas.

La llamada de atención sobre esta influencia del contexto social, económico, político y cultural sobre la labor de los científicos es un aporte del constructivismo. Negar, a partir de ahí, la existencia de la realidad objetiva es una extrapolación no validada por la experiencia histórica, y que se acerca peligrosamente a las pseudociencias y los mitos de la Edad Media.

Los constructivistas polemizan sobre el poder explicativo de una teoría científica, e insisten, correctamente, en que cualquier conjunto de observaciones y datos puede ser interpretado con más de una teoría. Pero la ciencia no tiene solamente un poder explicativo de la realidad: tiene también un poder predictivo de las observaciones que todavía no han sido realizadas, como ha sido comprobado muchas veces, y un poder transformativo, especialmente a partir del siglo xx, para impulsar y guiar el desarrollo tecnológico.

El peligro de las pseudociencias

En la segunda mitad del siglo xix proliferó un interés popular por lo desconocido e incomprensible que se expresó en diferentes formas de apreciar la realidad cercanas a la magia y el misticismo, como la parasicología, la astrología, la frenología, la numerología y otras tantas, que tenían en común su rechazo al pensamiento racional basado en hechos verificables y en leyes naturales conducentes a predicciones, y en el ideal de progreso.

Creencias místicas y espiritualidad religiosa han existido por milenios, desde que el hombre comenzó a pensar y a transmitir

sus pensamientos a otros. Son producto del natural interés humano por comprender el mundo y hacer que lo que sucede tenga sentido. No es este capítulo para discutir esas ideas ancestrales y su evolución hasta nuestros días, sino para llamar la atención de un fenómeno más reciente, quizás de los últimos 150 años, que es el intento de darle a esas creencias el título de "ciencias".

Hay dos explicaciones para esta confusión entre mística y ciencia, ambas consecuencias del propio progreso de la ciencia. La primera explicación es que, a partir de la complejidad creciente de la ciencia y especialmente a partir de la llamada "crisis de la física" de principios del siglo xx, que superó la visión de un universo mecánico (de relojería) y descubrió fenómenos tales como el doble carácter de onda y partícula de la luz, las relaciones entre masa y energía, la relatividad, las relaciones entre el espacio y el tiempo, y otros, que tienen en común que, aunque se basan en fenómenos objetivos y verificables, no pueden ser apreciados por la intuición directa y el sentido común. Producto de su propio progreso y sofisticación teórica e instrumental, la ciencia se separó de la intuición y se hizo ante el hombre común tan incomprensible como las propuestas que venían de la magia y el ocultismo. La segunda explicación es que, a partir de su capacidad de hacer predicciones, y de su impacto en la tecnología, la ciencia adquirió un enorme prestigio en la sociedad. Así, una idea cualquiera, para ser aceptada, debería presentarse como "científica". Lo que en siglos anteriores se asumía simplemente como una creencia, sin buscar explicaciones racionales, ahora debería venir "vestida de ciencia".

Y así surgieron las pseudociencias, en sus muchas variantes, que tienen rasgos en común tales como presentar conclusiones que no derivan del método científico, ni pueden ser comprobadas con un experimento realizado independientemente.

El origen de este fenómeno (no la existencia de creencias místicas, que hay en todas las sociedades, sino el intento de calificarlas como ciencia) no está en los países pobres con niveles educacionales promedio bajos, sino en las sociedades opulentas del norte, y de ahí nos llega. Recientemente hemos presenciado

el resurgir, en Estados Unidos, de un cuestionamiento de la teoría darwiniana de la evolución de las especies, con la implicación práctica de la oposición a que se enseñe en las escuelas, o la propuesta de que se enseñe conjuntamente con la visión "creacionista", es decir, religiosa, o el "diseño inteligente" del origen de las especies de animales y plantas. En años recientes hemos escuchado a importantes e influyentes personajes decir que no creen en la evolución, que no creen que el cambio climático esté ocurriendo, que no creen que el virus HIV sea la causa del sida, y otras cosas sin sentido científico como esas.

El asunto no es trivial, pues la aceptación como científicas de ideas y procedimientos que no lo son tiene implicaciones prácticas para la toma de decisiones y las políticas en campos tales como la medicina, la política ambiental, el peritaje judicial, y otros. Ahí están los peligros.

No se trata aquí de rechazar cualquier forma, muchas de ellas respetables, de espiritualidad, o de religión, pues sabemos que la ciencia no da respuesta a todas las inquietudes humanas. Lo que constituye un fenómeno negativo, que nos retrotrae a la edad media, es el intento de validar creencias místicas presentándolas como "científicas".

No toda persona puede dominar los fundamentos teóricos y los complejos instrumentos de la ciencia de hoy, pero deberíamos lograr que la cultura dotase a todas las personas instruidas de una capacidad para distinguir la ciencia de las pseudociencias, y no dejarse confundir. La pseudociencia se presenta con dogmas o revelaciones no provenientes de experimentos que no se pueden cuestionar; fundamentados cuando más en anécdotas; expresados con conceptos oscuros y referencias a autoridades, con explicaciones carentes de racionalidad, y con predicciones que no se pueden comprobar de manera independiente. Sus propuestas suelen tener carácter absoluto. Sobre esto José Martí escribió: "[...] la ignorancia osada todavía es reina de los hombres [...]"¹

¹J. Martí: *Obras Completas*, t. 23, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, p. 146.

La ciencia, por el contrario, avanza con ideas que provienen de los datos obtenidos en observaciones controladas y experimentos, y con hipótesis comprobables y refutables. Una hipótesis científica debe poder ser refutable con un experimento, y es aceptada mientras los experimentos no logren refutarla. Son los mismos científicos que proponen una hipótesis quienes deben diseñar los experimentos capaces de refutarla, resistiendo a la tendencia humana a buscar confirmación más que refutación. La ciencia conduce a predicciones que pueden ser verificadas. Las comprobaciones experimentales de los datos en que se basa una propuesta científica, y la verificación de las predicciones sobre datos todavía no obtenidos, deben poder ser realizadas independientemente de sus proponentes.

El cubano despierto y culto, que aspiramos surja de nuestro sistema educacional, debe ser capaz de ver la diferencia, ante cada propuesta concreta. La refutabilidad, la capacidad predictiva y la verificación independiente son las marcas distintivas de una idea científica. La necesaria comprensión de los límites actuales de la ciencia, que hemos descrito en este capítulo, debe llevarnos a desarrollar mejores métodos de hacer ciencia y aproximaciones más eficaces a la complejidad del mundo natural, pero siempre buscando explicaciones accesibles a la racionalidad humana, predicciones comprobables y diseño de intervenciones útiles a la Humanidad, de impacto también verificable.

A otras cosas, búsquesele otro nombre, pero ciencia no son.

CAPÍTULO V LA CIENCIA Y EL SOCIALISMO

La coincidencia histórica entre racionalidad y socialismo

Socialismo y racionalidad científica fueron dos ideas que surgieron juntas en el siglo XIX. Las rebeliones de los explotados contra los explotadores y las luchas por una sociedad más justa han existido desde hace muchos siglos; pero la idea del socialismo, estructurada como la conocemos hoy, tiene un gran momento de maduración conceptual en 1867: año de publicación de la primera edición alemana de la obra monumental de Carlos Marx, *El Capital*.¹

A partir de ese momento el ideal socialista ya no sería solamente una justa aspiración humana sobre bases morales, sino que sería también una consecuencia objetiva de las leyes del devenir de los sistemas económicos.

En su discurso en el funeral de Marx (1883), Federico Engels dijo: “[...] del mismo modo que Darwin descubrió la ley del desarrollo de la naturaleza, Marx descubrió la ley del desarrollo de la historia humana”.²

¹C. Marx: *El Capital*, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1973.

²F. Engels: “Discurso ante la tumba de Marx”, *Sozialdemokrat*, 22 de marzo de 1883. <https://www.e-torredebabel.com/biografias/Marx/Engels-discurso-Tumba-Marx.htm>

El propio Marx resume así sus conclusiones en su texto *Contribución a la Crítica de la Economía Política*: "El resultado general al cual llegué y que, una vez adquirido, sirvió de hilo conductor para mis estudios puede formularse brevemente así: En la producción social de su existencia, los hombres entran en relaciones determinadas y necesarias, independientes de su voluntad, relaciones de producción que corresponden a un grado de desarrollo determinado de las fuerzas productivas materiales. El conjunto de estas relaciones de producción constituye la estructura económica de la sociedad, base concreta sobre la cual se erige la superestructura jurídica a la cual corresponden formas de conciencia social determinadas. El modo de producción de la vida material acondiciona el proceso de la vida social, política e intelectual en general".¹

La idea del comunismo (y como se llamó después a su primera fase, el socialismo) se hizo entonces muy poderosa, al combinar la rebelión, con la razón y la modernidad. Marx y Engels eran profundos y actualizados estudiosos de lo que ocurría en su época en las ciencias naturales. En los textos y cartas de ambos hay referencias a la matemática, la física, la termodinámica y la teoría de la evolución.

Ellos recibían influencia, obviamente, de las ciencias de la segunda mitad del siglo XIX, pero este fue un momento muy especial del desarrollo de las ciencias. Fue la época de Darwin, Pasteur, Koch y Virchow en la biología, y de Lord Kelvin y Maxwell en la física, de Mendeleiev en la química. La época de la teoría de la evolución, las leyes de la herencia, el electromagnetismo, la termodinámica, la química orgánica, y la bacteriología.

El siglo anterior (XVIII) había sido el Siglo de la Ilustración, que dejó atrás la superstición, la especulación metafísica, los dogmas religiosos y el dominio de la religión sobre la vida intelectual, y creó la confianza de que el universo estaba regido por leyes accesibles a la razón humana, y que estas podían ser descu-

¹C. Marx: "Prólogo de la Contribución a la Crítica de la Economía Política", *Obras Escogidas*, t. 1, p. 183.

biertas con el método científico. El evolucionismo relacionó las ciencias naturales con las ciencias sociales. Fue una etapa de mucha confianza de la ciencia en sí misma. La ciencia se mostraba capaz de estudiar los hechos con objetividad, conectarlos con estrictas relaciones causa-efecto, y descubrir leyes generales de aplicación universal. Las teorías de Marx integraron el pensamiento revolucionario al racionalismo y a la ciencia, y movilizaron a millones de personas. Los avances científicos del siglo XIX confirmaron el triunfo de la razón sobre la religión, en la comprensión y acción humana sobre el mundo material. El socialismo científico fue el triunfo de la razón sobre las ideologías tradicionales en la comprensión y acción humana sobre los problemas sociales.

Marx y Engels escribieron en el Manifiesto Comunista: "El proletariado utilizará su supremacía política para arrebatar poco a poco todo el capital a la burguesía, para centralizar todos los instrumentos de producción en manos del estado, esto es, el proletariado organizado como clase dominante".¹ Para Marx la principal ventaja del comunismo sobre el capitalismo estaba en la eficiencia: la planificación racional y su capacidad para acabar con la sucesión caótica de expansiones y recesiones económicas provocadas por el mercado libre.

Las predicciones de Carlos Marx se cumplieron en el medio siglo siguiente a su muerte. El primer país que emprendió la construcción consciente del socialismo, la Unión Soviética, fue el único país industrial que escapó a los efectos de la gran depresión económica de los años 1930. Entre 1929 y 1940 la producción industrial de la URSS se triplicó y su participación en la manufactura mundial pasó de 5 % a 18 %. La URSS en el siglo XX, en comparación con Estados Unidos, producía 80 % más de acero, el doble de hierro, y cinco veces más tractores. El índice de crecimiento de la economía soviética en los años 1950 era mayor que el de cualquier otro país del mundo capitalista

¹C. Marx y F. Engels: Manifiesto del Partido Comunista, 1848. <https://www.marxists.org/espanol/m-e/1840s/48-manif.htm>

occidental. El socialismo convirtió a la URSS en una potencia industrial en pocos años. A finales de la década de 1930 había borrado la diferencia tecnológica con Alemania.¹

Esa proeza le permitió salir victoriosa de la Segunda Guerra Mundial. En los años 1950 y 1960 tomó la delantera en la era espacial y asombró al mundo con la colocación en órbita del primer satélite artificial (1957), y con el envío del primer hombre al cosmos (1961). El cambio en las relaciones de producción había permitido un nuevo despegue de las fuerzas productivas.

La relación entre la ciencia y el socialismo ocurre en dos direcciones. Por una parte, de la ciencia hacia el socialismo, es el precedente de pensamiento científico en la Europa de los siglos XVIII y XIX, el que crea el contexto cultural para abordar el estudio de la economía y de los problemas sociales con un enfoque racional, en busca de leyes objetivas que llevaran a las ciencias sociales las capacidades de explicación, predicción y transformación, análogas a las de las ciencias naturales.

Por otra parte, del socialismo hacia las ciencias, estas deberían tener un rol protagónico en la conducción de la economía y de la sociedad una vez conquistado el poder por la clase obrera.

La predicción de Marx que no se cumplió fue que las revoluciones socialistas ocurrirían primero en los países donde las fuerzas productivas estaban más avanzadas, como Alemania e Inglaterra. Lo que sucedió fue que las grandes revoluciones socialistas del siglo XX ocurrieron en países técnicamente atrasados, como Rusia, China, Vietnam y Cuba. Las condiciones de explotación que hicieron posible y necesaria la rebelión revolucionaria dejaron luego a la revolución triunfante en el poder con la tarea pendiente de la modernización productiva. Ello implicaba la necesidad de un programa también revolucionario de desarrollo de la ciencia y de la técnica, a ser conducido desde el poder revolucionario.

¹E. Hobsbawm: *Historia del siglo XX*, Grupo Editorial Planeta, Buenos Aires, 2012.

También ocurrió así: en los años 1970 la URSS llegó a tener 25 % de los científicos del mundo, la tercera parte de los físicos y casi la mitad de los ingenieros. El motor fundamental del esfuerzo soviético en la ciencia fue la Academia de Ciencias de la URSS, formada por 250 institutos que empleaban más de 60 000 investigadores a tiempo completo. Además, todas las repúblicas de la Unión (excepto Rusia) tenían sus propias academias de ciencias. En 1954 comenzó a funcionar la primera central átomo-eléctrica de carácter industrial. En 1957 se puso en marcha el acelerador de partículas más potente de la época y en 1959 comenzó a navegar el primer buque rompehielos del mundo movido por energía nuclear. En 1966 ocurrió el primer alunizaje suave de una estación que transmitió fotos de la superficie de la luna y en 1967 una estación automática soviética realizó por primera vez mediciones de la atmósfera de Venus.

La ciencia, que había sido parte de las raíces del pensamiento socialista desde el siglo anterior, seguía ahora siendo parte integrante de la consolidación del primer estado socialista del mundo. Miles de jóvenes científicos cubanos conocieron de cerca esa experiencia.

El reduccionismo económico en las primeras experiencias socialistas

Las ciencias naturales de la época de Marx estaban marcadas por el reduccionismo y una "concepción relojera" de los mecanismos del universo.

El reduccionismo es una característica de la ciencia en general, no del socialismo. Es un procedimiento del pensamiento humano para intentar conocer el mundo. El problema que veremos en esta sección radica en que cuando se intenta aplicar a las ciencias sociales y económicas la estructura de pensamiento de las ciencias naturales, con ella viene ese reduccionismo: la necesidad de reducir los análisis a los rasgos esenciales de

los fenómenos, descartando detalles, y de explicar los fenómenos observables como consecuencia de leyes naturales. El pensamiento científico siempre ha tenido la ventaja de la objetividad, y la desventaja del reduccionismo. Los fenómenos que observamos en el mundo natural responden a leyes universales cognoscibles que establecen rígidas relaciones de causa-efecto. Todavía no se hablaba en la época de Marx sobre relatividad, incertidumbre, y mucho menos sobre complejidad. La ciencia europea en esa etapa estaba liderada por la física, con sus leyes de la mecánica, del electromagnetismo y de la termodinámica. Esta manera de pensar se transfirió al pensamiento económico. El filósofo francés Pierre-Joseph Proudhon escribía en 1846 sobre "la existencia de un sistema natural de economía social, como existe un sistema natural de los cuerpos celestes demostrado por Newton".¹ La confianza de las ciencias naturales decimonónicas, en que todos los fenómenos eran explicables por el efecto de leyes objetivas, también se aprecia en el pensamiento marxista, con una rigidez introducida no por Marx, alerta conocedor de las ciencias de su época, sino por economistas marxistas que vinieron después.

Ese racionalismo reduccionista de las ciencias naturales coincidió en tiempo histórico con el origen del socialismo moderno e influyó en él, y llevó a la idea de que la aplicación consecuente de determinadas leyes de la economía era suficiente para predecir y dirigir el desarrollo económico.

Los problemas que condujeron al estancamiento de la experiencia socialista europea y a la desaparición de la URSS son multifactoriales, pero es evidente que tienen raíces en el funcionamiento de la economía.² A partir de la década de 1970 el modelo económico soviético comenzó a mostrar signos de

¹P. J. Proudhon: *Système des contradictions économiques ou philosophie de la misère*, Guillaumin et Cie, París, 1846.

²J. L. Rodríguez: *El derrumbe del socialismo en Europa*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2014.

disfuncionalidad y estancamiento. El crecimiento del PIB se redujo a cifras inferiores a 3 %; el ingreso real per cápita que crecía en los años 1960, 6,8 % anual, también disminuyó su crecimiento llegando en el quinquenio 1981-1985 a 2,1 %. Entre 1979 y 1982 la producción de bienes industriales se redujo a 40 %.

No espere el lector en este capítulo un abordaje amplio del tema (que el autor no está capacitado para hacer). Hay mucha literatura publicada,¹ en Cuba y en otros países, contentiva de amplios análisis, algunos muy buenos. Nos limitaremos a exponer aquí un componente hasta ahora poco estudiado, que es el de las relaciones entre la ciencia y la economía, y de nuevo, este análisis debe ocurrir en dos planos: el del impacto de las ciencias naturales en las ciencias sociales, y el de la integración de la ciencia en el funcionamiento de la economía.

La filosofía de las ciencias naturales, principalmente la física, en la época en que surgió la idea del socialismo científico era determinista y reduccionista. Una vez conocidas las leyes que rigen el comportamiento de un sistema se puede predecir la evolución de este. Conociendo cómo funcionan las partes componentes de un sistema, se puede conocer cómo funciona el sistema completo. Conociendo el estado inicial del sistema y las leyes que lo rigen, se puede conocer el estado final dentro de un tiempo dado. Los experimentos siempre dan el mismo resultado.

Sobre esas bases se construyó el sistema económico soviético: planificación racional central, verticalidad en la toma de decisiones administrativas, estandarización de los procedimientos, colección de datos con la mayor precisión posible, e intento de optimización de cada uno de los componentes del sistema económico, por separado. La modernización ocurriría aumentando los bienes de capital y la industrialización. La propiedad estatal,

¹Ídem / R. Keeran y T. Kenny: *Socialismo traicionado-tras el colapso de la Unión Soviética*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2013.

por sí misma, sería suficiente para cambiar las relaciones de producción y la superestructura de la sociedad.

Hoy son muchos quienes lo critican, basados en lo que sucedió después, pero si nos atenemos a la evidencia hay que reconocer que fue ese el sistema que en el brevísimo periodo histórico de cinco décadas (incluyendo dos guerras devastadoras) transformó la atrasada economía rusa en una potencia industrial de primer orden. El sistema funcionó: para el nivel de desarrollo de las fuerzas productivas de mediados del siglo xx funcionó bien.

En el otro extremo de la confrontación ideológica, la economía de mercado seguía un paradigma diferente, más semejante a la evolución selectiva darwiniana, o a la teoría demográfica de Malthus, que a la conducción consciente: propiedad privada, surgimiento de nuevas empresas, exploración de variantes casi al azar de estrategias empresariales, competencia feroz en el mercado, supervivencia de las empresas mejores adaptadas y quiebra de las otras. También funcionó el "fordismo" en la industria de Estados Unidos, caricaturizado en las cadenas de montaje que se ven en las películas de Chaplin, para las producciones en masa de bienes estandarizados en la primera mitad del siglo xx. Este enfoque generó ciertamente avances tecnológicos en los países ricos, pero también evolucionó hacia los desastres económicos que vemos hoy en el mundo capitalista: concentración de la riqueza, marginación de personas, migraciones masivas, crisis financieras, deterioro irreversible del medio ambiente.

A partir de los años 1970 las fuerzas productivas aceleraron su transformación y se fue conformando un nuevo paradigma de organización de la producción, con la entrada masiva de las tecnologías de la información y las comunicaciones, la automatización de las fábricas, el trabajo a distancia y la hegemonía creciente de sectores de servicios que no producen objetos materiales. El aumento de la productividad del trabajo y de las escalas de producción hizo que los determinantes de la competitividad dejaran de ser solamente la escala productiva y la

eficiencia en términos de costo, y pasaran a ser cada vez más la diferenciación de productos nuevos, la flexibilidad en el acomodo de la producción a la demanda, y la capacidad de adaptarse rápidamente a la demanda e integrar al propio consumidor en las decisiones productivas. La producción se descentraliza en unidades menores y en muchos casos localizadas en países diferentes. La globalización, impulsada por la informatización y la reducción de los costos de transporte reforzó estos cambios.

Si se quisiera capturar el cambio en una imagen simplificada esta podría lograrse sustituyendo un cuadro con la máquina de vapor, el motor de combustión interna y la cadena de montaje, por uno con la computadora y la red informática. La gestión de los bienes materiales fue cediendo espacio a la gestión de la información. El trabajo se expresa cada vez más como trabajo abstracto. No es teoría: el cambio se expresa concretamente en muchos indicadores, por ejemplo, en el de la reducción del número de trabajadores que manipulan objetos materiales y el aumento de aquellos que manipulan solamente información.

En palabras del sociólogo italiano Antonio Negri: "[...] la cualidad de la acumulación capitalista se ha modificado fundamentalmente en la fase posfordista y postindustrial por la emergencia del trabajo inmaterial como elemento central de valoración [...] La explotación se configura ahora ya como expropiación de los valores de la cooperación y de la circulación productiva, como apropiación capitalista de las excedencias innovadoras del trabajo inmaterial, en la organización social del trabajo".¹

La actividad de la empresa se concentra ahora no solo en producir, sino principalmente en la gestión del financiamiento y de la comercialización.

La complejidad creciente de los sistemas productivos que ahora contenían cambios mucho más frecuentes en los productos y

¹M. Hardt y A. Negri: *empire*, Harvard University Press, Cambridge, London, 2000.

en los procesos, producciones deslocalizadas, cadenas productivas desconcentradas, relaciones horizontales entre las empresas, interacción directa y bidireccional con los consumidores, y con los suministradores, esquemas de financiamiento diversos, movimientos financieros desacoplados de los movimientos materiales, actividad de investigación-desarrollo en las propias empresas, todo ello demandaba enormes volúmenes de información, que el esquema de planificación central y conducción administrativa no lograba manejar.

Simultáneamente, el sistema soviético hacía un esfuerzo extraordinario en investigación científica, pero no lograba integrarlo con éxito a la economía. En los años 1970 la URSS dedicaba a investigación científica 4 % del PIB, mientras para Japón, en plena expansión económica en ese momento, la cifra era 2,5 %. Pero el financiamiento de la ciencia en Japón provenía de las empresas en 67 %, mientras que en la URSS esta cifra era inferior a 10 %.¹

Todo esto no significa un agotamiento de la teoría marxista, sino más bien todo lo contrario. La desaceleración de la economía soviética ratificaba precisamente la intuición genial de Marx, de que el desarrollo de las fuerzas productivas demanda cambios en las relaciones de producción, o la prolongación de esas relaciones, cuando los cambios no ocurren, termina creando trabas al desarrollo tecnológico. Irónicamente los problemas que condujeron al fin de la primera experiencia revolucionaria basada en el marxismo ratificaban las predicciones de Carlos Marx.

Globalización y complejidad social

El nuevo paisaje económico del siglo XXI está marcado por dos procesos que se refuerzan mutuamente: el acelerado cambio tecnológico y la globalización de la economía. Marx y Engels nutrieron su pensamiento social del conocimiento profundo de las

ciencias naturales de su época. El pensamiento social para este nuevo contexto en el siglo XXI debe también tener en cuenta los nuevos conceptos que están emergiendo de las ciencias naturales.

La filosofía de base de las ciencias naturales, positivista, determinista, reduccionista, confiada de sí misma y arrogante en su capacidad de predicción, mostró en el siglo XX todo su potencial para impulsar el desarrollo tecnológico. Una vez que la ciencia se colocó por delante de la tecnología y comenzó a indicarles a los innovadores lo que había que inventar (no solamente a explicar lo ya inventado) las tecnologías derivadas de la ciencia de avanzada dominaron la explosión económica de la segunda mitad del siglo XX. Pero al mismo tiempo el programa reduccionista y determinista de las ciencias comenzó a mostrar sus limitaciones.

La inseguridad comenzó con la llamada "crisis de la física" en las primeras décadas del siglo. La física newtoniana era coherente, no dejaba espacio a ambigüedades en la clasificación de los objetos, descubridora de leyes universales, válidas para el universo micro de las moléculas y para el universo macro de los planetas y las galaxias. Los mecanismos por los que funciona la naturaleza eran comprensibles y se podían expresar en términos de causa y efecto. En los primeros años del siglo XX estas certezas comenzaron a diluirse. La luz era onda y partícula al mismo tiempo; Einstein postuló el carácter relativo del espacio y el tiempo, los conceptos clásicos de posición y velocidad no eran aplicables a las partículas subatómicas, que por demás se descubrían una tras otra hasta identificar más de cien. La hermosa simplicidad del modelo atómico de Bohr comenzaba a desaparecer.

Al mismo tiempo y facilitada por la creciente velocidad de cálculo de las computadoras, iba surgiendo una nueva matemática, aun imprecisamente descrita por términos como "complejidad, teoría del caos, teoría de las catástrofes, etc.", que básicamente rompe el nexo entre leyes deterministas y capacidad de predicción.

¹M. Mazzucato: *El Estado emprendedor*, Demos, London, 2011.

La complejidad emerge cuando los sistemas tienen muchos componentes, muchas conexiones entre los componentes, y conexiones no-lineales. Sucede entonces que aunque tengamos reglas deterministas para la interacción entre los componentes de un sistema no podemos predecir su estado en el futuro, los sistemas muestran propiedades emergentes y transiciones de fase poco predecibles, solamente visibles al estudiar la evolución del sistema total, son exquisitamente sensibles a pequeños cambios en las condiciones iniciales en determinados puntos, pero robustos ante las perturbaciones en otros, generan orden espontáneamente, especialmente en condiciones cercanas al caos (en el "borde del caos"). Estas propiedades emergentes ya no son trazables a las propiedades de los componentes, como ilustramos en la sección precedente con la "paradoja de los pocos genes" en la biología.

Varios sistemas físicos y biológicos han sido descritos con estas propiedades; pero las cosas se complican aún más cuando intentamos aplicar a las ciencias sociales, como muchas veces se ha hecho, conceptos y métodos de las ciencias naturales.

De la biología sabemos hoy que los sistemas vivos evolucionan por "selección adaptativa", es decir, por la acumulación de cambios genéticos (mutaciones) que se generan casi al azar y exploran el espacio de lo posible, seguidos de una selección y fijación de aquellos cambios que generan ventaja evolutiva. El genoma, el sistema inmunitario, el sistema nervioso central y los ecosistemas, evolucionaron así.

La selección adaptativa es otra forma de causalidad. Las causas de los fenómenos que observamos existen, el universo no es un juego de azar, pero esas causas no siempre operan induciendo directamente cambios en los sistemas naturales, de manera instructiva, sino creando presiones selectivas que escogen entre los cambios que se generan al azar, aquellos que contribuyen a la capacidad de perpetuación del sistema.

Esta propiedad de la naturaleza, es decir la generación continua de cambios ya sea al azar o por aparición espontánea de

orden en sistemas complejos, seguida por la selección adaptativa contra ese trasfondo de diversidad, no ha sido muy utilizada todavía en las ciencias sociales, incluyendo la economía y las ciencias empresariales.

Si las empresas se parecen a eso y la economía debe nutrirse otra vez de las ciencias naturales, tendremos que abrirles a las empresas espacios de innovación y exploración, que al principio tienen consecuencias poco predecibles e incluso especies que se extinguen, pero en que la conexión de la innovación con la producción valora y selecciona aquellos cambios que son fuente de ventaja.

Los sistemas económicos, y las sociedades humanas (que son aún más complicadas que estos) son esencialmente sistemas de muchos componentes y de muchas interacciones entre esos componentes, interacciones usualmente no-lineales: Estas son las fuentes de la complejidad. Y este es uno de los grandes retos de la ciencia, incluyendo las ciencias sociales, y del socialismo con su vocación de planificación y conducción consciente de la sociedad, en el recién estrenado siglo XXI.

Conducción consciente de la ciencia: la gestión de discontinuidades

La complejidad de los sistemas naturales, y los sociales, no significa que estos no sean cognoscibles, ni susceptibles a la intervención humana consciente. Significa, eso sí, que hay que estudiarlos en otro plano de organización, menos reduccionista y menos determinista, y que hay que tener en cuenta sus componentes probabilísticos.

Las doctrinas neoliberales del capitalismo actual pretenden manejar las complejidades crecientes de los sistemas económicos dejando que el mercado, basado la propiedad privada, la competencia y los intereses individuales, conforme espontáneamente la sociedad, sin la intervención del Estado.

Y el mercado lo hace: genera un sistema que crea crecientes desigualdades sociales, dentro y entre los países, concentración de riquezas y marginación de personas; que acumula riqueza material para satisfacer la demanda solvente, no la demanda social real, destruye la riqueza espiritual y el medio ambiente, e incuba crisis periódicas y guerras depredadoras.

Una de las ventajas principales del socialismo es la conducción consciente de la sociedad. Esto incluye la conducción consciente de las relaciones entre la ciencia y la economía, que es uno de los temas centrales de este libro. Y una vez más es imprescindible entender la evolución de la ciencia misma, como lo hicieron Marx y Engels en su tiempo.

La gestión de la ciencia, como vimos en los capítulos precedentes, ha transitado por diferentes etapas: primero como un emprendimiento de individuos interesados en la creación de conocimiento, pero sin una estructura organizacional, luego como agrupación de individuos en sociedades científicas y academias, más tarde como una función de las universidades y recibiendo apoyo estatal a través del apoyo a la educación superior, más adelante, a partir de mediados del siglo xx convirtiéndose en una función de los estados, y finalmente en las últimas décadas del siglo subsumiéndose en parte en la actividad de las empresas, forma esta de gestión que coexiste con todas las precedentes.

El paisaje del momento actual para la gestión de la ciencia es un mosaico que combina el accionar de academias, universidades, programas de gobierno, todo ello en el sector presupuestado de la economía, y ciencia en el sector empresarial en diferentes proporciones según los países y las ramas de la ciencia.

El sector empresarial ha ido asumiendo una fracción cada vez mayor de los gastos nacionales en investigación-desarrollo en varios países. En los Estados Unidos, Europa y Japón el financiamiento de la ciencia es empresarial en más de 50 %.

La internalización en las empresas de un componente mayor de investigación científica ha creado la falacia de que son ahora las empresas las que “hacen ciencia”. Esto no es verdad. Las empresas transforman la ciencia en productos y servicios comercializables, y esto es un proceso complejo que requiere siempre nuevas investigaciones; pero las grandes innovaciones provienen casi siempre de la inversión estatal en ciencia, en el sector presupuestado, en universidades y laboratorios estatales. Los mapas genéticos, los microchips, Internet, el algoritmo de Google, la tecnología del teléfono celular, las bases científico-técnicas de las energías renovables, y otros, fueron todos en sus inicios mayoritariamente proyectos estatales. La inversión de los gobiernos en energías renovables es más del doble de la inversión privada; los nuevos medicamentos que son innovaciones radicales (las llamadas Nuevas Entidades Químicas) surgen en más de 75 % de inversión pública en ciencia.

El esfuerzo que hagamos en Cuba por expandir sectores de alta tecnología en nuestra industria tiene que ir en paralelo con el reforzamiento de la actividad científica en el sector presupuestado. La tarea de desplegar actividad científica en las empresas no debería llevarnos a pensar que toda la ciencia debe ser empresarial. Hay que cosechar nuestra cultura científica en las empresas, pero también hay que seguir sembrando, y esto se hace en el sector presupuestado.

La historia enseña que las innovaciones radicales (no las mejoras incrementales) son un área de fallo de mercado. No ocurren impulsadas por la competencia. La economía del conocimiento depende de la inversión previa en “ciencia habilitante”, cuya relevancia económica solamente se descubre en retrospectiva. Internet, el láser, el mapeo genético y muchos otros hitos tecnológicos no surgieron en empresas; llegaron a ellas después. La ciencia en el sector empresarial consume capital intelectual, no lo genera.

Las instituciones científicas del sector presupuestado tienen tres conexiones principales con el sector empresarial. La primera

obvia: son la fuente de personas calificadas, con las herramientas intelectuales adecuadas. La segunda es que son la retaguardia científica de los sectores de punta, llevando el tipo de ciencia exploratoria que no se hace en el sector empresarial. La tercera menos evidente, pero muy importante es que son la fuente de nuevas empresas de alta tecnología. Estas se incuban dentro del sector presupuestado hasta que están maduras para una vida empresarial propia.

En Cuba tenemos también una expresión, todavía poco estudiada, de este proceso de incubación de empresas. Varias de las instituciones que son hoy empresas de BIOCUBAFARMA surgieron de colectivos científicos que maduraron dentro de instituciones académicas. Ahora es el momento de capturar las regularidades de esa transformación y convertirlas en acciones multiplicadoras; sin perder en el camino las especificidades de la ciencia presupuestada (exploratoria, probabilística, orientada al largo plazo, trasmisible a las nuevas generaciones), que la distinguen de la ciencia empresarial (focalizada, determinista, orientada al corto plazo). Necesitamos ambas, precisamente para que puedan potenciarse. Ambas tienen que crecer, y ese crecimiento hay programarlo y hay que medirlo.

Los procesos de producción de ciencia en el sector presupuestado no tienen la conducción y los indicadores de impacto económico propios del sector empresarial, pero ello no significa que no tengan ninguno. Una de las tareas más apremiantes del momento es precisamente la elaboración de nuestro cuadro de indicadores del desarrollo científico en el sector presupuestado, y la inserción de estos en el sistema de indicadores con el que se conduce la sociedad cubana. Ello incluye la información a toda la sociedad y la participación de todos en el debate y la crítica del desarrollo científico, no a través de "anécdotas" en los medios de comunicación, sino mediante datos duros que capturen esta parte de la realidad. Nuestro pueblo tiene la madurez suficiente para interpretarlos, y el derecho a hacerlo.

En nuestro país este proceso de conducción consciente de la ciencia, incluyendo la conducción de sus relaciones con la economía, ha ocurrido y debe seguir ocurriendo en el contexto de una economía socialista. El éxito que podamos tener en esta tarea depende de que seamos capaces de comprender las ventajas del socialismo y las palancas utilizables, y luego que seamos capaces de transformar esa comprensión en acciones concretas e implementarlas.

El proceso objetivo, aun incompleto, de conexión de la ciencia con la economía ha sido estudiado por muchos autores a partir de la economía de mercado. No hay mucha literatura publicada sobre este proceso y sus mecanismos en una economía socialista.

En el capitalismo la transformación del conocimiento en un factor determinante de la producción lleva obligatoriamente a la privatización del conocimiento. Los factores determinantes de la producción siempre han sido privatizados en la lógica de la acumulación capitalista: propiedad sobre los trabajadores (la esclavitud, abandonada cuando dejó de ser útil), propiedad sobre la tierra, propiedad sobre las fábricas y otros bienes de capital.

Ahora, en la era de la "economía del conocimiento" el paso siguiente es precisamente la privatización del conocimiento. Esto se expresa a través de las leyes de propiedad intelectual (patentes), los sistemas de barreras técnicas al comercio (regulaciones), y también del llamado "robo de cerebros" (la emigración selectiva) que es un retorno a la propiedad sobre las personas. Se evidencia así especialmente el carácter de corrupción institucionalizada que tiene el capitalismo neoliberal, cuando se apropia de recursos públicos y los convierte en privados.

Pero esta privatización del conocimiento, a la vez que asegura una extracción mayor de plusvalía, crea también costos de transacción, a medida que las relaciones entre la generación del conocimiento y la utilización del conocimiento en la economía implican relaciones de mercado entre las organizaciones que

“venden conocimiento”, que están usualmente en el sector presupuestado, y las organizaciones que lo compran (en el sector empresarial) para generar ganancias y ventaja competitiva. Es la expresión, en la economía moderna basada en el conocimiento, de la contradicción que identificó Marx entre el carácter social de la producción, en este caso la producción de conocimiento que es esencialmente social, y el carácter privado de la apropiación. Esta contradicción terminará convirtiéndose en una traba al desarrollo de las fuerzas productivas.

En una economía cada vez más estrechamente vinculada a la ciencia y las nuevas tecnologías, se hace muy evidente el carácter social de la producción. El valor del trabajo depende crecientemente del contenido de trabajo pretérito, también de carácter social, y eso es lo que hace moralmente inaceptable la apropiación privada.

La literatura existente sobre el tema, proveniente en su mayor parte de los países industrializados del norte capitalista, hace equivalente sector presupuestado con el sector público, y sector empresarial con el sector privado. Pero en el socialismo esto no es así, porque las empresas no son privadas, y eso lo cambia todo.

Y ahí es que hay que encontrar las palancas del Socialismo y saberlas utilizar.

En el capitalismo cuando una universidad pública, por ejemplo, vende una patente a una empresa privada, está vendiendo un bien (el conocimiento) cuya generación se financió con dinero público aportado por el gobierno. Ese conocimiento va a generar rendimiento económico en una empresa privada, que se apropiará de las ganancias. Es otro mecanismo de transferencia de los recursos que son de todos, a los dueños privilegiados que son pocos.

En el socialismo la ciencia se financia con recursos que pertenecen a toda la sociedad, y va a respaldar el desempeño económico de empresas que también pertenecen a toda la sociedad. Se trata de conexión de la ciencia con la economía, sin privatización. Hay que estudiar a fondo este cambio y sus implicaciones

prácticas, y no hay mucha literatura sobre el tema y pocos casos de referencia. En la URSS no se logró, al menos no en toda su potencialidad, esta conexión. Un importante dirigente soviético, Yuri Andropov, dijo en un discurso en 1983: “las formas y métodos de gestión han quedado a la zaga de las exigencias que plantea el actual nivel de desarrollo técnico-material, social y espiritual de la sociedad soviética”.¹

Che Guevara, al reportar una visita a la URSS en una carta a Fidel Castro en 1965 escribió: “La técnica ha quedado relativamente estancada en la inmensa mayoría de los sectores económicos soviéticos”.²

Ciertamente en el socialismo la propiedad social sobre los medios de producción nos libera de las distorsiones y efectos corruptores de la propiedad privada, de la actitud cortoplacista que engendra la competencia en el mercado y de la ceguera propia del neoliberalismo ante las demandas sociales; y permite una interacción más fluida entre el sector empresarial y el sector presupuestado, orientada a las necesidades sociales reales. La posición central del Estado Socialista como “dueño” (no necesariamente como administrador) de las empresas principales le permite captar una parte importante de las utilidades (no solo los impuestos), impedir que estas utilidades vayan a financiar el consumo suntuario de una clase de propietarios, y le permite entonces invertir esas utilidades en financiar desarrollo social e infraestructura, que son condiciones esenciales para que ocurra la conexión exitosa entre la ciencia y la economía.

¹Y. Andropov: “La teoría de Carlos Marx y algunas cuestiones de la edificación socialista en la URSS”, *Boletín de Información*, vol. 9, Editorial Internacional Paz y Socialismo, Praga, 1983.

²E. Guevara: “Algunas reflexiones sobre la transición socialista” Carta a Fidel en abril 1965. <http://www.contextolatinoamericano.com/articulos/algunas-reflexiones-sobre-la-transicion-socialista/#>

Pero socialismo también es dirección consciente de la sociedad y eso implica que sus ventajas potenciales no se realizan solas, sino que requieren un proceso de construcción. De este razonamiento se deriva también que el Estado, que tiene ciertamente una función de regulación y control, no puede en el socialismo limitarse a esa función reguladora, sino que sus funciones se extienden a la promoción activa del impacto de la ciencia en la economía. No es tarea sencilla encontrar el balance óptimo entre la función de control, que puede limitar la exploración de alternativas "no establecidas", y la función de promoción activa que puede, y muchas veces debe, relajar determinados procedimientos de control.

Si cometiésemos el error de interpretar la función de conducción consciente de la economía como la extrapolación al siglo XXI de las formas de planificación central total y dirección administrativa vertical, que funcionaron ciertamente bien en el siglo XX (ya hace casi 100 años), estaríamos renunciando a una de las principales ventajas del socialismo. La ciencia debe contribuir a evitar este error.

El fortalecimiento de una institucionalidad para la ciencia es un proceso objetivo que viene ocurriendo desde hace siglos primero lentamente y a partir de las primeras décadas del siglo XX, aceleradamente como parte de las funciones del estado. Es un proceso que requiere diseño y conducción consciente, especialmente en el socialismo, y ese diseño en las nuevas condiciones del siglo XXI, necesita incluir el diseño de las conexiones entre la ciencia y la economía.

El actor protagónico de esas conexiones en el socialismo, es la empresa estatal socialista.

La ciencia en la empresa estatal socialista

La intervención del Estado en la economía es imprescindible para cualquier programa de desarrollo socioeconómico, aún en el capitalismo, y más aún en el socialismo. El desarrollo socioe-

conómico es un área de "fallo de mercado". Nunca ha ocurrido sin una fuerte intervención del Estado.

La trampa principal de las doctrinas neoliberales está en el intento de reducir (los más fundamentalistas dicen "eliminar") el papel del Estado en la economía. Pero todas las experiencias conocidas de desarrollo económico partieron de una fuerte intervención estatal. Es una regularidad que se repite, en diferentes momentos históricos en Francia, Singapur, Japón, Corea, China, incluso en Estados Unidos, principal defensor actual de la desregulación y la economía de mercado.

El Estado tiene diversos mecanismos de intervención en la economía, al actuar como regulador, como fisco, como cliente de determinadas empresas, como proveedor de educación y otros servicios sociales, pero también frecuentemente como dueño. Estas funciones se combinan en proporciones diferentes según el país y el momento histórico, pero la verdad de los hechos es que no hay desarrollo económico sin intervención estatal.

La diferencia entre un sistema social y otro está en a favor de quién interviene el Estado, si a favor de las clases dominantes o a favor de todo el pueblo, pero para el crecimiento de la economía, el Estado moderno interviene siempre.

El socialismo (en su componente económico) es esencialmente la propiedad social sobre los medios de producción, la distribución del producto de la economía en proporción al trabajo, y la planificación consciente de los procesos económicos. La empresa estatal socialista es el garante de que eso sea así.

Ciertamente también hay un componente cultural esencial al socialismo. Ernesto Che Guevara dijo muy categóricamente: "El socialismo económico sin moral comunista no me interesa. Luchamos contra la miseria, pero también luchamos contra la alienación".¹ Los comunistas cubanos entendemos muy bien lo

¹E. Guevara: Entrevista con el periodista Jean Daniel, del *EXPRESS*, Argel, Julio 1963. Citado en: Atilio Boron: *EL CHE, MEDIO SIGLO DESPUES*. <http://www.resumenlatinoamericano.org/2017/10/06/el-che-medio-siglo-despues/>

que eso quiere decir, y lo entendimos mejor aún en la década de 1990, durante el Período Especial. Este componente cultural del socialismo es esencial incluso para su propia viabilidad económica; pero de ello trataremos dos capítulos más adelante. Por el momento mantengámonos analizando el papel de la ciencia en lo que el Che llamó "el socialismo económico".

En Cuba nuestras empresas estatales pudieran considerarse como empresas con 11 millones de accionistas, y esos "accionistas" que son el pueblo todo, son representados por el Estado, que es quien nombra o revoca a los directores ejecutivos. Nuestro socialismo reside en la propiedad, que es de todo el pueblo, y en las formas socialistas de distribución (a cada cual según su trabajo) lo cual es consecuencia de un proceso político que nos distingue del capitalismo. En la empresa estatal todos recibimos ingresos según nuestro trabajo, pero las rentas derivadas de la propiedad de la empresa pertenecen a los 11 millones de cubanos, a través del Estado. Las formas concretas de gestión administrativa son otra cosa, y esas son un proceso esencialmente técnico. No podemos confundir propiedad con gestión, ni propiedad social con gestión centralizada, ni mucho menos intentar dinamizar la gestión mediante la privatización de la propiedad. Ya en otros países se cometió ese error, y sabemos las consecuencias.

En el debate que está hoy ocurriendo en diferentes espacios de la sociedad cubana en torno a nuestro modelo económico, uno encuentra con cierta frecuencia en algunos pensadores esta confusión entre dinámica de la economía y sector no-estatal. Esto es un peligroso error: la dinámica de la economía socialista es la de las empresas estatales, y la tarea de hoy es habilitarlas para eso.

Son esas empresas estatales socialistas las que deben ser cada vez más el dispositivo organizacional concreto en que tiene lugar la conexión de la ciencia con la economía. Un subconjunto de esas empresas son las Empresas de Alta Tecnología. Se trata también de un proceso objetivo de desarrollo de las

fuerzas productivas, que el socialismo está en condiciones de reforzar.

En las últimas décadas y en algunos sectores se ha estado dando un paso más en este desarrollo, que es un proceso de internalización de la investigación científica en las empresas, haciendo emerger un tipo de empresa diferente, la Empresa de Alta Tecnología.

A los dos procesos objetivos de socialización de la producción, y de separación entre propiedad y gestión, que hemos descrito en las secciones precedentes, y que han sido consustanciales al desarrollo industrial desde hace más de 200 años, se adiciona en el último medio siglo otro fenómeno, que es el de la internalización de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en las propias empresas. Comenzó en la primera mitad del siglo xx con los laboratorios de investigaciones de las grandes corporaciones de las industrias química y electrónica, y se expandió después con la microelectrónica, la computación y la biotecnología.

Surgen así empresas que invierten una parte importante de sus recursos en investigar nuevos productos y procesos, que sustituyen sus productos por otros mejores con mayor frecuencia que la industria tradicional, que protegen sus conocimientos con patentes y se involucran en frecuentes transacciones sobre activos intangibles (patentes y otros), y que emplean una fuerza de trabajo de alta calificación. Son las llamadas Empresas de Alta Tecnología y son parte de una etapa nueva del desarrollo económico que se conoce como Economía del Conocimiento. Genera sectores industriales en los que el conocimiento (más que el gasto material) es el principal componente del costo, en que el ciclo de vida de los productos es más corto, en que se compite por diferenciación de productos (productos nuevos) más que por escala y costos, y en que las empresas internalizan investigación científica. Los sectores de la microelectrónica, las telecomunicaciones, el software, la biotecnología, las energías renovables, los nuevos materiales, la

industria aeroespacial, y otros, son así. En Cuba en el sector de la biotecnología, comenzaron a surgir en los años 1980 y 1990 empresas de este tipo.

En la medida en que sea cada vez más este tipo de empresa que conecta directamente la ciencia con la economía, el eje principal del desarrollo, será este el terreno en el que habrán de mostrarse las contradicciones del capitalismo, y las ventajas del socialismo.

Volveremos sobre este tema en el capítulo que sigue.

CAPÍTULO VI LA CIENCIA Y LA ECONOMÍA

Este no es un capítulo para profundizar en las ciencias económicas, más allá de lo estrictamente imprescindible para comprender la nueva función que la ciencia comienza a asumir en los sistemas económicos a partir de la segunda mitad del siglo xx. No se puede entender la ciencia y su papel en la sociedad sin visualizar su conexión creciente con la economía.

Estamos hablando de un fenómeno relativamente reciente, al menos en sus dimensiones actuales. Ha ocurrido en el tiempo de una o dos generaciones.

El surgimiento de la industria cambió la economía, antes mayoritariamente agrícola, hace 300 años (la máquina de vapor se inventó en 1774). Pero la llamada "economía del conocimiento" es un fenómeno de los últimos 50 años.

Todavía en los años 60 del siglo xx, en los países industrializados, había un sistema productivo basado en el capital, el uso masivo de mano de obra barata, y el uso intensivo de la energía, especialmente de los combustibles fósiles y la electricidad.

En las últimas décadas del siglo xx la literatura económica comienza a reflejar una toma de conciencia de que el impacto de la generación y la circulación de conocimientos sobre la eficacia de los sistemas económicos estaba cambiando de calidad.

La gestión del conocimiento, que incluye la capacidad de asimilar, circular y generar conocimiento, que se entendía desde hacía tiempo como un factor contribuyente al desarrollo económico, estaba pasando ahora a convertirse en el factor principal determinante de la productividad.

El documento "Reporte del Desarrollo Mundial" de 1999 lo describe así: "Para los países en la vanguardia de la economía mundial, el balance entre conocimientos y recursos se ha desplazado y el conocimiento se ha convertido en el factor más importante que determina el estándar de vida, más que la tierra, los instrumentos y la fuerza de trabajo. Las economías más avanzadas de hoy son verdaderamente economías basadas en el conocimiento [...]".¹

Es un cambio trascendental, y no comprenderlo así, o no ver sus implicaciones, o no actuar en consecuencia, sería un error también trascendental.

Este capítulo estará destinado a transmitir al lector siete ideas:

1. Que la ciencia ha cambiado de posición con relación primero a la tecnología y luego a la actividad económica.
2. Que el crecimiento económico depende cada vez más de su componente de ciencia y técnica.
3. Que lo esencial del proceso no está solamente en el volumen de la actividad científica sino en la intensidad de las conexiones entre la ciencia y la economía.
4. Que ello requiere el surgimiento de un tipo especial de empresa y de un contexto regulatorio específico, con una fuerte intervención del Estado.
5. Que la producción de alta tecnología requiere de conexiones cada vez más directas de las empresas con la demanda de bienes y servicios de alta tecnología.

¹The World Bank: *World Development Report 1999/2000: entering the 21st century*, Oxford University Press, 1999

6. Que el sector empresarial no puede lograrlo por sí solo, sino que se requiere un balance del esfuerzo entre el sector empresarial y el sector presupuestado.
7. Y finalmente, que en ese balance radican las ventajas potenciales del socialismo, que serán reales si sabemos implementarlas bien.

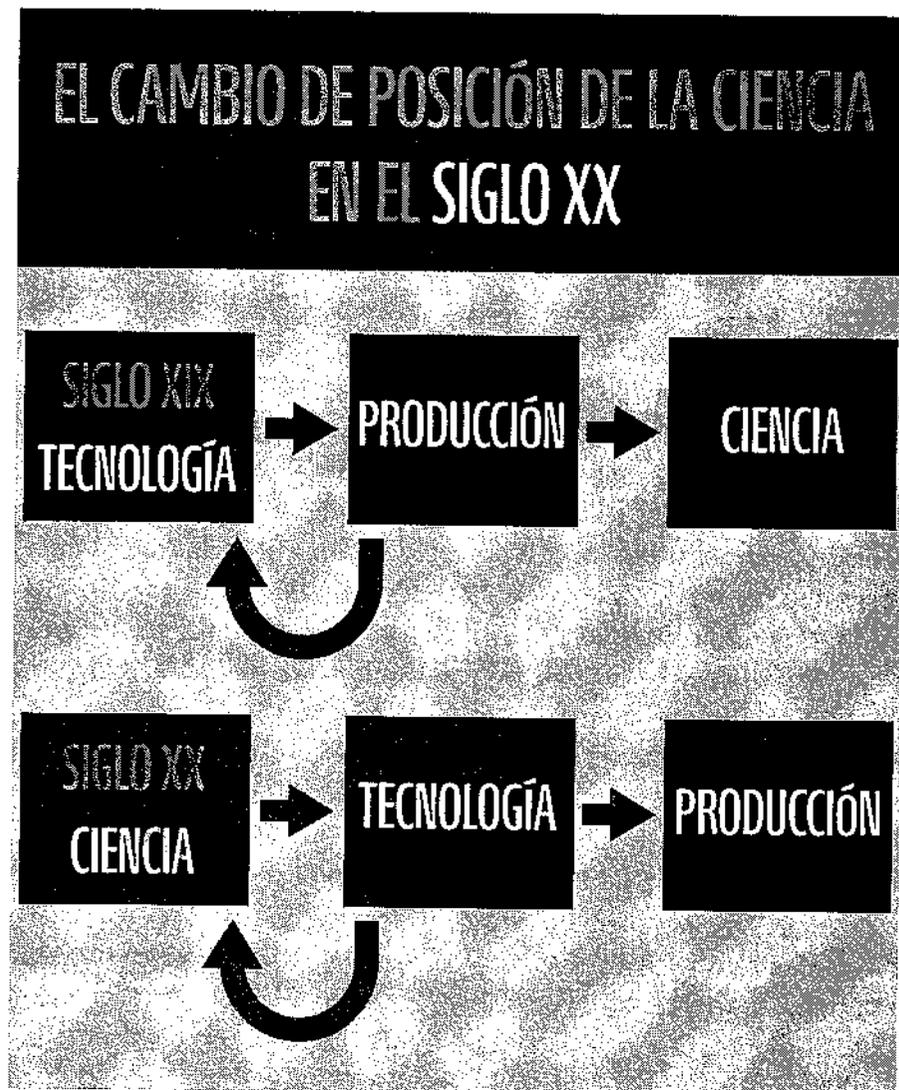
Como se explicó en los capítulos precedentes, la creación organizada e intencionada de conocimiento nuevo que hemos definido aquí como ciencia se expresa por su valor explicativo, su valor predictivo y su valor transformativo; pero estas tres capacidades no se expresan simultáneamente. Estudiar el impacto de la ciencia en la economía es esencialmente estudiar su valor transformativo. Esta función se expresó poco durante siglos. La ciencia proporcionaba teorías explicativas de los fenómenos observables en el mundo real, y en algunos casos predicciones sobre fenómenos todavía no observados, como un eclipse, por ejemplo. Otro ejemplo famoso fue cuando Einstein predijo la curvatura de un haz de luz (por su carácter de partícula, sensible a la atracción gravitatoria) y la predicción se verificó años después durante la observación de un eclipse de sol.

Hay muchas áreas de la vida humana dominadas por la experiencia, el ensayo y error, la habilidad, el sentido común entrenado, y a lo sumo, la diseminación de conocimientos (medicina, agricultura, construcciones). Esto comenzó a cambiar en el último tercio de siglo XIX cuando los descubrimientos científicos más abstractos comenzaron a mostrar su potencial tecnológico. Es un primer cambio en las funciones de la ciencia en la sociedad.

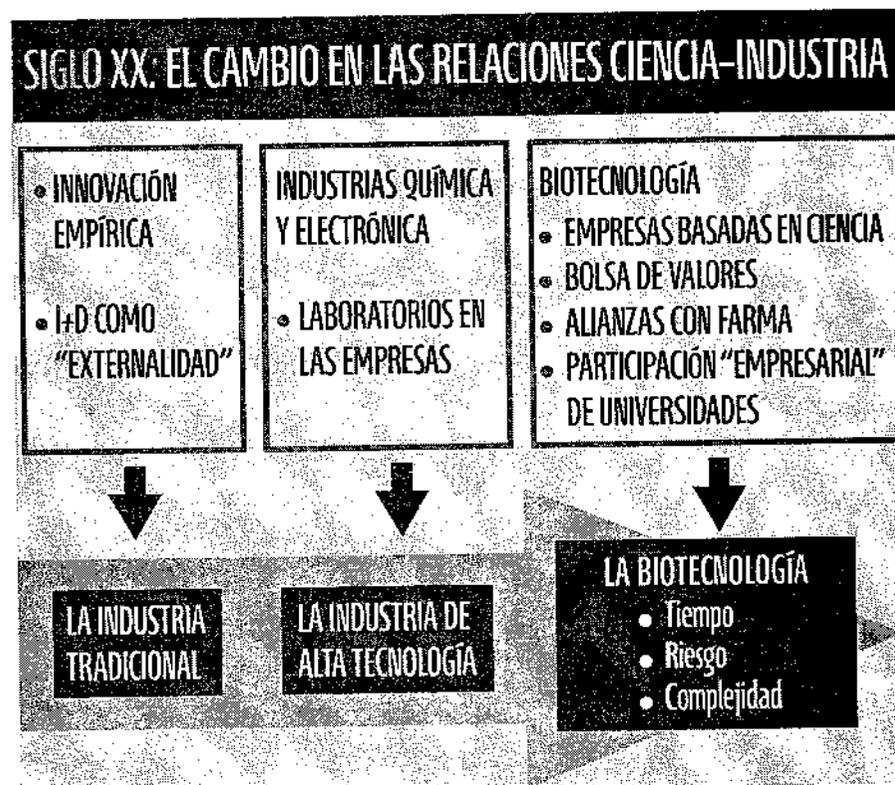
Durante siglos las transformaciones en la vida material eran el producto de innovaciones empíricas. La primera patente de máquina de vapor fue registrada por un inventor español en 1606 y perfeccionada en Inglaterra en 1774. Las leyes de la termodinámica que explican su funcionamiento vinieron mucho después, a principios del siglo XIX. La transferencia de electricidad fue

observada y estudiada empíricamente desde el siglo XVII. Las leyes del electromagnetismo vinieron 200 años después, en siglo XVIII. La penicilina se descubrió por una observación fortuita en 1928. Los mecanismos moleculares de su acción antimicrobiana se descubrieron después.

Esa secuencia entre tecnología y ciencia comenzó a invertirse en el siglo XX: no hubiera habido energía nuclear, ni láser, ni proteínas recombinantes, sin la ciencia precedente.



El segundo cambio en la posición de la ciencia en la sociedad estuvo en su institucionalidad. Comenzando por ser una actividad “de aficionados” individuales en la antigüedad, la ciencia se internalizó en las universidades en la Edad Media, y en las sociedades científicas durante la modernidad, para ser luego asumida en instituciones científicas financiadas por el Estado en los países más avanzados; pero en estas etapas la ciencia todavía era vista por las empresas esencialmente como una externalidad económica, que las beneficiaba indirectamente. En el siglo XX parte de la investigación científica empezó a ser internalizada en laboratorios de las propias empresas, principalmente en los sectores de la química y la electrónica. El paso siguiente fue el surgimiento de empresas cuya actividad principal es la investigación científica, lo cual comenzó a ocurrir en el último tercio del siglo XX en el sector de la biotecnología.



Estas transformaciones en la posición de la ciencia, primero con respecto a las tecnologías y luego en relación con el mundo empresarial, crearon las condiciones para el surgimiento de lo que hoy llamamos Economía del Conocimiento. ¿Cómo se expresa en la práctica este nuevo rol de la ciencia en la economía?

Los síntomas: el impacto de la ciencia sobre la economía

Como un buen médico haciendo un diagnóstico, comencemos por enumerar los síntomas de que algo nuevo está ocurriendo en las relaciones entre la ciencia y la economía:

- El valor de los productos y servicios se distancia del valor de su componente material. Cuestan y se venden en función de la cantidad de conocimiento necesaria para crearlos.
- Los productos tienen un ciclo de vida más corto y se sustituyen rápidamente por otros mejores.
- Se acorta el tiempo en que un descubrimiento científico origina nuevas tecnologías y nuevos productos, y se hace más visible la conexión directa entre la ciencia y los productos y servicios que ésta genera. Los transistores surgieron en 1948 como un subproducto de la física del estado sólido y las propiedades electromagnéticas de los cristales. El láser en 1960 no surgió de los estudios de óptica sino de trabajos para hacer vibrar moléculas en resonancia con un campo eléctrico. Su uso llegó a los consumidores a través del CD.
- La competencia ocurre sobre la base de la diferenciación de productos, ya no solamente, ni principalmente, en base a escala de producción y costos.
- El acceso al conocimiento se convierte en el principal recurso limitante para la entrada de una empresa (o un país) en los mercados competitivos.
- Las empresas internalizan la investigación científica como parte de sus costos.

- Los Estados invierten directamente en la investigación científica.

La teoría: los procesos esenciales que determinan estos fenómenos

La importancia de la innovación tecnológica en el crecimiento económico es capturada en las teorías sobre el crecimiento económico en el concepto de Productividad Total de los Factores (PTF). Lo que un sistema económico produce en bienes y servicios (sus "salidas") es una función del capital y del trabajo humano (las "entradas"). Sin embargo, los intentos de ajustar los datos de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) al crecimiento del capital y de la fuerza de trabajo dejan siempre un "residual", una parte del crecimiento que no se puede explicar porque haya más fuerza de trabajo y más bienes de capital. Este es el residual que mide cuanta "salida" en bienes y servicios transables se obtiene por unidad de "entrada" en fuerza de trabajo y capital. En la literatura hay intentos de medir este factor, al igual que se mide el PIB, y usarlo como criterio del desarrollo tecnológico.¹

El Factor Total de Productividad contiene indirectamente los efectos de la innovación tecnológica, la investigación científica e incluso de la innovación organizacional, es decir, del perfeccionamiento de las formas de organización del trabajo.

Las mediciones de crecimiento económico usando este modelo han producido la conclusión de que más de 60 % del crecimiento del PIB (la mayoría de los estudios se refiere a Estados Unidos) es explicable por el cambio tecnológico, no por incrementos en el capital y la fuerza de trabajo.

¹R. Solow: "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Statistics*, vol. 39, 1957, pp. 312-320. / Charles R. Hulton, Edwin R. Dean y Michael J. Harper: *New developments in productivity analysis*, University of Chicago Press, Chicago, 2001.

Estos son modelos de crecimiento de la "economía neoclásica", en la cual la innovación se considera un proceso exógeno al sistema económico. Más recientemente, a partir de los años 1980 se desarrolla la "teoría del crecimiento endógeno", en la cual el conocimiento y el capital humano se consideran una forma de capital, que se añade al capital fijo.

Los incrementos en el conocimiento se hacen equivalentes a otras formas de inversión. Los estudios de la productividad total de los factores intentan medir cómo el cambio tecnológico influye en el crecimiento económico. Lo que todavía necesita más elaboración es una teoría y una forma de medición sobre cómo la inversión en ciencia influye en el cambio tecnológico. Sabemos que influye, pero no tenemos todavía una aproximación cuantitativa de este efecto. Ello quedará como tarea para los futuros académicos estudiosos de la "economía del conocimiento".

También es motivo de polémica la influencia de la economía exportadora (la fracción de exportaciones sobre el PIB) en la productividad de los factores, ya que la mayoría de los estudios empíricos están hechos en las grandes economías industrializadas, y tienen poco en cuenta las particularidades de las economías pequeñas donde lo que se obtiene del capital y del trabajo depende de la demanda de la economía externa. Los países pequeños necesitan todavía su propia teoría del crecimiento económico.

La respuesta adaptativa: la ciencia en el sector empresarial

Todo aquello que una cultura de pensamiento científico nos permite, se hace a través de formas concretas de organización. Estas están en dos terrenos: en el sector empresarial y en el sector presupuestado. En ambos la sociedad invierte sus recursos. Se diferencian en la inmediatez de la recuperación de los recursos invertidos. De la empresa se espera que los recursos invertidos se recuperen directamente por la propia empresa, en

forma de dividendos dentro del ciclo económico. De las organizaciones presupuestadas (educación, salud, etc.) se espera que el esfuerzo invertido retribuya a largo plazo, a través de toda la sociedad.

La ciencia, como actividad institucionalizada para la producción de conocimiento, surgió en el mundo dentro del sector presupuestado, en universidades, academias y centros científicos. En el siglo xx, en las economías más desarrolladas ocurrió un proceso gradual de transferencia del financiamiento y la implementación de la ciencia desde el sector presupuestado hacia el empresarial. Comenzó con la creación de laboratorios en las grandes empresas en la década de 1950, continuó con el despliegue de relaciones contractuales entre Universidades y Empresas¹ en los años 1980, y luego con el surgimiento de empresas que tienen la investigación y el desarrollo de nuevos productos como su contenido principal, las llamadas Empresas de Alta Tecnología. Así se llegó a la situación actual en la que el financiamiento empresarial de la ciencia alcanza más de 60 % en varios países.

En Cuba el impulso revolucionario a la actividad científica partió también del sector presupuestado, las Universidades, la Academia de Ciencias, el Centro Nacional de Investigaciones Científicas, los Institutos de los ministerios de Salud Pública y de la Agricultura y otros. No teníamos un sector empresarial en condiciones de ser financiador y protagonista del desarrollo científico.

La primera experiencia grande en Cuba de una actividad científica integrada con la producción y las exportaciones ocurrió en la década de 1980 en el sector de la biotecnología. Los medicamentos y productos de la biotecnología son ya el segundo renglón de exportación material en nuestra economía, por encima del azúcar, el ron, el tabaco, la pesca, los cítricos, y otros que fueron hace 30 años nuestros renglones exportables principales.

¹J. Washburn: *University Inc.: the corruption of higher education*, Perseus Book Group, New York, 2006

Ahora es el momento de construir sobre esa experiencia, extraer enseñanzas de sus aciertos, errores, y comenzar a desplazar paulatinamente la ciencia hacia el sector empresarial, en otras ramas de la economía. Esto significa en el orden práctico:

- Entender que la tarea no es solo aumentar el volumen de la actividad científica, sino esencialmente reforzar las conexiones de la ciencia con la economía.
- Entender que el actor principal del desarrollo científico en el sector empresarial es la empresa estatal socialista.
- Crear un contexto de regulaciones económicas que incentive la absorción de ciencia por todas las empresas.
- Entender que, para los países pequeños, hay un fuerte vínculo entre desarrollo tecnológico y capacidad de exportación.
- Crear una definición propia y un contexto de regulaciones económicas específicas para las Empresas de Alta Tecnología, orientadas a la exportación.
- Incrementar la dinámica de surgimiento de empresas estatales nuevas.

Los Lineamientos aprobados por el VII Congreso del Partido Comunista de Cuba establecen que la empresa estatal socialista es la forma principal de la economía. No es una frase derivada de un dogma: es la comprensión del sentido de la historia (incluida la historia económica) y de la visión clara de dónde está el pasado y dónde el futuro.

La empresa estatal socialista concretiza una forma superior de cultura, porque contiene un concepto superior de la distribución del producto del trabajo. En la empresa privada la contribución a la sociedad se limita a los impuestos (y aun estos son presionados hacia abajo por la ideología neoliberal). El resto de la ganancia regresa a las manos de los dueños privados, es decir, "se distribuye" en un espacio mínimo de la sociedad. En la empresa estatal, además de los impuestos, también las ganancias pertenecen a la sociedad en su conjunto, se distribuyen entre todos.

Si el desarrollo se entiende no solamente como el crecimiento de la producción material, sino esencialmente como el avance hacia la justicia social, entonces desarrollo y propiedad colectiva están vinculados. Ese es el argumento de la justicia. Pero, además, está el argumento de la eficacia. Mientras más fuerte es el nexo entre ciencia y economía, entre la productividad y la creatividad de los trabajadores, menos eficiente es la empresa privada presionada por la ganancia a corto plazo, limitada por la competencia en sus posibilidades de cooperación y rehén de la demanda solvente del mercado.

Muchas grandes empresas multinacionales que se presentan como "en la vanguardia científica" lo que hacen en realidad es extraer (y perfeccionar) innovaciones que se gestan en las instituciones científicas presupuestadas por los gobiernos.

Reforzar la conexión de la ciencia con la economía transita por la construcción en las empresas de "capacidad de absorción" para la ciencia y la tecnología. Desarrollo científico no es solo la capacidad de generar conocimiento: es también la capacidad de utilizarlo. Esta capacidad hay que construirla intencionalmente en todas nuestras empresas mediante la preparación de los cuadros, la estructuración de relaciones entre empresas, universidades y centros científicos, las regulaciones que le den a las empresas capacidad e incentivos para la inversión a mediano plazo, y el reforzamiento de la conexión directa de las empresas con los mercados que demandan productos novedosos.

En las empresas socialistas, propiedad del Estado en representación del pueblo, la transferencia de un resultado científico obtenido en una universidad hacia una empresa que lo usa para incrementar su eficiencia económica, no significa transferir activos de propiedad social hacia dueños privados, porque en el socialismo también la empresa es propiedad social. La relación universidad-empresa cambia de carácter.

La absorción de conocimiento y la innovación sobre el conocimiento absorbido serán cada vez más importantes para todas las empresas, aunque en grados diferentes. Hay un tipo de empresa donde la conexión de la ciencia con la producción es

la actividad fundamental. Estas son las Empresas de Alta Tecnología, claramente visibles en los sectores de la electrónica, la informática, el software, las telecomunicaciones, la biotecnología (médica o agropecuaria), los nuevos materiales (incluyendo las nanotecnologías), las energías renovables.

Estas empresas hay que identificarlas, y no por la vanidad del nombre, sino por la razón práctica de que necesitan regulaciones diferentes, que les permitan subsistir, crecer, y "halar" al resto hacia la economía del conocimiento.

Partimos hoy en la economía cubana de un sector manufacturero pequeño, de tecnología baja o media, limitada productividad del trabajo, y poco exportador.

Para la mayor parte de la economía, el marco regulatorio que diseñemos debe estimular el aumento de la producción, la productividad y la reducción de costos, limitando el crecimiento de los costos fijos y de las plantillas, y propender a una planificación más rigurosa de las operaciones económicas y las inversiones. Pero tenemos sectores en los que la productividad ya es elevada y en éstos hay que incentivar más el crecimiento que la reducción de costos; la limitante principal del crecimiento en esos sectores no es la capacidad de producción sino la capacidad de penetración de mercados con productos nuevos. Además, en esos sectores la orientación exportadora y el carácter innovador de los productos limitan la precisión de la planificación y demandan inversiones de riesgo que preceden a la maduración del mercado. Obviamente, necesitamos regulaciones diferenciadas para uno u otro contexto. Aún no las tenemos.

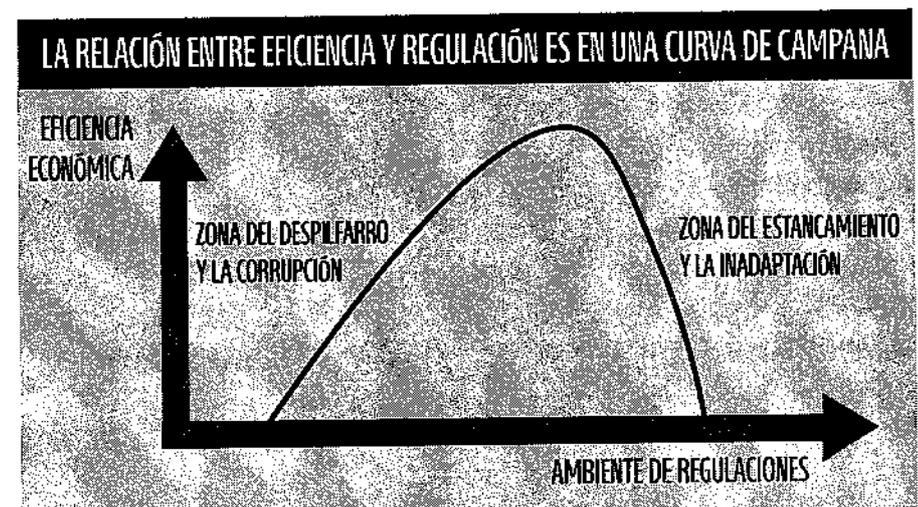
Las que diseñemos deberán capturar los efectos de dos realidades objetivas: La primera es que la conexión directa de la ciencia con la producción tiene un gran componente de exploración con resultados poco predecibles, y ello suele ocurrir mejor en empresas nuevas, desprovistas de las rigideces y tradiciones de culturas empresariales establecidas. La experiencia cubana de la biotecnología y la experiencia norteamericana de la informática fueron así.

Algunas de estas empresas progresan y se consolidan, otras no realizan sus predicciones y desaparecen. A escala social, es un proceso de aprendizaje por selección adaptativa, que genera diversidad de empresas y selecciona aquellas adaptadas a las oportunidades del entorno. La incertidumbre intrínseca de lo nuevo no admite un proceso "instructivo" en el que podemos predecir y normar de forma determinista aquello que va a funcionar.

En el orden práctico, esta realidad implica regulaciones que faciliten la creación dinámica de nuevas empresas (estatales), la protección durante la etapa a veces extensa de maduración, y la liquidación con igual dinamismo, de las que no logren consolidarse. Es otra cultura de la dirección empresarial.

La segunda realidad es que, siendo nuestra demanda doméstica muy pequeña y los encadenamientos productivos nacionales insuficientes, el éxito empresarial pasa por su capacidad de inserción en los flujos globales de bienes, servicios, financiamiento y conocimientos. Esto vale también para empresas pequeñas. No debemos confundir tamaño con propiedad. Deben surgir empresas estatales pequeñas y exportadoras, y debemos resistir a la tentación recurrente de fundirlas "para ahorrar". No tenemos todavía el mejor contexto regulatorio para esto.

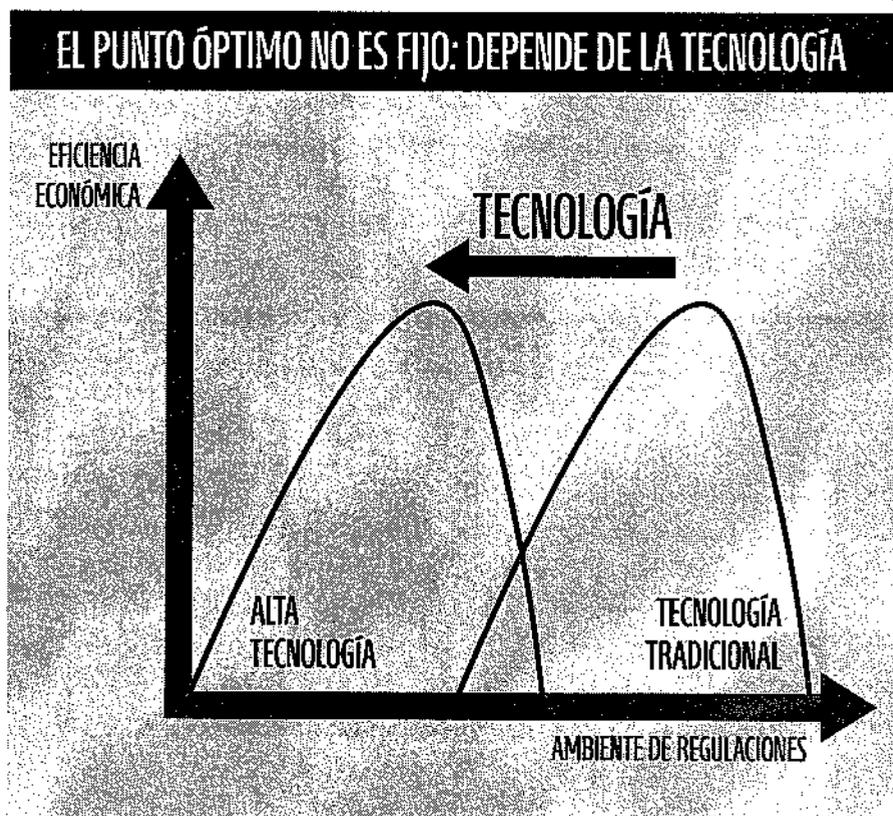
Si quisiésemos capturar con un gráfico la relación entre la eficiencia empresarial y el contexto regulatorio de la economía, este sería una curva de campana.



Como la figura sugiere, una economía con regulaciones insuficientes genera despilfarro y corrupción, y por tanto, baja eficiencia empresarial. Pero en el otro extremo, una economía con excesivas regulaciones y controles genera estancamiento en las empresas e inadaptación a los cambios del entorno, y en consecuencia, otra vez baja eficiencia empresarial.

Esta relación dual hay que comprenderla, para que quienes están encargados de establecer regulaciones sepan que su función es encontrar el punto máximo de esta curva, y no siempre desplazarse por ella a la derecha. Y también comprender que el punto máximo de esta función no es fijo, sino que depende de la complejidad tecnológica.

Mientras mayor es la complejidad tecnológica de una empresa y más innovadores sus productos, más rápido se deteriora su eficiencia por el efecto de la excesiva regulación y la minuciosidad de los controles.



Muchas ideas enraizadas en nuestra cultura sobre la economía son hijas o nietas de un pensamiento determinista y mecánico, que se adapta mal a los procesos probabilísticos y a la incertidumbre, y que no proviene como muchos de manera simplista suponen, del modelo económico soviético, sino que descende del racionalismo cartesiano del siglo XVIII y de la física newtoniana.

La respuesta adaptativa: la ciencia en el sector presupuestado

El lector alerta habrá notado que discutimos primero la respuesta adaptativa en el sector empresarial para hablar después del sector presupuestado, cuando la evolución histórica de la institucionalidad de la ciencia es exactamente al revés: comenzó siendo una tarea distante de las empresas, para insertarse en el sector empresarial solo muy recientemente.

La razón de comenzar desde lo más reciente está en que la visión del financiamiento empresarial de la ciencia, que hay que asimilar, también puede conducirnos a extremos a los que no conviene llegar. Uno de esos extremos a evitar es pretender que toda la ciencia debe estar en el sector empresarial.

El sector empresarial captura los resultados de la ciencia y los enriquece, haciéndolos más cercanos a su utilización en la producción y los servicios; pero esa "cosecha" termina por agotarse, si no es repuesta permanentemente desde el sector presupuestado.

Las innovaciones radicales (no las mejoras incrementales) son un área de fallo de mercado. La economía del conocimiento depende de la inversión previa en "ciencia habilitante", cuya relevancia económica solamente se descubre en retrospectiva. Internet, láser, mapeo genético y muchos otros hitos tecnológicos no surgieron en empresas; llegaron a ellas después. La ciencia en el sector empresarial consume capital intelectual, no lo genera.

La capacidad social de utilizar la ciencia como palanca de desarrollo se garantiza en la institucionalidad científica del sector presupuestado: universidades, institutos académicos, actividad científica en el sector de la salud, las ciencias sociales, y otros.

De esta forma se garantiza, no solamente la capacidad de captura y transmisión del conocimiento, sino la más importante capacidad de captura y transmisión del proceso por el cual el conocimiento se crea, es decir, la cultura de pensamiento científico. Esta se siembra con la práctica de la investigación científica en las instituciones educacionales, que son el principal multiplicador de cultura, valores y capacidades que tiene la sociedad.

Las instituciones científicas del sector presupuestado tienen tres conexiones principales con el sector empresarial.

La primera conexión con este sector es obvia: son la fuente de personas calificadas. La segunda conexión es que las universidades y otras muchas instituciones académicas suelen ser la retaguardia científica de los sectores industriales de punta. La tercera conexión es menos evidente, pero también muy importante, y es que son la fuente de nuevas Empresas de Alta Tecnología.

En la experiencia cubana varias de las empresas actuales de Biocubafarma surgieron de colectivos científicos que maduraron dentro de instituciones presupuestadas.

Así nacieron el Centro de Ingeniería Genética y el Centro de Inmunoensayo, dentro del CNIC (Centro Nacional de Investigaciones Científicas), que en aquel momento fundador pertenecía al Ministerio de Educación Superior y el Centro de Inmunología Molecular de un colectivo que maduró dentro del INOR (Instituto Nacional de Oncología), entonces perteneciente al Ministerio de Salud Pública.

Ahora es el momento de capturar las regularidades de esa transformación, y convertirlas en acciones multiplicadoras; sin perder en el camino las especificidades de la ciencia presupues-

tada (exploratoria, probabilística, orientada al largo plazo y trasmisible a las nuevas generaciones), regularidades que la distinguen de la ciencia empresarial (focalizada en la explotación de hallazgos científicos previos, determinista y orientada al corto plazo).

Una de las tareas más apremiantes del momento actual es precisamente la elaboración de nuestro cuadro de indicadores del desarrollo científico en el sector presupuestado, y la inserción de estos en el sistema con el que se conduce la sociedad cubana.

Ello incluye también la práctica de dar esta información a toda la sociedad y de promover la participación de todos en el debate y en la crítica del desarrollo científico.

La respuesta adaptativa de los sistemas económicos: la "mano visible" del Estado

En el momento en que se escribe este capítulo hay un debate conceptual, a nivel mundial, sobre el papel del Estado en la economía, que se polariza en sus extremos, pero que tiene miles de matices intermedios.

En uno de esos extremos se encuentra la economía estatal, totalmente centralizada, y la planificación rígida, que llevaron al estancamiento de la experiencia económica de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), a partir de la década de 1970, aún después de sus innegables éxitos económicos en las décadas que le precedieron.

En el otro extremo está el neoliberalismo, con su presión por la desregulación y por dejarlo todo en manos del mercado (la "mano invisible del mercado" según la metáfora de Adam Smith en 1776), el cual ha conducido al escalado inmoral de las desigualdades sociales, dentro de los países y entre países, a la alienación consumista, a la condena de millones de personas a la exclusión económica y social, y al deterioro (casi irreversible) del medio ambiente.

Esos polos de pensamiento son claramente identificables, pero entre ambos hay una enorme zona intermedia donde no es fácil decidir a dónde conduce cada decisión concreta.

Reconozcamos que esas polémicas y disyuntivas están también presentes, con los rasgos propios de nuestra historia y nuestras formas particulares de expresión, en la realidad cubana de este momento.

Son polémicas aparentemente intelectuales, pero que van a guiar las decisiones económicas concretas. Porque siempre hay que tomar decisiones, si no queremos que el ser humano sea un juguete de fuerzas económicas ciegas que no logra comprender.

Esas decisiones, aunque aparentemente provengan del pragmatismo, siempre están guiadas por una conceptualización, aunque muchas veces los hombres prácticos que las toman no estén conscientes de ello.¹

Los marcos conceptuales que se usan en la economía política actual están repletos de supuestos no declarados acerca de los sistemas de ideas que subyacen al funcionamiento de los sistemas económicos y políticos.

Por eso el debate tiene que partir de las verdades esenciales, para luego discutir hacia dónde queremos ir.

José Martí escribió en 1884: "Hay un cúmulo de verdades esenciales que caben en el ala de un colibrí, y que son sin embargo la clave de la paz pública, la elevación espiritual y la grandeza patria".²

Y así nos educamos los cubanos a buscar en cada tema de nuestro devenir social, cuáles son esas verdades esenciales sobre las que hay que construir consenso para seguir adelante

¹J. Maynard Keynes: *The general theory of employment, interest and money*, Macmillan Cambridge University Press, 1936.

²J. Martí: "Maestros ambulantes", *Obras Completas*, vol. 8, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, p. 148.

con el debate sobre cómo hacemos las cosas; y no dejarnos confundir por lo superfluo o lo coyuntural.

Uno de los temas más debatidos hoy en todos los espacios (el Partido, la Asamblea Nacional, los ministerios, las empresas, las universidades, los medios de comunicación y las calles) es el de la eficiencia y las posibilidades de crecimiento de la empresa estatal socialista, y su protagonismo en nuestro modelo económico.

Los conceptos generales están claramente enunciados en los documentos emergidos del VII Congreso del Partido. Entre los principios de nuestro socialismo está: "La propiedad socialista de todo el pueblo sobre los medios fundamentales de producción, forma principal de la economía nacional y del sistema socioeconómico, base del poder real de los trabajadores". Y al desarrollar el concepto de propiedad socialista de todo el pueblo se establece que esta: "Asume la forma de propiedad estatal, a partir de que el Estado actúa como representante del dueño, que es el pueblo".¹

Entre cientos, tal vez miles, de opiniones que se han expresado en las asambleas y fuera de ellas, no he escuchado a nadie que cuestione este principio en Cuba.

El pueblo sabe que, si falla la empresa estatal socialista, falla el socialismo, y se pone en riesgo todo lo conquistado en más de medio siglo.

Los debates, que los hay y muchos, conciernen a las formas concretas en que podemos lograr que la empresa estatal socialista crezca y sea cada vez más el motor principal de nuestra economía, el contexto organizacional concreto en el que se expresan la propiedad social, la distribución del producto social de acuerdo al trabajo, y la planificación en función de elevados objetivos sociales.

No es un tema que se pueda dejar solamente en manos de los expertos y académicos, y por eso es importante que haya debates

¹Partido Comunista de Cuba: Documentos del VII Congreso del Partido, 2018. www.granma.cu/file/pdf/gaceta/tabloide%202%ultimo.pdf

amplios, con participación de todos; porque lo que finalmente capturemos en nuestras leyes y planes debe ser una construcción social, y será algo tan avanzado como lo permita la cultura y el consenso que construyamos. Tiene que ser un producto del pueblo cubano, porque de eso depende cómo van a vivir los cubanos de hoy y de mañana.

Hay dos componentes en este debate, que a veces se mezclan, pero que conviene discutir por separado: uno es el de la empresa estatal socialista en cualquier sector de la economía y cualquier complejidad tecnológica; y el otro es el caso particular de las Empresas de Alta Tecnología, esas caracterizadas por internalizar actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico avanzado dentro de la propia empresa.

Son temas complejos y llenos de detalles, especificidades y ejemplos concretos, cuya percepción modula la postura de cada cual, e introduce el riesgo de nublar la visión de las esencias. Por eso es muy importante identificar las verdades esenciales sobre las cuales queremos construir nuestras propuestas.

Y para empezar a discutir, aquí van estas diez:

1. La intervención del Estado en la economía siempre ocurre, de una manera u otra, aún en el capitalismo. Las fuerzas del mercado, dejadas a su espontánea operación, no construyen desarrollo económico. Ya hemos discutido este concepto en el capítulo anterior. No hay desarrollo económico posible sin intervención del Estado. Nunca lo ha habido. Tanto en el capitalismo como en el socialismo, el Estado interviene en la economía. Los Estados Nacionales, como la unidad política que conocemos hoy, se inventaron en Europa en el siglo XVII, y esa unidad política asumió de manera monopólica la autoridad del poder militar, la imposición de impuestos, la emisión monetaria, y el establecimiento de leyes. Ello le garantizó un alto grado de control sobre las economías domésticas en general y especialmente sobre los flujos de capital hacia dentro y hacia fuera. Su legitimidad moral depende de su éxito en

garantizar, usando esos poderes, la protección, y el bienestar material y espiritual de sus ciudadanos. Un Estado controlado desde el exterior, ya sea bajo una influencia imperialista directa o por el accionar de fuerzas económicas y financieras supra-nacionales, no puede cumplir ese rol, y termina siendo un mero guardián del mercado y de la perpetuación de las desigualdades sociales.

2. La socialización de la producción es un proceso histórico objetivo. Esta idea está expresada claramente a través de la obra de Carlos Marx. La economía mundial de la primera mitad del siglo XIX era un capitalismo de pequeñas unidades, pertenecientes a personas físicas identificables, en el que los estados confiaban en la regulación del mercado, y se limitaban a coleccionar impuestos; pero ya a finales del siglo lo que había era un capitalismo de grandes unidades, con monopolios y oligopolios, en el que los estados intervenían más directamente. La tecnología genera unidades productivas grandes y encadenamientos entre unidades productivas, incluso entre sectores diferentes de la economía, así como también entre sectores productivos y sectores sociales. La contradicción fundamental que Marx identificó en el capitalismo es la contradicción entre el carácter social de la producción y el carácter privado de la apropiación. Es lo que terminará por hacer inviable el capitalismo. Una economía ahora de pequeños productores privados sería un retroceso histórico, no un progreso.
3. Las figuras empresariales que separan propiedad y gestión son una consecuencia del desarrollo de las fuerzas productivas, y son anteriores al socialismo. La socialización de la producción comenzó desde el siglo XIX a requerir mayores y más complejos medios de producción y eso demandó en los países industrializados una transformación de las instituciones en las que se expresa la propiedad privada. A partir de determinado tamaño, surgieron las sociedades anónimas "por acciones" en los que la propiedad de la empresa se comparte

entre muchos "accionistas" que ponen en ella su dinero al comprar las acciones, pero que no participan de la administración cotidiana de la empresa, la cual se confía a un "administrador profesional", un director ejecutivo (en el lenguaje actual un CEO, "Chief Executive Officer"). El director ejecutivo recibe un salario usualmente muy alto, pero es esencialmente un asalariado. Puede ser también accionista o puede no serlo. Este tipo de estructura empresarial se desarrolló en Estados Unidos y otros países a partir de la masiva construcción de ferrocarriles en la década de 1840, inversión que por su tamaño no podía ser asumida por ningún capital privado aisladamente. El esquema se repitió en la construcción de los sistemas de distribución de electricidad y en todas las industrias caracterizadas por alta demanda inicial de capital y altos costos fijos. A partir del año 1900 las grandes empresas adoptaron mayoritariamente la forma de sociedades anónimas, lo que le confirió a la propiedad capitalista cierto carácter colectivo y consolidó la separación entre propiedad y gestión. La propiedad es de los accionistas (cuando estos son muchos, son representados por una "junta de accionistas"), mientras que la gestión, la administración cotidiana de la empresa, es ejercida por un director ejecutivo contratado por la junta de accionistas. Las leyes de empresa de varios países exigen la existencia de dos órganos colectivos de dirección: el consejo de dirección, que representa a los accionistas y está integrado por varios "directores", algunos de los cuales no trabajan en la empresa, y el Consejo de Administración, que sí son los que administran la empresa día a día. La intervención del Estado, como dueño, comienza frecuentemente con la adquisición por éste de una fracción de las acciones. En general se considera que cuando un Estado adquiere más de 10 % de las acciones de una empresa, adquiere "posición controladora". La empresa completamente estatal es la consecuencia natural de ambos procesos: la socialización de la producción, y la separación entre propiedad

y gestión. La propiedad socialista de todo el pueblo es una continuación de estos procesos, ya sin las trabas derivadas de la propiedad privada. Es lo que Marx previó al intuir que las formas básicas de un sistema socioeconómico maduran dentro del sistema que le precede.

4. Hay empresas estatales en muchos países y funcionan bien. El discurso ideológico neoliberal "vende" la idea de una empresa privada juvenil, dinámica, eficiente, generadora de ideas, en contraste con una empresa estatal envejecida, burocrática, ineficiente y estancada. Ese es el *spot* publicitario, pero no es la verdad. Entre las empresas catalogadas como las mayores del mundo en 2011, son estatales 47 % para los países BRICS (Brasil, Rusia, India, China, Sudáfrica), 20 % para Noruega, 13 % para Bélgica y Suiza. Estas empresas estatales son especialmente importantes en las industrias "de redes" como la energía, las telecomunicaciones, el transporte, así como en las industrias que necesitan planificación a largo plazo, y también en el sector bancario.¹ China creó en 2003 la Comisión de Supervisión y Administración de Activos del Estado (SASAC), que agrupa más de 100 grandes empresas estatales. Las empresas estatales de los sectores no-bancarios se estima aportan más de 33 % del PIB de China. En Vietnam hay 1 300 empresas estatales. En Singapur el sector de la energía fue estatal hasta 1995, a través de la propiedad de Temasek Holdings, que es el brazo inversionista del gobierno.² En los años 1950, durante la recuperación de la posguerra, los gobiernos de Francia y Alemania eran propietarios de 30 % del capital del país, aunque después, como consecuencia de la ola de privatizaciones de los años 1980 esa fracción se redujo y se retrocedió en el concepto del "estado de bienestar". En Francia, en

¹M. Mazzucato: *El Estado emprendedor*, Demos, London, 2011.

²L. Kuan Yew: *From Third World to First. The Singapore Story 1965-2000*, Marshall Cavendish Editions, 2000.

1948, estaba nacionalizada la mitad de la producción industrial y la mayoría de las empresas de la banca y los seguros. En Argentina los Yacimientos Petrolíferos Fiscales fue la primera petrolera estatal en 1922; fueron privatizados en 1993 (en medio de la "marea neoliberal" de los años 1990, pero fueron de nuevo nacionalizados en 2012. Y la lista de ejemplos pudiera ser mucho más larga. El mensaje es que las empresas de propiedad estatal han existido y existen en muchos países, y que su necesidad es especialmente percibida en los períodos de dificultades económicas o de despegue del desarrollo. Sin ellas, ni se sale de las crisis, ni se desarrolla el país. Así ha sido en los países hoy industrializados, y así es mucho más para los países subdesarrollados. La privatización de las empresas estatales que insistentemente se recomienda a los países del sur, es otra de las trampas ideológicas del neoliberalismo, encaminada a perpetuar la dependencia.

5. La propiedad privada sobre los medios de producción construye y amplifica desigualdades sociales. La política de impuestos no basta para financiar el desarrollo social ni para garantizar la equidad. La propiedad privada y las leyes del mercado son constructoras de desigualdades sociales. En los mismos países capitalistas industrializados los períodos de mayor intervención del estado en la economía (como en la etapa del "New Deal" de los años 1940 en Estados Unidos, y el período de la socialdemocracia europea, los "30 años gloriosos" de 1950 a 1980) coinciden con los períodos de reducción de desigualdades sociales, mientras que los períodos de privatizaciones y desregulación de la economía (como el neoliberalismo a partir de los años 1980) coinciden con la expansión de desigualdades.¹ En Estados Unidos la parte de la riqueza nacional que recibe 10 % "de arriba" de la población subió de 30 % en los años 1970, a casi 50 % en 2000, y si la

¹T. Piketty: *Capital In The Twenty-First Century*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2014.

tendencia continua llegará a 60 % en 2030. Lo que generalmente hace la empresa privada es una privatización de las ganancias y una socialización de las pérdidas (como el impacto ambiental, por ejemplo). Dado que la obtención de ganancias es el objetivo central de cualquier negocio privado, es inevitable que estos se hagan expertos en externalizar costos. Este no es un concepto solamente económico, sino principalmente ético: refleja la parte del producto del trabajo que una sociedad está dispuesta a destinar a objetivos comunes. Cuán lejos avanzamos con esta idea es una función de la cultura, y la cultura cubana tiene sólidas bases para ir muy lejos, y defender la justicia social como uno de los objetivos esenciales de la gestión económica.

6. En las últimas décadas y en algunos sectores ha estado ocurriendo un proceso de internalización de la investigación científica en las empresas, haciendo emerger un tipo de empresa diferente, la Empresa de Alta Tecnología. A los dos procesos objetivos de socialización de la producción, y de separación entre propiedad y gestión, que hemos descrito en las secciones precedentes, y que han sido consustanciales al desarrollo industrial desde hace más de 200 años, se adiciona en el último medio siglo otro fenómeno, que es el de la internalización de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en las propias empresas. Comenzó en la primera mitad del siglo xx con los laboratorios de investigaciones de las grandes corporaciones de las industrias química y electrónica, y se expandió después con la microelectrónica, la computación y la biotecnología. Ya hemos discutido este tema en las secciones precedentes.
7. La Empresa de Alta Tecnología fructifica en un contexto de inversión estatal en la ciencia y de desarrollo científico en el sector presupuestado. El sector empresarial ha ido asumiendo una fracción cada vez mayor de los gastos nacionales de investigación-desarrollo en varios países. En Estados Unidos el financiamiento de la ciencia es 65 % empresarial,

en Europa es 54 % y en Japón 74 %.¹ En Australia es todavía 45 %. Aunque la internalización de investigaciones científicas en las empresas es un hecho técnicamente positivo, que contribuye a la conexión de la ciencia con la economía, al examinar cómo surgió este fenómeno históricamente, se aprecia con claridad que ello ocurrió después de décadas de inversión estatal en desarrollo científico dentro de instituciones presupuestadas, y paralelamente con ésta. Más aun, se aprecia en los años más recientes una tendencia a la contracción de la investigación básica en los laboratorios de las grandes corporaciones, los cuales se reorientan hacia tareas propias del desarrollo de productos, sobre una base científica desarrollada en otras instituciones. Las empresas, aún las llamadas de alta tecnología, en los sectores de la electrónica y el software por ejemplo, desarrollan aplicaciones del conocimiento científico que ya existe; y por ello sus ciclos de desarrollo de producto, entre la idea y la comercialización, son relativamente cortos. Los sectores emergentes de la biotecnología y las nanotecnologías son todavía excepción en esta tendencia, y en ellos continúan surgiendo empresas que tienen la investigación científica, incluyendo proyectos de alta incertidumbre, como su misión central. En estos sectores las empresas no son solamente usuarios de la ciencia para tareas económicas, sino que contribuyen directamente al conocimiento científico. Pero aún en esos sectores de mucha actividad científica en el interior de las empresas, la competitividad depende del contexto de educación superior y ciencia básica del que esas empresas surgieron y de las redes de colaboración que se establecen entre empresas y organizaciones científicas presupuestadas. El esfuerzo que hagamos por expandir sectores de alta tecnología en nuestra industria tiene que ir en paralelo con el reforzamiento de la actividad científica en el sector presupuestado.

¹UNESCO: "Science Report 2010-The Current Status of Science around the World", UNESCO Publishing.

8. La Empresa de Alta Tecnología requiere regulaciones especiales para su protección y desarrollo. Aunque todas las empresas aumentasen su capacidad de absorber conocimiento y tecnologías (lo cual tenemos que lograr) el tránsito a una economía basada en el conocimiento va a demandar además el surgimiento de un tipo de organización económica diferente: la Empresa de Alta Tecnología. Las nuevas tecnologías siempre han demandado nuevas formas de organización. Este nuevo tipo de empresa que internaliza la investigación científica y compite sobre productos novedosos, debe asumir un componente de incertidumbre y riesgos superior al de la economía tradicional. Es por ello que requiere ser regulada de manera diferente. Todos los países que se han adentrado en la economía de alta tecnología han construido un contexto regulador facilitador de este proceso. Cada cual lo ha hecho de manera diferente, pero lo que es común para todos es la comprensión que el contexto regulatorio tradicional de la economía tolera poco la incertidumbre, desincentiva la exploración y el riesgo, y preserva la actividad científica en el sector presupuestado bien separada de la actividad productiva en el sector empresarial. La creación de puentes entre ambos, y el surgimiento de nuevas Empresas de Alta Tecnología a partir de grupos científicos es un proceso que requiere ser dirigido específicamente. Eso fue precisamente lo que hizo el Comandante en Jefe Fidel Castro en Cuba cuando creó y condujo el Polo Científico de la biotecnología. Es un proceso en el cual el socialismo tiene ventajas sobre la economía de mercado. Mientras mayor contenido de ciencia y tecnología tenga nuestra economía, más socialista será.
9. En los países pequeños, como Cuba, hay un vínculo entre desarrollo tecnológico y exportaciones. El desarrollo tecnológico requiere que las empresas tengan altos costos fijos, especialmente en la investigación científica y en sofisticados sistemas de calidad, y ello solamente se hace rentable a partir de un determinado volumen de operaciones

económicas, que, para el caso de los países pequeños como Cuba, no se logra en la demanda doméstica, sino en las exportaciones. Actualmente las tecnologías permiten escalas de producción para llegar al mundo y a su vez estas operaciones globales son las que permiten financiar el desarrollo tecnológico. Es un lazo de retroalimentación positiva que puede funcionar como círculo virtuoso para acceder al desarrollo, o como círculo vicioso para perpetuar el subdesarrollo. Depende de cómo lo manejemos. El mensaje es que, para los países pequeños, hay una conexión inevitable entre desarrollo tecnológico y exportaciones. Nuestras empresas tendrán que emprender ambas tareas simultáneamente. Nuestra inserción en la economía mundial, que es una necesidad objetiva en una economía globalizada, no puede ocurrir con exportación de recursos naturales, que no tenemos, ni con productos primarios de bajo valor añadido; tiene que ocurrir con productos y servicios de alta tecnología, derivados de la ciencia y la técnica.

10. Hay que estudiar las experiencias de otros, pero no podemos copiar. Cuba tiene un contexto geopolítico muy especial, que condiciona nuestros márgenes de experimentación. El estudio de las realidades económicas del siglo XXI en otros países, nos lleva a descubrir regularidades y verdades esenciales, y a aprender de los aciertos y errores de otros países, pero al mismo tiempo nos tiene que llevar a comprender nuestras especificidades, nuestro singular balance de oportunidades y riesgos. Nuestra particular historia, específicamente en el desarrollo económico y científico de las últimas décadas nos ha permitido y nos permite hacer cosas que otros países no pueden. Ello amplía el espacio de nuestras posibilidades y nuestro margen para la creatividad. Pero también estamos enfrentando las secuelas de una larga etapa de limitaciones económicas durante el periodo especial, junto con los desafíos derivados de la hostilidad de la potencia imperialista mayor del mundo, muy cercana geográficamente, hostilidad que, una

vez fracasados sus intentos de subvertir la revolución por la fuerza, se traslada ahora al plano de las ideas y de la influencia económica; y ello introduce peligros y restricciones en nuestro margen de maniobra. La defensa de la empresa privada (equiparándola con la creatividad) realizada por el presidente de Estados Unidos durante su visita a Cuba en el año 2016 es un motivo más para reflexionar cuidadosamente sobre este tema: lo que nuestros adversarios ideológicos defienden con tanta vehemencia, no es seguramente el camino de nuestra soberanía ni de nuestro desarrollo social y económico. Los conceptos que nos guían están claramente expresados en los documentos que emergieron del VII Congreso del Partido. Sabemos bien cuáles direcciones llevan al futuro y cuáles al pasado. Los próximos años son muy importantes, pues la experiencia histórica indica que la dirección de los caminos se escoge y se define en poco tiempo. El tiempo es un factor muy importante en las revoluciones. La tarea ahora es convertir esos conceptos en un ordenamiento jurídico que opere como herramienta de trabajo para la construcción de nuestro modelo económico. Las leyes (y la Ley de Empresas es una muy importante) son la expresión jurídica de los consensos y los valores de una sociedad. Por eso es esencial que construyamos consenso sobre las verdades esenciales, para seguir adelante. Construiremos nuestra economía, base material de la justicia social, y será la empresa estatal socialista el cimiento principal de esa construcción.

¿Cómo ha ido sucediendo todo esto en Cuba? En los primeros capítulos describimos el proceso de "siembra de ciencia" de las primeras dos décadas de construcción revolucionaria en Cuba: 1960 y 1970.

De ese esfuerzo surgió un sistema de instituciones científicas y de innovación tecnológica, con más de 200 instituciones y mecanismos superiores de coordinación que se expresaron en el Comité Estatal de Ciencia y Técnica (análogo a estructuras

que existían en los países socialistas de Europa), en la Academia de Ciencias de Cuba, en las Direcciones de Ciencia y Técnica de varios organismos de la administración del Estado, y posteriormente en el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

Los subsistemas más grandes estaban en el propio CITMA y en los ministerios de Educación Superior, Salud Pública y Agricultura. Todo ese gran dispositivo de ciencia y técnica estaba esencialmente en el sector presupuestado, y durante dos décadas produjo ciencia e innovación, pero con insuficientes conexiones con el sector empresarial, y no generó nuevas empresas.

Los años 1980 marcan un punto de inflexión con el surgimiento del Polo Científico de la biotecnología, que introdujo muchos elementos nuevos, entre ellos el surgimiento de empresas productivas y exportadoras a partir de grupos científicos que estaban en instituciones presupuestadas.

¿Cómo fue posible esa transformación? ¿Cuáles fueron los rasgos esenciales del cambio? ¿Es repetible esa transformación a partir de nuevos grupos de científicos, haciendo surgir nuevas empresas? Esas son las tres preguntas que pueden interesar a muchos lectores, en diversos campos de la economía; ya que para responderlas no necesitamos hablar de inmunología molecular ni de ingeniería genética, sino de los procesos subyacentes de gestión de la ciencia y de la economía que hicieron posible la transformación.

Veamos los principales:

1. Las nuevas instituciones surgieron a partir del sector presupuestado, no de empresas preexistentes. Se convirtieron en empresa después. Contrariamente a lo que algunos divulgan y muchos se creen, las grandes innovaciones (la ingeniería genética, Internet, los microchips, las energías renovables, etc.) provienen casi siempre de emprendimientos estatales presupuestados, no del sector empresarial. Las empresas luego capturan las innovaciones, las perfeccionan, las hacen

escalables y comercializables, pero no las generan. Cuando el Comandante en Jefe decidió crear el Polo Científico de la Biotecnología, el capital humano y los colectivos científicos con cierta experiencia y resultados iniciales ya existían, creados por dos décadas de educación y ciencia revolucionarias en los años 1960 y 1970. Tan equivocado hubiese sido pretender que el desarrollo científico surgiese del sector empresarial, como dejar de transformar en empresas las instituciones científicas cuando están maduras para ello.

2. Hubo inversión del Estado socialista para impulsar la transformación, inversión "a riesgo", es decir, antes de poder calcular los montos y los plazos de recuperación. En los sectores productivos basados en la ciencia el valor de los "estudios de factibilidad" es limitado. Ello se debe a que esos cálculos implican supuestos sobre el impacto de las innovaciones por venir, la probabilidad de que ocurran, su valor y penetración de mercados, cuya veracidad no se conoce en el momento de decidir la inversión. Es por eso que los sectores empresariales privados de los países del Sur no hacen esas inversiones. Solo el Estado puede aportar la visión de futuro y la asimilación de riesgos que hacen falta. Invertir cuando la inversión es "segura" como algunos pretenden, equivale a invertir tarde.
3. La inversión incluyó creación de capacidad de producción, no solo expansión de la capacidad científica. El nuevo centro nació con fábricas. Lo esencial del desarrollo de la biotecnología cubana no estuvo en "hacer buena ciencia" (que ya se hacía antes) sino en conectar la ciencia con la producción y con la economía. De ahí la idea de los centros de investigación-producción, uno de los cuales fue el CIM. Fidel nos explicó esta idea en 1989. Invertir solamente en ciencia equivaldría a aceptar que será otro quien capitalice los resultados.
4. Los nuevos centros tuvieron atribuciones de exportación e importación directas: nacieron con empresas comerciales propias. En los países pequeños el suministro al mercado doméstico no tiene volumen suficiente para asimilar los costos

fijos de la investigación y de los complejos sistemas de calidad asociados. Las Empresas de Alta Tecnología solamente pueden hacerse rentables en las exportaciones. Y los canales de exportación son tan complejos y tan específicos de cada tecnología, que no se logran construir por empresas exportadoras "generales". La gestión exportadora surge casi al unísono con la investigación misma. La decisión de que las empresas tuviesen funciones directas de exportación y importación las expuso, desde su mismo nacimiento, a las exigencias de los mercados externos. Fue una fuente de recursos, pero también de conocimientos.

5. Fue una inversión de "capital con paciencia". Durante los primeros diez años (1994-2004) el CIM exportó muy poco. Lo suficiente para un balance positivo anual, pero no para recuperar la inversión, y menos para financiar nuevas inversiones. A partir de ahí la producción y las exportaciones despegaron aceleradamente y la cifra acumulada de ganancias hoy supera más de 20 veces la inversión. De haber estado el CIM bajo la presión de la recuperación de la inversión a corto plazo durante su primera década, no existiría hoy. El Estado Socialista protegió el mediano plazo, asumió el riesgo, y no se equivocó.
6. Los nuevos centros fueron protegidos durante una década con un sistema especial de atención. En la gestión empresarial clásica las empresas son presionadas para la rentabilidad a corto plazo. Ello desvía la atención del desarrollo de productos nuevos, los cuales tienen usualmente costos mayores que los productos "maduros". En la gestión empresarial clásica la palabra de oro es la productividad del trabajo, pero en las Empresas de Alta Tecnología el crecimiento suele ser lo más importante, aunque deteriore en cierta medida la productividad de hoy. Uno de los rasgos distintivos de las Empresas de Alta Tecnología es que cada cierto tiempo (usualmente corto) deben sustituir los productos líderes por productos nuevos. Obviamente en algún momento hay que hacer

la transición y asumir las reglas del juego del sector empresarial, pero esto hay que hacerlo cuando la empresa está madura para garantizar su permanente desarrollo con sus propias ganancias. Para la biotecnología cubana esto ocurrió en el 2012, con la creación de BIOCUBAFARMA.

7. El financiamiento de la investigación científica se subsumió en los costos; no en las utilidades. En la industria la actividad de investigación-desarrollo suele financiarse con parte de las utilidades; pero en los sectores de alta tecnología hay que garantizar una fuerte inversión en I + D aun (y especialmente) en las etapas fundacionales, cuando las ganancias son escasas. Ello se logra asumiéndola como un componente de los costos. La forma en que se condujo la gestión de estas instituciones en sus primeras dos décadas permitió esa estrategia. Después vino el momento de transitar al financiamiento de la I + D con las utilidades retenidas.
8. Los salarios, al menos durante la primera década, no se vincularon al desempeño económico inmediato. Eso se hizo después. Posiblemente sea esta la frase más polémica de todo el capítulo, pero es la que describe lo que sucedió. El capital humano se protegió con una política de estimulación salarial colectiva, vinculada al desempeño económico de todo el sector, pero no al de cada institución y menos al de cada individuo. Funcionó también como una manera de construir cohesión e integración, y garantizar la atención al mediano y largo plazo. Ciertamente, cuando las organizaciones crecen llega el momento en que la eficiencia operacional es lo esencial, y ese es el momento de cambiar la política salarial; pero haberlo hecho antes de tiempo hubiese sido destructivo.
9. Los centros fueron atendidos de cerca por el máximo nivel, dependiendo directamente del Consejo de Estado y con la participación personal del propio Comandante en Jefe. Adicionalmente al estímulo y compromiso que significó la atención directa de Fidel y la certeza de sus orientaciones, hay también en esta alta atención un componente de lógica

económica; y es que cuando las presiones automáticas de la regulación económica (ganancia a corto plazo, productividad, vinculación del salario al valor agregado, etc.) se reducen, para proteger las organizaciones y permitir la atención al mediano plazo y la asimilación de riesgo; entonces pasa a primer plano la permanente evaluación cualitativa de lo que sucede en las instituciones. A las organizaciones nacientes hay que protegerlas, pero a las organizaciones "protegidas" no se les puede dejar evolucionar solas, pues ello entraña el riesgo de que estemos protegiendo la ineficiencia y la falta de perspectiva. Si usamos menos las palancas de los indicadores económicos a corto plazo, hay que usar más la motivación, la comprensión de las oportunidades esenciales y los riesgos, y la intuición de los líderes visionarios. Fue lo que hizo Fidel, brillantemente. Esta estrategia no implicó, y es muy importante evitar confusiones en esto, una erosión de la institucionalidad, sino que permitió, bajo la conducción de la máxima dirección del Estado, la construcción de una nueva institucionalidad, más adecuada al nuevo nivel de desarrollo tecnológico y a las características propias de las instituciones que iban surgiendo.

Así fue posible que de pequeños grupos científicos surgiesen empresas grandes de alta tecnología.

¿Se puede repetir esta historia? Claro que sí. La trayectoria del Centro de Inmunología Molecular no es una excepción. Cada una con matices, lo esencial de esta historia se repite en el Centro de Ingeniería Genética, del Centro de Inmunoensayo, del Centro de Neurociencias y otros, hoy Empresas de Alta Tecnología en BIOCUBAFARMA, y que surgieron a partir del Centro Nacional de Investigaciones Científicas, en aquel entonces una entidad presupuestada del Ministerio de Educación Superior.

Pero esa historia hay que repetirla muchas veces más, y existen grupos científicos con potencial para emprender la transformación. El proceso habrá que dirigirlo, y para ello necesitamos

trabajar en dos direcciones, solo superficialmente contradictorias, pero en realidad complementarias.

La primera es retomar el crecimiento (dañado por el Período Especial) del potencial científico y las condiciones para el trabajo científico en el sector estatal presupuestado, universidades e institutos adscriptos a organismos del Estado. De ahí saldrá la expansión permanente de capital humano para la ciencia, las innovaciones más importantes, y las semillas de las nuevas empresas.

La segunda es capturar lo aprendido en las transformaciones ya ocurridas, en las provisiones de nuestra Ley de Empresas, especialmente en las pertinentes a la categorización y tratamiento diferenciado de las Empresas Socialistas de Alta Tecnología. Ahí se asegurará el fructificación de la semilla científica, la conexión de la ciencia con la producción y la economía, y la realización económica del capital humano creado.

Capturar lo aprendido y codificarlo en leyes y procedimientos no debe significar "congelar" las experiencias, aunque sean buenas experiencias. La historia del desarrollo tecnológico muestra muy claramente que la implementación de las innovaciones técnicas requiere con mucha frecuencia innovaciones organizacionales, en la gestión, en las finanzas y en el tratamiento de los recursos humanos. Las tecnologías transformadoras suelen no desarrollarse siguiendo la lógica de la contabilidad de los "retornos esperados".

El Polo Científico de la biotecnología en Cuba contenía no pocas innovaciones creadoras en estos campos. No hubiese surgido en el contexto organizacional que teníamos antes.

Lo que hay que aprender de esa experiencia no es solamente los procedimientos de gestión nuevos que funcionaron bien, sino la propia capacidad y voluntad de experimentar procedimientos de gestión nuevos, a tono con las nuevas realidades y las nuevas tareas.

No basta con reclamar sistematicidad y disciplina en el cumplimiento de las normas establecidas. Se requiere una práctica, también sistemática de revisar si lo que tenemos establecido es

lo que necesitamos en cada etapa y en todos los sectores. En el futuro habrá también mucho que innovar, no solo en las tecnologías, sino en el propio diseño de las organizaciones y su contexto regulador, pero como nos dijo José Martí: "Los pueblos que perduran en la historia son los pueblos imaginativos".¹

El "retrato hablado" de una Empresa de Alta Tecnología

La batalla económica por el socialismo se gana en el desarrollo exitoso de la empresa estatal, como expresión de la propiedad social y la distribución justa de la riqueza generada. Para ello resulta imprescindible la modernización de la estructura organizacional, funcional y tecnológica del sistema empresarial socialista de todo el pueblo, en especial, mediante la introducción de los resultados de la ciencia, la tecnología y la innovación. La era actual caracterizada por una Economía del Conocimiento impone también la innovación en el campo de las ciencias empresariales. La introducción de ajustes en el marco regulatorio, en el campo organizativo y estructural y la preservación y utilización eficiente de los recursos humanos son factores esenciales en la actualidad para lograr que la Empresa Estatal Cubana se convierta en una verdadera fuerza motriz del desarrollo socialista. El modelo de la Empresa de Alta Tecnología (EAT) es una de las estrategias que debe conducir al logro de estos objetivos. No es la única estrategia, pero es una muy importante, y debe formar parte de nuestras "osadías".

Hay seis razones principales para estimular el crecimiento de los sectores industriales de alta tecnología que contribuyan a lograr un desarrollo económico sostenible en nuestro país. Estas son:

¹J. Martí: *Obras Completas*, vol. 23, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, p. 25.

1. El desarrollo económico del país pasa por su capacidad de generar ingresos en el mercado exterior, a través de la exportación de bienes y servicios, la atracción de inversión extranjera directa (IED) y la sustitución de importaciones.
2. La innovación ha de constituir una palanca para el desarrollo de la capacidad exportadora, la sustitución de importaciones y la atracción de IED en una economía como la nuestra, con un mercado doméstico de pequeña escala y escasez de recursos naturales.
3. Las Empresas de Alta Tecnología constituyen una vía de conexión y alineación del conocimiento con la producción, tanto por los resultados de la investigación científica y tecnológica propia, como por la asimilación y empleo de conocimientos procedentes de fuentes externas. La internalización de la actividad de la investigación-desarrollo-innovación (I + D + i) en los sectores en los cuales se instaura este tipo de empresa, impulsa el crecimiento del valor agregado en su cadena de valor, fortalece el establecimiento de redes de colaboración con universidades, Entidades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ECTI) nacionales y la participación directa de la industria en el desarrollo de la academia.
4. Este tipo de empresa puede constituir una vía de financiamiento de la actividad de I + D + i de terceros nacionales, complementaria al presupuesto que instituciones docentes de la enseñanza superior y centros de investigación-desarrollo reciben del Estado.
5. Las Empresas de Alta Tecnología y los sectores en que actúan, dado su reducido número inicial; pueden también convertirse en polígonos de ensayo para evaluar facultades y procedimientos de trabajo que adecuen el marco regulatorio del sistema empresarial, mejorando la diferenciación de funciones estatales y empresariales y elevando los niveles de autonomía que dicho sistema requiere; asegurando al mismo tiempo, las medidas organizativas, funcionales y tecnológicas que aseguren el debido control de la actividad empresarial.

6. Las Empresas de Alta Tecnología demandan personal altamente calificado, entre ellos un alto porcentaje de graduados universitarios, lo que constituye una fuerza motriz para el desarrollo del Potencial Humano y del sistema de educación en sentido general. Podrán no ser aún en el momento actual la "locomotora de la economía; pero pueden ser cada vez más la "locomotora de la educación superior".

La existencia, tratamiento diferenciado y expansión de este tipo de empresa es un imperativo de nuestro desarrollo económico. Cinco problemas de nuestro desarrollo han surgido reiteradamente en los debates de los últimos años, incluidos los debates en la Asamblea Nacional del Poder Popular:

1. La baja productividad del trabajo.
2. El balance negativo de las exportaciones de bienes, que hoy se compensa con las exportaciones de servicios.
3. La limitada capacidad de exportaciones, especialmente de bienes de alto componente tecnológico.
4. La falta de correlación entre la capacidad de formar recursos humanos de alta calificación y la capacidad de retenerlos y emplearlos en el aparato productivo.
5. El desafío demográfico del envejecimiento poblacional, que obliga a buscar empleo productivo y capacidad de contribución económica para las personas de mayor edad.

La existencia y expansión de Empresas de Alta Tecnología puede contribuir al enfrentamiento a estos cinco problemas. El retrato de una Empresa de Alta Tecnología pudiera describirse con los rasgos siguientes:

1. Opera el ciclo completo de Investigación, Desarrollo de nuevos productos y comercialización de productos y servicios de alto valor agregado que internacionalmente clasifican como de Alta Tecnología.

2. Cierra su ciclo económico con balance positivo en el mercado nacional y en el mercado exterior.
3. Basa sus operaciones en productos o tecnologías novedosos, con un alto componente de activos intangibles, entre los que se encuentran el conocimiento debidamente protegido mediante propiedad intelectual y los elevados estándares de calidad, validados por certificaciones nacionales e internacionales.
4. Tienen conexiones directas con el mercado exterior.
5. Construye modelos de negocios desde las etapas precomerciales, los cuales contribuyen a financiar el desarrollo de los productos para su penetración en los mercados externos.
6. Internaliza en sus costos la investigación científica y tecnológica, la innovación y la elevación permanente de los estándares de calidad.
7. Tiene una alta productividad del trabajo, sostenible en el tiempo.
8. Emplea una fuerza de trabajo de alta calificación.
9. Trabaja mediante alianzas y redes de colaboración, nacionales e internacionales, en la que participan otras empresas así como instituciones científicas o docentes del sector presupuestado.

Las Empresas de Alta Tecnología son objeto de regulaciones diferenciadas y específicas. Se trata de empresas:

- Que tienen una alta productividad del trabajo, por lo que la gestión debe priorizar el crecimiento de las operaciones por encima de incrementos marginales adicionales de la productividad.
- Deben cuidar la productividad actual, pero también la sostenibilidad de esa productividad en el tiempo.
- En que la limitante principal del crecimiento está en la penetración de mercados más que en los volúmenes de producción.

- En que el crecimiento de las utilidades depende más de la ampliación de mercados que de la reducción de costos.
- Que deben internalizar altos costos fijos derivados de las investigaciones y de complejos sistemas de calidad, y donde la presión por reducciones de los costos fijos (casi siempre un objetivo cortoplacista) puede deteriorar la viabilidad a mediano plazo.
- Que buscan ampliar la demanda principalmente en el mercado exterior, dado que la reducida demanda de bienes de alta tecnología de los países pequeños usualmente no basta para subsumir los costos fijos elevados.
- En las que la dependencia de la demanda externa establece limitaciones a la capacidad de planificación.
- Que conducen negociaciones frecuentes sobre activos intangibles (patentes, tecnologías, licencias, etc.) cuya valorización suele ser compleja, especialmente para los productos novedosos.
- Que requieren formas de movilización de financiamiento en sus etapas pre-comerciales, ese a veces largo período de maduración antes de que adquieran capacidad de financiamiento e inversión por sus propias ventas.

El marco regulatorio necesario para que las Empresas de Alta Tecnología puedan enfrentar esos desafíos es obviamente diferente del marco regulatorio promedio de todo el sistema empresarial. No se trata aquí de argumentar con arrogancia que son empresas mejores (también hay muy buenas empresas en los sectores de baja y media tecnologías), pero sí de reconocer que son empresas diferentes.

Las contradicciones y los desafíos de la gestión económica en la sociedad del conocimiento

La economía basada en el conocimiento es una economía "compleja", y en esta acepción "complejo" no es equivalente de "complicado": es algo más.

Categorizamos un sistema como "complejo" cuando tiene muchos componentes, muchas interacciones entre los componentes, e interacciones no-lineales. En estos sistemas, aunque existen leyes que gobiernan el comportamiento de los componentes y las interacciones entre ellos, el comportamiento general del sistema no es "al azar". Pero ese comportamiento del sistema en su conjunto, que no es aleatorio, no se puede predecir a partir de esas leyes, y el sistema muestra propiedades emergentes nuevas, y en ocasiones se ordena de manera espontánea y poco predecible.

El metabolismo de una célula es así, los fenómenos climáticos son así, las conexiones neuronales son así, y la economía de una sociedad también es así. Especialmente en una economía basada en el conocimiento, en la que las empresas evolucionan por discontinuidades tecnológicas, más que por mejoras incrementales; en la que el rendimiento de las inversiones tecnológicas es difícil de predecir, y en la que los productos líderes se sustituyen rápidamente; y se crean muchos canales de comunicación en ambos sentidos entre las empresas y las instituciones del sector presupuestado (como las relaciones universidad-empresa) por ejemplo, que son un fenómeno social reciente.

En la Historia ha sucedido muchas veces que el rápido desarrollo de las fuerzas productivas deja atrás el ordenamiento establecido de las relaciones de producción, y genera contradicciones. Es una de las ideas esenciales del materialismo histórico marxista. Marx lo analizó a la escala de los grandes sistemas sociales; pero el mismo fenómeno ocurre en el plano de las formas de gestión empresarial.

Los sistemas de gestión empresarial que hoy llamamos "modernos", surgieron hace más de un siglo (aunque se perfeccionaron después), a partir de una visión mecánica del funcionamiento de la economía, más parecida a las leyes de Newton, metáfora que funciona para las economías industriales simples. Pero la economía actual se parece más a los sistemas biológicos que a los aparatos mecánicos.

El intento de dirigir la economía de manera administrativa a partir de la dirección de sus componentes por separado es precisamente el origen de una de las grandes patologías sociales de hoy: la burocracia. De la burocracia la gente suele discutir con anécdotas: se critica el exceso de papeles, formularios, trámites, escalones múltiples para la toma de decisiones, resistencia al cambio, plantillas infladas, y otros tantos síntomas que parecen reproducirse aun cuando se toman periódicamente medidas bien intencionadas para atacarlos. Lo cierto es que en las últimas décadas en muchos países se ha notado el incremento del tiempo de trabajo que se dedica a papeles y datos administrativos. No es un problema solamente cubano. Pero el discurso suele quedar en eso, en los síntomas.

Ningún buen médico trata en un paciente solamente los síntomas, sino que intenta buscar las causas y los mecanismos de la enfermedad. En este asunto es lo mismo. Si queremos enfrentar bien la burocracia (o ponerle su "dosis exacta", porque alguna hace falta) debemos entender sus raíces profundas.

La mejor definición que se me ocurre de "burocracia" es que se trata de una forma de pensar y actuar en la que los procedimientos son más importantes que los objetivos. Es decir, se acepta posponer o limitar objetivos a cambio de ser estrictos en el cumplimiento de los procedimientos establecidos; se penaliza mucho a quien no cumple los procedimientos, y se penaliza poco al que vive disciplinadamente, pero con objetivos limitados. Esto se conoce como "riesgo asimétrico". Poco a poco lleva a la sociedad hacia el abandono de objetivos audaces; exactamente lo contrario de la actitud revolucionaria. Y eso es muy peligroso en momentos históricos donde se necesita mucha creatividad social, como hoy en nuestra querida Cuba socialista.

La burocracia no surge por la voluntad personal de nadie. Muchas veces los burócratas son excelentes compañeros en el plano personal, e incluso piensan honestamente que con su defensa a ultranza de los "procedimientos establecidos" están ayudando al país. No hay que atacarlos personalmente.

Como aconsejaba el filósofo holandés del siglo xvii, Baruch Spinoza: "[...] no se trata de reír, ni de llorar, sino de comprender".¹ Es que determinadas formas de pensar emergen colectivamente, como procesos sociales, y son universalmente aceptadas durante un tiempo. Esto sucede no solo en los procesos administrativos, sino también en la propia investigación científica.

En su obra clásica de 1962, *La estructura de las revoluciones científicas*, el filósofo Thomas Kuhn² acuñó para esto el término "paradigmas", definiéndolo en el caso de las ciencias naturales como: "[...] un logro científico universalmente reconocido, que durante un tiempo proporciona problemas modelo y soluciones a una comunidad de investigadores". Y si esto sucede para la física, la química o la biología, ¿por qué no para las ciencias empresariales? También hay logros de tecnología administrativa universalmente reconocidos que durante un tiempo proporcionan problemas modelo y soluciones. La cadena de montaje de la Ford para la producción de sus automóviles proporcionó uno de estos paradigmas administrativos.

El paradigma es aceptado inicialmente, porque funciona bien: ordena el pensamiento y ayuda a la acción, en base a las formas de pensar y actuar que han funcionado antes. El surgimiento de los grandes estados nacionales enfrentados a grandes tareas civiles y militares, requirió estandarización de procedimientos y normas rígidas. Las pirámides de Egipto, la muralla china y los acueductos romanos no se hubiesen podido construir sin procedimientos "burocráticos" de organización. La superación de la producción artesanal que siglos después hizo surgir las grandes empresas industriales, también requirió estandarización de procedimientos administrativos. La humanidad no hubiese salido sin ellos de una economía de supervivencia.

¹B. Spinoza: Carta XXX a Henry Oldenburg, en *Epistolario*, Ediciones Colihue, Buenos Aires, 2007.

²T. S. Kuhn: *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago, 1962.

Se establecen *a priori* las especificaciones del tipo de producto o servicio que se quiere; se diseñan procedimientos normalizados de operación para cada paso del proceso; se crean registros específicos para identificar si los procedimientos han sido cumplidos y detectar desviaciones; se capacita a la gente en las operaciones y se penalizan severamente los desvíos. Cuando la empresa es suficientemente simple, los objetivos y los procedimientos se alinean, y todo esto funciona bien.

Pero al igual que sucede con los paradigmas científicos, las maneras de pensar universalmente aceptadas comienzan a generar "anomalías", cosas que deberían funcionar y no funcionan, y la primera reacción humana es ignorarlas: los paradigmas suelen ser resistentes a los datos durante un tiempo, a veces largo. Los hechos se reinterpretan para reforzar la validez del paradigma (en este caso estamos hablando del paradigma burocrático) o simplemente no se les mira. Se acepta que "tal empresa fracasó, porque sus administrativos no interpretaron bien o no cumplieron bien los procedimientos establecidos" y nadie se detiene a revisar si lo que estaba "establecido" era lo correcto. Entonces el paradigma burocrático sigue ahí, incluso reforzado. Genera el atractivo de trabajar dentro de un sistema de reglas y regulaciones formalizadas, bajo la jerarquía de funcionarios impersonales. Luego ocurre que las "anomalías" se van acumulando y llega un momento en que no es posible ignorarlas más. Ha sucedido en todas las ciencias: las hipótesis emergidas del paradigma dominante predicen algo, y los datos dicen lo contrario.

En las últimas décadas los procesos industriales y económicos se han vuelto más complejos, entendiendo por "complejo" no el tamaño, sino la participación de muchos componentes en los procesos, la gran cantidad de interacciones entre un componente y otro, y el carácter no-lineal de muchas interacciones, todo lo cual condiciona que el comportamiento del sistema muestre "propiedades emergentes" que no se pueden deducir del comportamiento por separado de cada una de sus partes.

Sucede así en muchas empresas, pero se ve más claro en esas llamadas "empresas de alta tecnología", que deben internalizar la investigación científica, cambiar frecuentemente sus productos líderes, cultivar la experimentación y la creatividad de sus trabajadores, y responder a las demandas de mercados también emergentes y cambiantes. Por ello son un punto de observación privilegiado para ver fenómenos que en mayor o menor medida se dan en muchas partes de la economía, y para experimentar alternativas. De esta forma, además, la conexión de la ciencia con la economía nos ayuda a detectar las limitaciones de los paradigmas organizacionales dominantes y a superarlas.

Veamos que predice el paradigma burocrático y cómo las realidades, especialmente a partir de cierto grado de complejidad tecnológica, contradicen sus predicciones:

1. La eficiencia de una empresa es la suma de la eficiencia de cada una de sus partes y procesos componentes. **Falso:** En una empresa todos sus componentes pueden funcionar a la perfección y ser auditados como tales, y sin embargo la empresa no consigue sus objetivos. Abundan ejemplos.
2. El cumplimiento de los procedimientos estandarizados y establecidos para cada uno de sus componentes predice la eficacia de la empresa en su conjunto. **Falso:** los subsistemas de una empresa (economía, recursos humanos, calidad, inversiones, portadores energéticos, transporte, logística, etc.) generalmente se estandarizan para optimizar el funcionamiento interno de ese subsistema, y se auditan por separado, mientras que la optimización de la empresa en su conjunto lo que demanda es una interacción efectiva entre un subsistema y otro, aunque algunos de ellos funcionen separadamente de manera subóptima.
3. Las empresas crecen por perfeccionamientos incrementales predecibles. **Falso:** Las empresas, especialmente las de mayor contenido tecnológico, crecen por discontinuidades, es decir, por la entrada de productos, servicios y procesos que hace poco tiempo no existían.

4. Se puede preespecificar las tareas necesarias para alcanzar los objetivos. **Falso:** mientras más compleja es la tecnología y más innovadora es la empresa, menos se conocen de antemano los elementos determinantes de un objetivo. La gente tiene que comprometerse con los objetivos, más que con las tareas.
5. Los compañeros en altos niveles de dirección conocen mejor los problemas que los mandos intermedios y los trabajadores de base. **Falso:** en las empresas de avanzada lo que predomina son las "pirámides invertidas de conocimiento". En cada escalón jerárquico los trabajadores saben más que en el escalón superior.
6. La existencia de muchas reglas y controles crea un marco objetivo de referencia para las decisiones que reduce errores y diluye el poder arbitrario de los funcionarios. **Falso:** a partir de determinada cantidad de regulaciones, nadie logra conocerlas e interpretarlas todas, aparecen reglas en oposición, y en la práctica se incrementa el poder y la discrecionalidad de los funcionarios encargados de interpretarlas y exigirlos.
7. El comportamiento de las personas en el trabajo se puede hacer más eficaz detectando infracciones y sancionando al infractor. **Falso:** aunque hay infracciones peligrosas que se deben sancionar con mucha severidad, especialmente las que implican corrupción; en muchos otros casos se logra una influencia más duradera sobre las personas a través de la capacitación y la valorización de los ejemplos positivos.
8. La buena planificación consiste en reducir la incertidumbre todo lo que se pueda. **Falso:** un determinado grado de incertidumbre es inevitable, e incluso deseable, si abre espacio de posibilidad para experimentar procesos mejores y metas superiores. Es como en la genética: la replicación del ADN tiene una probabilidad de errores, y si estos errores no existiesen, no existiría la evolución de las especies.
9. La buena empresa no hace operaciones con pérdida. **Falso:** la buena empresa es aquella en que sus operaciones con

ganancias son muchas más que sus operaciones con pérdidas; pero las operaciones con pérdida siempre existen. De lo contrario la empresa renuncia a explorar oportunidades desconocidas o riesgosas, y esa es la receta para el estancamiento.

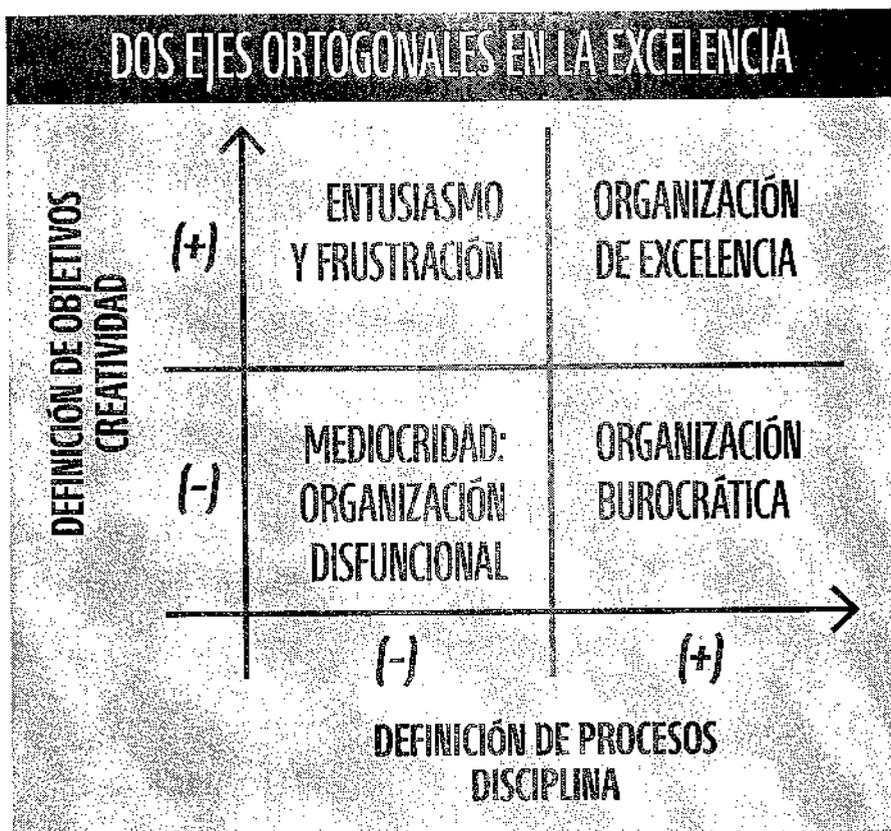
10. La buena empresa es la que cumple todos sus planes. **Falso:** el cumplimiento a 100 % puede ser un síntoma de falta de audacia en las metas y acomodamiento. Lo importante es el crecimiento del desempeño económico de la empresa. El plan y los procedimientos sirven en la medida en que contribuyan a ese crecimiento. No son objetivos en si mismos. A las empresas hay que evaluarlas por cómo avanzan hacia sus objetivos, no por la medida en que se atienen a los planes y los procedimientos.

Las ciencias sociales (incluidas las ciencias empresariales) siempre han recibido la influencia de las ciencias naturales en cada período histórico. El desarrollo de la física en los siglos XVIII y XIX llevó a una "concepción relojera del universo", predecible, cognoscible y movida por leyes inexorables. En su momento fue una concepción de avanzada, pero ya la ciencia la superó. De ahí surgió también una especie de concepción relojera de la economía y de las empresas. También en su momento (la revolución industrial) fue un avance, pero igualmente habrá que superarla.

El modelo económico y social que los cubanos estamos construyendo, base de la nación soberana, socialista, solidaria, próspera y sostenible a que aspiramos, modelo que no puede ser copia de nadie, requiere también un modelo propio de la empresa estatal socialista, actor principal de nuestra economía.

Hay que saber manejar la compleja interacción entre creatividad y control. Las empresas excelentes en formular objetivos audaces y movilizadores, pero incapaces de implementar disciplinadamente las acciones para alcanzarlos, acaban transitando por ciclos sucesivos de entusiasmo y frustración. Sobre el

otro eje ortogonal, las empresas capaces de implementar estrictos controles y procedimientos disciplinados, pero sin ponerlos en función de objetivos audaces y proyectos arriesgados, terminan en estériles burocracias.



Nuestras empresas tendrán que saber tratar las contradicciones que inevitablemente surgen entre el crecimiento y el control, entre la audacia de los objetivos y la disciplina en los procedimientos, entre la creatividad y la racionalidad de la planificación. Hay que encontrar el punto óptimo en estos balances, y el reto consiste en que ese óptimo no es el mismo para todos los sectores de la economía, ni para todas las etapas. Pero siempre hay un punto óptimo. La burocracia es una fuerza que nos empuja hacia un extremo en estos balances y en consecuencia, nos aleja del Socialismo.

Hacia una economía socialista basada en la innovación: "o inventamos o erramos"

Cuba está en un momento de actualización de su modelo económico, pero no es este solamente "un momento". La dinámica de cambios que observamos en el entorno económico y social mundial permite prever que necesitaremos una actualización permanente, para adaptarnos a ese entorno y al mismo tiempo preservar las conquistas esenciales de nuestra soberanía nacional, nuestra cultura y nuestra justicia social.

Los momentos de decisiones son también momentos de "bifurcaciones". Cada decisión que tomemos nos lleva por un camino escogido, y cancela otros caminos, y esas bifurcaciones tienden a reforzarse a sí mismas hasta hacerse irreversibles, al menos por un tiempo.

Es por eso mismo un momento de mucha responsabilidad. Las decisiones esenciales las tomarán hombres y mujeres que ya no pertenecen a la generación histórica que hizo la Revolución, ni siquiera a las generaciones subsiguientes que vivieron la expropiación de la burguesía, la construcción del socialismo y el enfrentamiento (exitoso) al imperialismo en las etapas de la Guerra Fría y el Período Especial.

Serán otros cubanos quienes las tomen, y por ello es muy importante el debate de ideas, y el debate con las nuevas generaciones sobre lo que hemos aprendido en estas décadas, y lo que ese aprendizaje nos dice sobre hacia donde debemos ir, y también hacia donde no debemos ir. Este libro aspira a servir como herramienta y arma, una más entre muchas, en manos de esas nuevas generaciones.

Dijo una vez Simón Rodríguez, el maestro de Bolívar, que "[...] o inventamos o erramos".¹

¹S. Rodríguez: "El Libertador del Mediodía de América y sus compañeros de armas defendidos por un Amigo de la Causa Social", *Publicación Arequipa*, Imprenta Publica, 1830.

Cuando se hable de innovación en este capítulo nos estaremos refiriendo no solamente a las innovaciones tecnológicas que la empresa estatal socialista debe multiplicar, sino también a las propias innovaciones socioeconómicas y organizacionales que debemos introducir tanto en la macroeconomía como en la microeconomía empresarial.

Es necesario conocer lo mejor posible la evolución de la economía mundial y de las teorías sobre la gestión empresarial, pero siempre analizando también nuestras propias especificidades y experiencias. Somos un país pequeño, que tiene pendiente aún la tarea de la construcción de la base material del desarrollo económico, y un país que quiere (necesita) construir el socialismo pues del socialismo depende, como veremos dos capítulos más adelante, nuestra existencia misma como país.

La literatura que describe y analiza la experiencia llamada internacional en estos temas proviene de países que no son pequeños, que ya desarrollaron su base material industrial, y que no tienen su soberanía nacional acosada por los grandes centros de poder mundial. Una vez más, ya habrá más veces, hay que acudir a José Martí: "[...] injértese en nuestras repúblicas el mundo, pero el tronco ha de ser el de nuestras repúblicas".¹

También la propia economía mundial ha cambiado. En la era de la revolución industrial lo que el crecimiento material demandaba a los países hoy llamados "centrales" era la existencia de una fuerza de trabajo barata, dada por una masa de trabajadores disponibles y pobres, y la conquista de nuevos mercados y nuevas fuentes de materia prima. Y eso fue lo que hicieron, la mayoría de las veces con el uso de la fuerza. Para eso vino a Cuba Cristóbal Colón en 1492, y sus conquistas financiaron el desarrollo industrial de Europa, aunque no conocemos si Colón lo sabía o no. Para eso intervinieron los Estados Unidos en la guerra hispano-cubano-americana en 1898, y en este caso si conocemos que lo sabían muy bien.

¹J. Martí: "Nuestra América", *Obras Completas*, vol. 6, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, pp. 15-23.

Ahora, en el siglo XXI, el desarrollo tiene otras demandas y otras oportunidades. Los componentes del Factor Total de Productividad, que discutimos en una sección precedente, están cambiando y van a seguir cambiando.

Fidel Castro lo definió muy bien cuando dijo en 1993 en Santiago de Cuba: "La ciencia y las producciones de la ciencia, deben ocupar algún día **el primer lugar de la economía nacional**. Pero partiendo de los escasos recursos, sobre todo de los recursos energéticos que tenemos en nuestro país, tenemos que desarrollar las producciones de la inteligencia, y **ese es nuestro lugar en el mundo, no habrá otro**".

Para lograr esto tenemos que transitar hacia una economía:

- Socialista.
- De justicia distributiva.
- Basada en el protagonismo de la empresa estatal.
- Exportadora y globalmente conectada.
- Exportadora de bienes y servicios de alta tecnología.
- Innovadora, en lo tecnológico y en la propia gestión macroeconómica y microeconómica.
- Con una fuerte conexión entre la ciencia y la producción.
- Planificada en lo esencial, pero sin caer en el reduccionismo de la planificación de los detalles.
- Que mantenga en manos del Estado socialista las palancas económicas y los recursos necesarios para perpetuar y seguir incrementando el desarrollo social conquistado: educación, cultura, seguridad ciudadana, inclusión social (nadie desamparado), acceso a la ciencia y la tecnología.

Sobre esto tenemos bastante consenso, aunque hay que seguir reforzando ese consenso. La pregunta es entonces ¿cómo logramos estos objetivos al mismo tiempo y evitamos que algunos (¿planificación?) entren en contradicción con otros (¿innovación?)

Es en este tipo de economía, basada en la ciencia y la innovación, donde el socialismo tiene que mostrar sus ventajas en

el siglo XXI, de manera análoga a cómo la Unión Soviética mostró las ventajas del socialismo en la etapa de industrialización de la primera década del siglo XX.

La demostración de las ventajas del socialismo en el tránsito a la economía del conocimiento es una tarea que las experiencias socialistas del siglo XX dejaron pendiente. Los cubanos tenemos algo que decir en esto. El impacto económico de las exportaciones de productos farmacéuticos y biotecnológicos, y de servicios médicos, muestran como ha sido posible que la inversión en capital humano y en ciencia se convierta en ingresos líquidos para la economía.

La tarea ahora es no asumir esos dos ejemplos como excepciones, sino como casos demostrativos de lo que pudiéramos hacer exportando otros bienes de alto contenido tecnológico (más allá de los productos de la biotecnología) y otros servicios especializados (más allá de los servicios médicos). El desafío intelectual es extraer las regularidades que explican los éxitos en esos sectores y proyectarlas sobre otros sectores.

La neblina del financiamiento precomercial

Las Empresas de Alta Tecnología tienen, entre sus muchas diferencias con las empresas de tecnologías maduras, una con enormes consecuencias prácticas: el manejo del riesgo. Todas las empresas, aún aquellas de tecnología media o baja, y todas las operaciones económicas tienen un componente de riesgo: las previsiones de mercado pueden no realizarse, los costos previstos pueden no alcanzarse, puede haber inestabilidad monetaria, quizás aparezcan nuevos competidores y el entorno socioeconómico puede cambiar de mil maneras. Pero esos riesgos son calculables, al menos en una aproximación cercana. El riesgo tecnológico suele ser bajo: si a una nueva empresa, digamos, para fabricar queso, se le instala la tecnología conocida, producirá queso y siempre habrá un mercado

para el queso. Además, siempre hay muchas otras empresas parecidas cuyos datos de desempeño pueden servir de comparación.

En las Empresas de Alta Tecnología el cuadro es diferente. En primer lugar, la tecnología misma, al ser muy innovadora y basada en investigación científica reciente puede no funcionar, y el "producto" finalmente no existir. Una empresa que fundemos, digamos, basada en descubrimientos y patentes para hacer una vacuna contra el sida, no sabe *a priori* si los ensayos clínicos van a funcionar, qué protección van a dar a los vacunados, y puede que la vacuna basada en esa patente no llegue nunca a existir. De hecho, diferentes estimaciones coinciden en que, al iniciarse un ensayo clínico, la probabilidad de que el producto llegue al mercado no es mayor de 10 %. Adicionalmente, si la tecnología es realmente novedosa, no hay muchas otras empresas de vacunas de sida para buscar datos de comparación y estimar riesgos.

Finalmente, en biotecnología el tiempo que hay que esperar para saber si un nuevo producto será realmente exitoso, dado que incluye complejas investigaciones clínicas, suele ser muy grande.

Genentech, la primera gran empresa basada en tecnología de ADN-recombinante, fundada en 1976, tardó ocho años en transitar a la rentabilidad por ventas. Ese plazo se ha ido ampliando continuamente en los últimos años, a medida que ha aumentado la complejidad de los ensayos clínicos y del entorno regulatorio.

Entonces la viabilidad de un emprendimiento de alta tecnología requiere tener una estrategia (o al menos una probabilidad) para financiar operaciones e inversiones durante el extenso período en que la empresa gasta mucho y no vende nada, período que algunos escritores sobre el tema le llaman "el valle de la muerte". La estrategia financiera suele ser tan importante como la estrategia científica. De lo contrario no se sale del valle y el protagonista se muere de sed (de sed financiera en este caso).

En verdad el problema del manejo del riesgo no es nuevo en la economía. En las décadas (y siglos) previos a la revolución industrial del siglo XIX, el empresario invertía con sus propios ahorros, derivados de sus ganancias pretéritas. Pero cuando la tecnología demandó grandes inversiones (para hacer digamos, una línea de ferrocarril, o una gran fábrica), ya no fue posible acudir al esquema de ahorrar primero para invertir después; y hubo que buscar fórmulas para invertir a expensas de las ganancias futuras, no de las ganancias pasadas.

Como primera opción se piensa en un crédito bancario, mecanismo que existe desde el Renacimiento en el siglo XV. Pero en muchos casos esa opción no funciona, porque en ella el empresario se endeuda y asume todo el riesgo en caso de fracaso; y el banco no arriesga casi nada. No es un mecanismo eficaz para grandes inversiones riesgosas. Entonces surgieron en el siglo XVIII dos "inventos" organizacionales: la sociedad limitada por acciones y las bolsas de valores. Entre ambos, más adelante, se situaron los "inversionistas institucionales".

Sin intentar entrar a fondo en estos temas, de los cuales hay montañas de libros, puede ayudar al lector no especializado un breve comentario sobre cada uno.

Las compañías de responsabilidad limitada (Ltd) y las sociedades por acciones proliferaron en el siglo XIX como un medio de facilitar que varios capitalistas acometieran un proyecto grande, que sería imposible para cada uno de ellos por separado. Cada uno arriesgaba una parte del capital y eso le daba un derecho proporcional (acciones) a las ganancias futuras de la empresa. Con la venta de acciones aumentó la cantidad de accionistas de una empresa, cada uno de los cuales es dueño de una parte, y entonces ocurrió paralelamente una separación entre la propiedad y la administración. Los propietarios son los accionistas, pero estos usualmente no administran la vida cotidiana de la empresa, la cual es confiada a un administrador profesional, que puede ser un accionista o no serlo, y simplemente percibir un salario por su labor.

Otro componente de la innovación financiera fue la aparición de los mercados de acciones o Bolsas de Valores, donde las acciones de diferentes empresas se compran y se venden a personas o instituciones generalmente no involucradas en la operación de las empresas. Estas empresas se hacen "públicas" entendiendo por tal la posibilidad de que cualquiera adquiriera una cierta cantidad de acciones.

Un tercer componente fue la aparición de "inversionistas institucionales", es decir, empresas que se dedican a invertir a nombre de terceros, y se especializan en evaluar la rentabilidad esperada y los riesgos de las empresas en las que invierten, a nombre de sus clientes. El aspecto positivo de esa estructura es que permite, y de hecho estimula, el emprendimiento de proyectos de riesgo, e inversiones reales basadas en la expectativa de ganancias futuras.

El aspecto negativo es que el sistema derivó hacia la especulación financiera, al aparecer y crecer exponencialmente el mercado de compraventa de acciones entre unos accionistas y otros, lo que ya constituye la inmensa mayoría de las transacciones, y en las que ya el dinero no se transfiere a la economía real de bienes y servicios. Todo ello se complica aún más con los "derivados financieros", que empaquetan acciones y títulos de diferente origen que se compran y se venden muchas veces sin que el que compra sepa lo que está comprando.¹ Todo ello condujo a lo que hoy se llama la "financiarización" de la economía. Este proceso, que fue avizorado por Martí y por Lenin, ha llegado en nuestros días a proporciones alucinantes y consecuencias peligrosas, sobre lo que han alertado prestigiosos economistas.

Las raíces del fenómeno no son nuevas. Incluso Aristóteles hace siglos distinguió entre la actividad económica destinada a producir bienes y servicios necesarios para la vida, y la actividad cuyo fin último no es la producción, sino hacer más dinero.

¹F. Soberón: *Finanzas internacionales y crisis global*, Ed. José Martí, La Habana, 2013.

Lo nuevo es la magnitud actual del fenómeno. La cantidad de dinero que se mueve en operaciones financieras de este tipo ya supera con mucho la que se mueve como consecuencia de intercambios reales de bienes y servicios. Las decisiones sobre tales transacciones se toman en base a percepciones sobre la probabilidad de que ocurran determinados hechos. Es un mercado de percepciones. De hecho, a medida que las transacciones financieras sobrepasan las de la economía real, el objetivo verdadero de inversionista no es invertir para el desarrollo de la producción, sino adquirir acciones para venderlas a otro inversionista; y así, los análisis financieros ya no se concentran en hacer predicciones sobre cómo se comportará la economía real, sino sobre cómo se comportarán esos otros inversionistas. Es lo que J. M. Keynes, uno de los economistas más influyentes del siglo xx, llamó "la economía de casino", que no contribuye ni con mucho a una distribución eficiente de los recursos.

También el economista estadounidense Alan Greenspan, quien fuera más de diez años presidente de la Reserva Federal, alertó sobre este fenómeno llamándole "exuberancia irracional" de los mercados.¹

No es el propósito de este capítulo, ni resulta posible, discutir este complejo tema, sino solamente apuntar las relaciones con las Empresas de Alta Tecnología, especialmente la biotecnología. Como apuntamos más arriba, en las empresas basadas directamente en la investigación científica, además de los riesgos financieros y de mercado que tiene cualquier empresa, se adicionan también enormes riesgos técnicos. El nuevo producto que la ciencia anuncia pudiera ser que simplemente no funcione.

Cuando en la primera mitad del siglo xx las empresas de la química y la electrónica comenzaron a crear laboratorios de investigación dentro de las empresas, esa investigación se podía financiar con las ganancias previamente existentes de esas

grandes empresas; y la economía de esas empresas podía absorber el riesgo de que uno o varios de sus proyectos no condujese a resultados. Pero las empresas pequeñas que surgieron después no tenían en sus inicios ningún ingreso por ventas, y muchas no llegaron a tenerlo nunca. La supervivencia siempre estuvo vinculada a la capacidad de movilizar financiamiento a partir de expectativas de ganancias futuras.

Genentech, la empresa biotecnológica que registró el primer fármaco recombinante (la insulina-rec), emitió acciones en la bolsa de valores antes de tener ningún ingreso, de hecho, dos años antes del lanzamiento del producto en el mercado.¹ La capacidad para movilizar financiamiento antes de vender productos determina en gran medida el éxito o fracaso de una nueva empresa de alta tecnología.

En dependencia de las políticas de financiamiento de la ciencia en diferentes países, estas empresas suelen partir de desarrollos científicos obtenidos por instituciones académicas del sector presupuestado, financiados con dinero de los gobiernos. Aun después que se ha dado el paso de crear una empresa a partir de un colectivo científico, estas empresas nacientes benefician de varias formas de subsidio de los gobiernos, antes de dar el paso siguiente, que suele ser el acceso a capital de riesgo, proveniente de instituciones financieras especializadas, las cuales ya adquieren determinada posición accionista en la nueva empresa.

Cuando el proyecto avanza y en dependencia del contexto económico, es posible que se creen las condiciones para una operación exitosa de venta de acciones en la bolsa de valores, una "primera oferta" (IPO: Initial Public Offering), seguida o no de emisiones secundarias de acciones. En algún momento, si el proyecto sigue cosechando éxitos, la empresa puede transitar a la rentabilidad por sus propias ventas. Lo que sucede más frecuentemente es que el proyecto, una vez que ha avanzado lo

¹S. Mukherjee: *The GENE: An Intimate History*, Scribner, Simon & Schuster, Inc., New York, 2016.

suficiente como para suponer menor riesgo, es adquirido por una empresa farmacéutica grande que financia las etapas todavía pendientes para llegar al mercado.

Así, y con muy diversas combinaciones de subsidio de gobierno, capital de riesgo, venta de acciones en bolsa, préstamos bancarios o dinero proveniente de alianzas con grandes empresas, se recorre el camino del valle de la muerte” entre el resultado científico y el producto comercial. Menos de una de cada cinco empresas llega al final. El camino puede tomar más de diez años y más de 200 millones de dólares. Aun después de haber realizado exitosamente una venta de acciones en bolsa de valores, menos de la mitad de las empresas que llegan hasta ahí continúan operando independientemente diez años después. Las otras resultan adquiridas por otras empresas mayores, o simplemente quiebran.

Durante el largo camino del resultado científico al producto comercializable, la inversión de esfuerzo y dinero de la empresa solamente ha producido “activos intangibles” (una patente, una tecnología, resultados clínicos, etc.), cuya valorización suele ser muy problemática porque depende de las percepciones que tengan los futuros inversores sobre en qué medida esos activos disminuyen el riesgo del proyecto. Todo circula alrededor de la percepción de riesgos.

En esas estrategias de financiamiento precomercial la frontera entre la valorización de activos intangibles según su riesgo, y la especulación financiera, puede ser una frontera borrosa. Las estrategias de las empresas pueden parecer robustas y desplomarse cuando estalla una burbuja financiera, como ya ocurrió en 2001 con muchas empresas basadas en Internet (las llamadas “empresas punto-com”).

La capacidad de valorizar y comercializar activos intangibles es un rasgo consustancial a la economía del conocimiento. La especulación financiera es otra cosa, y es más “economía de casino” que economía del conocimiento. El problema es saber distinguir entre ambas.

En este punto pudiera el lector argumentar que hemos descrito la trayectoria de una empresa privada (o pública por acciones) en una economía de mercado, y preguntar que tiene eso que ver con las Empresas de Alta Tecnología en Cuba. Pero esa conexión existe y aunque el trayecto contiene grandes riesgos, el riesgo mayor está en no ver la conexión y no diseñar una estrategia explícita para manejarla.

Las Empresas de Alta Tecnología en Cuba son empresas estatales. La inversión estatal financió su surgimiento y su incubación hasta madurar hacia empresas rentables por sus ventas de productos. Sin embargo, la conexión de esas empresas con los mercados financieros es algo que ha ocurrido, y varias veces con éxito.

En las empresas mixtas que tiene BIOCUBAFARMA en el exterior, las acciones propiedad de la parte cubana han sido adquiridas por la valorización de las patentes y las tecnologías que aporta. El capital líquido ha sido aportado por el socio extranjero. En varios proyectos se han establecido alianzas con empresas de otros países que implican pagos pre-comerciales, que ocurren bien a la firma de los acuerdos o en el momento en que el proyecto completa una de sus etapas de investigación previstas. En otros proyectos es la empresa contraparte la que accede a capital de riesgo o a venta de acciones en la bolsa de valores, y esos recursos financian los proyectos de la empresa mixta. Existen otras variantes y ello implica que tenemos cierta experiencia.

A partir de ahí habrá que explorar variantes nuevas y adaptarnos creativamente a la evolución del contexto mundial en la economía del conocimiento. Dada nuestra condición de país pequeño, con una demanda doméstica también pequeña, especialmente para los productos de alta tecnología, el mercado para nuestros productos y servicios de alta tecnología está en el exterior. Y no es solamente un “mercado de productos”, sino un mercado de bienes intangibles, propiedad intelectual, canales comerciales, marcas reconocidas, tecnologías, capacidades de

investigación-desarrollo y conocimientos, que son bienes transables pero perecederos.

Tendremos que aprender a manejar estos procesos y encontrar en ellos las ventajas del socialismo. Tal aprendizaje no se contradice con la propiedad estatal socialista de nuestras empresas. Más bien sucede lo contrario: el carácter estatal socialista de nuestras empresas funciona como base segura y dispositivo de protección para enfrentar la volatilidad y las incertidumbres de las negociaciones basadas en activos intangibles y percepciones de riesgo. Podemos hacerlo.

Caribdis y Scila: hacia donde no debemos ir

Cuando el rumbo que queremos tomar contiene inevitables incertidumbres que tenemos que despejar entre todos, y resulta complejo crear consenso sobre hacia dónde queremos ir, entonces se hace trascendental conocer de inicio hacia donde NO queremos ir, y construir consenso sobre eso.

El poeta griego Homero narró hace 2800 años en el poema épico la *Odisea*, cómo la nave en que regresaban de Troya el héroe Ulises y sus compañeros debía atravesar por un estrecho entre dos peligros mortales: el monstruo de seis cabezas, Scila, que los podría devorar, y el torbellino Caribdis, en que se podrían ahogar.

La economía cubana está hoy en una coyuntura igualmente peligrosa, y, al igual que Ulises, somos nosotros los que estamos al timón, y la tropa está cohesionada. Ulises salió, nosotros también lo haremos. Scila para nosotros es desviarnos paso a paso, a partir del necesario espacio creado para el sector no estatal, hacia una economía de mercado, que se tragaría, como el monstruo de la *Odisea*, las conquistas sociales logradas durante décadas de heroísmo de todo el pueblo.

La economía capitalista de mercado, dicen los teóricos que la defienden, es un sistema en el que muchos actores locales, guiados por su interés individual, establecen interacciones que

generan, espontáneamente, un arreglo óptimo para el crecimiento de la economía en general. Es el accionar de lo que se conoce como "la mano invisible del mercado". En la historia económica del mundo durante un tiempo parecía funcionar. Es la receta del neoliberalismo, que la Escuela de Chicago conceptualizó, que el Consenso de Washington prescribió, y que muchos en América Latina tomaron como verdad bíblica.¹

Pero el funcionamiento de la mano invisible del mercado también construyó desigualdades que se están acercando a un punto de no retorno. Parecía que los métodos del "estado de bienestar" establecidos por la socialdemocracia europea podrían controlar la expansión de las desigualdades, y de hecho lo hicieron durante tres décadas aproximadamente a partir de finales de la Segunda Guerra Mundial. Por ejemplo, en el período 1910-1920, el 10 % más rico de la población de Estados Unidos recibía casi 50 % del ingreso nacional, y esta fracción se redujo a 30 %-35 % a fines de la década de 1940 y se estabilizó 30 años en ese nivel, pero comenzó a subir rápidamente en la década de 1980, llegando en el año 2000 a los niveles de desigualdad y concentración de la riqueza que había a principios de siglo.²

La ideología neoliberal que ascendió a ser predominante después de la desaparición de la URSS y el campo socialista europeo, y que propuso e implementó que el Estado se retirara de su intervención en la economía, revirtió el proceso de control de las desigualdades, y éstas volvieron a crecer. Otro indicador interesante muestra que las desigualdades están asociadas al crecimiento de grandes ingresos que provienen de las rentas (la tenencia de propiedades, las herencias, etc.) y no del trabajo. Esta proporción en algunos países está llegando al menos

¹P. Krugman: El retorno de la economía de la depresión y la crisis actual, Ed. Crítica S.L., Barcelona, 2009.

²T. Piketty: *Capital in The Twenty-First Century*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2014.

a 33 %, y esa tendencia es insostenible: construye una bomba de tiempo social que puede destruir las bases de la idea de la democracia. Así lo dijo San Marcos en su Evangelio: "[...] Al que tiene se le dará, pero al que no tiene se le quitará aun lo que tiene".¹

La lógica de las fuerzas espontáneas del mercado en función del crecimiento y de la acumulación genera una tecnología sin moralidad; y eso es el camino del fascismo. Ya ocurrió una vez.

En Cuba una eventual ampliación del espacio del sector no estatal ampliaría las desigualdades sociales, como lo ha hecho regularmente en todos los países donde eso ha ocurrido; y pondría en riesgo las principales conquistas de la Revolución Cubana, que son la equidad y la justicia. Y como veremos dos capítulos más adelante, pondría en riesgo también la Soberanía Nacional, y la propia existencia de la Nación Cubana.

Caribdis para nosotros es dejarnos atrapar por el sumidero de la planificación rígida y la ilusión de que todo se resuelve con más controles, lo que nos puede llevar a la desconfianza colectiva en la viabilidad de la economía socialista. Necesitamos crecimiento económico, y necesitamos control. El crecimiento sin control es despilfarro, desigualdades sociales y corrupción. El control sin crecimiento es estancamiento, inadaptación al entorno cambiante y desconfianza en el futuro. Los controles no son un objetivo: son un instrumento. El verdadero objetivo es el crecimiento de la economía socialista y el bienestar material y espiritual del pueblo. Los instrumentos sirven cuando son útiles al objetivo y se hacen obsoletos en caso contrario.

La polémica sobre los controles no es solamente cuantitativa, es decir, sobre más controles o menos. Es esencialmente cualitativa: ¿qué tipo de controles necesitamos? La idea de perfeccionar la gestión empresarial controlando en detalle cada aspecto de la vida empresarial es una ilusión. Arrastra la economía a una orgía de "procedimientos establecidos" donde se

pierde la perspectiva de los verdaderos objetivos. Es el torbellino o sumidero de Caribdis.

El carácter complejo de los sistemas económicos impide dirigirlos a partir de la conducción de sus componentes: Hay que dirigirlos desde otro plano, encontrando aquellos fenómenos de la vida empresarial que son los determinantes del éxito, y accionando con capacitación y con acciones de control sobre estos determinantes, no sobre toda la fenomenología empresarial que se deriva de ellos.

La excelencia empresarial no es la suma del perfeccionamiento de cada uno de sus procesos internos: es una cualidad de orden superior. Los adversarios ideológicos del socialismo han sembrado la idea de que la propiedad estatal y la justicia distributiva están relacionadas con la pérdida de la productividad del trabajo. Los problemas de productividad que afectaron la experiencia soviética a partir de la década de 1970 parecieron validar esa idea, y de hecho ella está enraizada en el subconsciente de muchos de nosotros y se expresa en los debates cotidianos sobre problemas particulares en los que parecería que para ganar productividad debemos sacrificar equidad.

En el debate actual sobre las políticas económicas existen al menos tres disyuntivas ante las cuales la gente se ubica frecuentemente en posiciones polares, de manera explícita o más frecuentemente de forma implícita o incluso subconsciente. Estas tres disyuntivas se refieren a la prioridad que debemos darle:

- Al crecimiento económico o al ahorro.
- A la disciplina o a la iniciativa.
- A la exigencia sobre los empresarios o a la responsabilidad de los organismos globales reguladores.

Se pudiera decir, y de hecho muchos dirán, que "hace falta todo", o sea, crecimiento **Y** ahorro; iniciativa **Y** disciplina, organismos eficaces regulando **Y** empresarios eficaces implementando. Eso es verdad en la teoría, y en la proyección a largo plazo, pero en

¹La Biblia: El Evangelio según San Marcos, 4:25.

la vida real y en la inmediatez, esos conceptos frecuentemente entran en conflicto y las decisiones prácticas privilegian un polo u otro de cada disyuntiva.

Ahorro y crecimiento son dos conceptos que apuntan en la misma dirección y se refuerzan en la macroeconomía del país, donde el ahorro es la fuente de recursos para la inversión. Pero a nivel de la economía de las empresas frecuentemente entran en contradicción, y las decisiones que conducen a la reducción de gastos (no me refiero al necesario combate al despilfarro) no son usualmente las mismas decisiones que privilegian el crecimiento. En el discurso actual sobre nuestro sistema empresarial, la insistencia suele ser sobre el ahorro en la empresa. Las decisiones de crecimiento suelen provenir todavía de fuera de la empresa. Debemos superar esa etapa. Más peligrosa aun es la confusión que mezcla en un mismo marco regulatorio a las empresas, que deben estar orientadas al crecimiento, y a las unidades presupuestadas que no tienen por qué estarlo.

El desarrollo de nuestra economía requiere que nuestras empresas tengan la iniciativa de explorar alternativas de nuevas producciones y servicios, y de nuevos modelos de negocio. La iniciativa implica riesgo, pues casi por definición, se comprende que muchas iniciativas salen mal. Durante años hemos penalizado en las empresas la asimilación de riesgos en la exploración de iniciativas, y hemos privilegiado la disciplina en el cumplimiento de las orientaciones. Una vez más pudiera decirse que una buena empresa cumple con ambas cosas; pero en la vida real surgen tensiones entre estos dos conceptos.

Otra bifurcación que divide el pensamiento sobre la economía surge al analizar donde están las causas de los problemas de productividad en la construcción del socialismo, y se escuchan posiciones que sitúan toda la responsabilidad en los empresarios sin exigencia, o incapaces de implementar las correctas regulaciones que están establecidas; y también posiciones opuestas que consideran que todo lo que hay que hacer es

cambiar el marco regulatorio para que las buenas empresas que tenemos desplieguen todo su potencial.

Lo que necesitamos son empresas que desplieguen iniciativas, exploren alternativas y tengan la voluntad de crecer en sus operaciones económicas, y los organismos reguladores son los responsables de construir el contexto que facilite eso, e incluso de construir un cierto margen de tolerancia (supervisada) para los fracasos probables que sean consecuencia del estímulo a la iniciativa y la autonomía empresarial.

Obviamente la verdad no está en ninguno de los dos extremos de esas disyuntivas. Pero tampoco es el camino el de los tanteos para encontrar el "justo-medio". El verdadero desafío no está en manejar esas contradicciones, sino en superarlas, dejándolas atrás como falsas contradicciones.

Ahí es donde la Economía del Conocimiento puede construir un contexto diferente, en el que las palancas del socialismo muestren todo su potencial de desarrollo económico.

- Una economía basada en la ciencia necesita libre circulación de conocimientos e innovaciones, y la propiedad privada dificulta eso.
- Una economía basada en la ciencia necesita interacciones fluidas entre el sector empresarial y el sector presupuestado, lo cual es muy difícil cuando estos sectores tienen formas diferentes de propiedad.
- Una economía basada en la ciencia necesita empresas que inviertan en el mediano y largo plazo, y la competencia cortoplacista dificulta eso.
- Una economía basada en el conocimiento necesita motivación e iniciativa creadora de los trabajadores, y ello solo es posible a partir de su condición de dueños de la empresa socialista.
- Una economía basada en el conocimiento necesita de grandes inversiones en educación y en la ciencia del sector presupuestado y ello solo es posible cuando el Estado tiene los recursos que se necesitan, a partir de las ganancias de las empresas estatales.

La iniciativa y la creatividad, (incluida la aceptación de un cierto nivel de exploración, riesgo y fallo), no son atributos que debamos "regalarle" al sector no-estatal. Ya conocemos las amargas experiencias de otros países exsocialistas que cometieron ese error. La empresa estatal socialista puede ser mejor, en iniciativas y creatividad, si le creamos el contexto apropiado para ello.

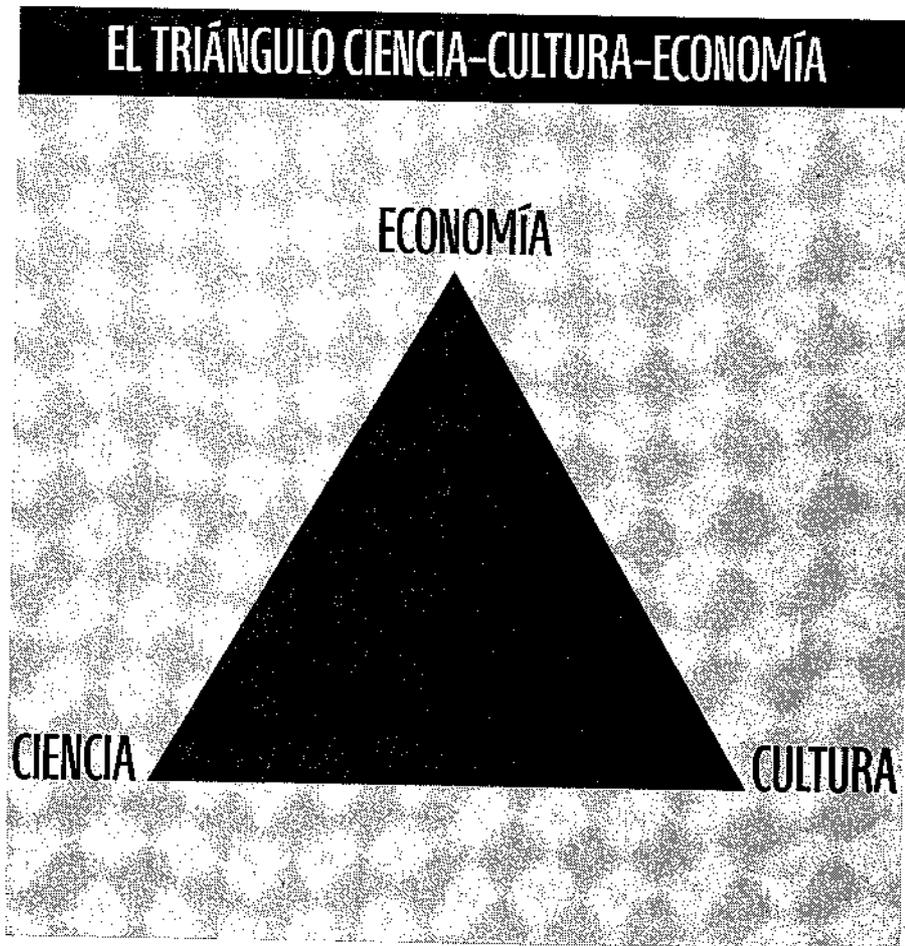
CAPÍTULO VII EL TRIÁNGULO CIENCIA-CULTURA-ECONOMÍA

El tema central de este libro es el de las conexiones de la ciencia con otras actividades humanas y otros procesos sociales. Está motivado por la percepción, derivada en gran parte de la experiencia concreta del sector de la biotecnología en Cuba, de que el desarrollo científico de un país no puede hacerse equivalente solo al crecimiento de los indicadores de intensidad del trabajo científico: cantidad de instituciones, investigadores, formación de doctores, publicaciones, patentes, y otros. El desarrollo científico es una ecuación de dos términos: el primero es la intensidad, pero el segundo son las conexiones de la ciencia con la producción, con la economía, con la Educación, con la cultura, es decir, con las otras esferas de la labor humana.

No siempre intensidad y conectividad crecen proporcionalmente. Ni la intensidad ni la conectividad son procesos espontáneos. Ambos requieren intencionalidad, diseño y construcción conscientes; y los protagonistas del desarrollo científico futuro en Cuba tendrán que ocuparse de continuar reforzando las conexiones de la ciencia, también con la cultura.

En el capítulo anterior examinamos las conexiones de la ciencia con la economía. En este exploraremos las que existen entre la ciencia y la cultura, e iremos un paso más allá al

describir las influencias recíprocas entre ambas y los procesos económicos. Es lo que llamamos:



Para que la construcción social sea una labor humana consciente es necesario comprender cómo funcionan las herramientas intelectuales que tenemos.

El método científico es una de estas herramientas, muy poderosa para la comprensión de la realidad; pero la inteligencia humana tiene otras herramientas de comprensión que se inscriben en el término más amplio de "la cultura", el cual, por cierto, incluye a la ciencia.

Si el lector de este capítulo es un científico, intentará identificar los fenómenos culturales que determinan la propia productividad de su investigación científica.

Los intentos de definir la cultura

Hay conceptos muy difíciles de definir de manera precisa con palabras, la cultura es uno de ellos, pero todos tenemos una idea intuitiva de lo que quiere decir.

La cultura es lo que nos hace humanos. Es un atributo exclusivo de nuestra especie, que la hace evolucionar. Si para cualquiera de las especies de animales que pueblan este planeta comparásemos cómo era la vida hace 10 000 años y cómo es ahora, veríamos que son vidas muy parecidas; pero si comparásemos la vida de la especie *Homo sapiens* diez mil años atrás y hoy, veríamos que son muy diferentes. La diferencia proviene de la cultura: nuestra capacidad para elaborar ideas sobre el mundo y sobre nosotros mismos y transmitir las a las generaciones siguientes, cambiando permanentemente el punto de partida de cada generación.

Ese conjunto de ideas, socialmente compartidas, contiene conocimientos objetivos, pero también valores, principios éticos y políticos, costumbres, modos de vida, símbolos y significados, creación artística, instituciones. También contiene la capacidad del hombre para reflexionar sobre sí mismo y asumir compromisos éticos.

La capacidad de crear y transmitir esas ideas, conocimientos y valores surgió hace aproximadamente 70 000 años, con la aparición del lenguaje ficticio, que permitió al *Homo sapiens* transmitir información sobre las cosas que existen en el mundo y también sobre cosas que no han visto o incluso que no existen como tales. Así pudieron surgir leyendas, mitos, leyes, religiones y conceptos abstractos, proceso que hoy identificamos como "la revolución cognitiva". El lenguaje ficticio y el intercambio de ideas a través de él, precede miles de años a la

aparición de la escritura y a la revolución agrícola que hizo al hombre sedentario.¹

El lenguaje y la capacidad de conceptualización que lo acompañan le dieron al hombre la posibilidad de transmitir esas ideas, haciendo que lleguen a generaciones aún no nacidas, y aceleraron la evolución y la capacidad de adaptación a su entorno a una velocidad incomparablemente superior a la de la evolución biológica. Esas capacidades humanas dependen de lo que sucedió y de lo que se pensó antes. Esa es la historicidad de la especie humana.

Veamos como capturó esta idea José Martí: "Los hombres son productos, expresiones, reflejos. Viven en lo que coinciden con su época o en lo que se diferencian marcadamente de ella. No es aire solo lo que pesa sobre sus hombros, **sino pensamiento**".²

También el lenguaje y la capacidad de conceptualización aportaron otra capacidad, tan importante como la primera, que es la de colaborar con hombres que no están en su entorno inmediato y que no conoce, pero con los que comparte interpretaciones de la realidad, formas de comportamiento, y valores. El hombre primitivo podía emprender acciones colaborativas con los integrantes de su familia o su pequeño grupo cercano. Ahora emprendemos acciones conjuntas por ejemplo "todos los cubanos", o "todos los comunistas del mundo", o "todos los latinoamericanos", o "todos los científicos que investigan cáncer", y lo hacemos a partir de componentes de la cultura que compartimos. Así se incrementa la "distancia de cooperación posible", y se incrementa la interdependencia entre las personas, incluso entre personas que no se han visto nunca ni han hablado directamente entre sí, y esa tendencia a la construcción de relaciones y dependencias, y al crecimiento de estas, ha sido el

¹Y. N. Harari: *De animales a dioses*, Ed. Debate, Buenos Aires, 2014.

²J. Martí: *Obras Completas*, vol. 13, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, p. 21.

sentido constante de la evolución histórica, por decenas de miles de años.

La propia economía funciona mediante la producción de vínculos sociales y ello es un hecho cultural.

Esa permanente construcción y transmisión de ideas le permite al hombre adaptar su comportamiento a cambios en el entorno, a una velocidad muy superior a la que sería posible si los cambios de comportamiento dependiesen solamente de la evolución genética. Así, la evolución cultural contiene valor adaptativo.

El método científico de pensamiento forma parte de la cultura, y es una adquisición relativamente reciente. Si bien podemos ubicar aproximadamente la revolución cognitiva que aportó el lenguaje ficticio entre 30 000 y 70 000 años atrás, la revolución científica es algo que pertenece a los últimos 500 años, a partir del final de la Edad Media y el inicio del Renacimiento.

La cultura artística precede al método científico por mucho tiempo. El arte es otra forma de entender la realidad y transmitir conocimiento. Funciona por mecanismos intelectuales diferentes. La ciencia, como explicamos en el capítulo III, intenta comprender la realidad de manera analítica, reduccionista, sistemática, y transmite su comprensión mediante teorías y predicciones objetivas y verificables. El arte (incluyendo la literatura) lo hace de manera sintética, holística, intuitiva y subjetiva; y transmite su comprensión mediante imágenes. Son los extremos metodológicos del mismo esfuerzo del ser humano por entender la realidad y entenderse a sí mismo; entre uno y otro no existe realmente fractura o contraposición, sino un gradiente continuo en la complejidad de los fenómenos que se estudian, y en la cantidad de variables y conexiones entre variables que los determinan.

Los fenómenos reducibles a un conjunto pequeño de variables medibles son el campo del método científico. Los fenómenos más complejos, incluyendo la construcción de subjetividades, se capturan e interpretan de otra manera. Más aun, ambos campos

tienden a aproximarse entre sí, a medida que la ciencia va adquiriendo más poder de manejar muchos datos y variables simultáneamente, y medir más fenómenos; y a medida que en otras áreas, hasta no hace mucho terreno de la intuición (como las ciencias sociales, la economía y la política), se va introduciendo el método analítico y la capacidad de predicciones objetivas propios de las ciencias naturales.

Carlos Marx dio un claro ejemplo de enfoque científico de la economía y de la política.

La influencia cultural en el método científico

La aproximación entre la ciencia y los otros componentes de la cultura no es un proceso unidireccional dado por las posibilidades crecientes de aplicación del método científico a fenómenos sociales o al estudio de subjetividades. También ocurre esta aproximación en el sentido inverso, a medida que los científicos comprendemos los determinantes culturales de nuestro trabajo. El concepto de cultura incluye todos los instrumentos intelectuales del hombre para comprender la realidad y guiar sus acciones.

Obviamente el método científico, tal como lo hemos descrito en el capítulo III es un componente esencial de la cultura, y, en consecuencia, se expresa de manera diferente en las distintas sociedades humanas.

Lamentablemente, porque es un empobrecimiento del concepto, la noción de cultura ha tendido a asociarse solamente, o al menos principalmente, con la cultura artística (una de nuestras organizaciones sindicales en Cuba se denominaba "trabajadores de la educación, la ciencia y la cultura", como si fuesen campos diferentes, yuxtapuestos). Volveremos sobre esta idea más adelante.

La separación entre la ciencia y la cultura se relaciona con el intento, intencional e ideológico, de "desnacionalizar" la ciencia. Según esta propuesta, aunque existen obviamente culturas nacionales, la ciencia operaría de manera independiente de

éstas, identificando con un método universal, verdades universales. Esto es solo parcialmente cierto. La parte cierta es que, al menos para las ciencias naturales, los resultados de la investigación científica son de valor universal. Operamos a un paciente de apendicitis más o menos con la misma técnica en Paraguay, Suiza o Mongolia, con independencia de dónde fue que se inventó el procedimiento. Predecimos la trayectoria de un huracán en Cuba o en Australia con algoritmos similares, sin recordar siquiera quién los inventó y dónde. Y así sucesivamente.

La verificación independiente es un atributo del conocimiento científico. También es cierto que el método científico de formular hipótesis potencialmente falseables, extraer de ellas predicciones, convertir las predicciones en variables medibles, medirlas y contrastar los datos con la hipótesis, es un procedimiento universal que le será exigido a cualquier estudiante que defienda una Tesis en la gran mayoría de las universidades del mundo.

Sin embargo, existen componentes de la actividad científica que no son tan universales. Los resultados obtenidos en las ciencias naturales son universales, e independientes del contexto en que se obtuvieron; pero el proceso por el cual fueron obtenidos esos resultados es un proceso cultural. No ocurre igual en las diferentes culturas y países.

Ese proceso contiene formas de organización de las comunidades científicas, capacidad de colaboración e intercambio de conocimientos, motivaciones para explorar determinados fenómenos y no otros, percepción intuitiva de lo que es importante, capacidad de asimilación de las creaciones intelectuales foráneas, comportamientos sociales ante las innovaciones, componentes de conocimiento tácito no-estructurable, actitudes críticas ante la ciencia constituida, capacidad de establecer relaciones entre fenómenos aparentemente no relacionados, tolerancia ante las contradicciones; y todo eso son fenómenos que tienen que ver con la visión del mundo, las actitudes

socialmente compartidas, los valores, en fin, lo que entendemos como cultura.

Acudiendo en este razonamiento a nuestras propias raíces culturales cubanas, veamos cómo lo apreció José Martí: "Cada cual se ha de poner, en la obra del mundo, a lo que tiene más cerca, no porque lo suyo sea, por ser suyo, superior a lo ajeno, y más fino o virtuoso, sino porque el influjo del hombre se ejerce mejor y más naturalmente en aquello que conoce y donde le viene inmediata pena o gusto; y ese repartimiento de la labor humana, y no más, es el verdadero e inexpugnable concepto de Patria".¹ Nótese como Martí vincula el concepto de patria a lo que en el lenguaje de hoy llamaríamos "gestión del conocimiento" o "conocimiento tácito", y a las motivaciones y los valores compartidos de una sociedad.

Decía el sabio cubano Fernando Ortiz que "[...] cubanidad es condición del alma, complejo de sentimientos, ideas y actitudes [...]" y que "[...] la cultura es la Patria".² La ciencia y la actitud hacia el método científico, es una parte de ese complejo de sentimientos, ideas y actitudes.

La ciencia en el mundo actual es una actividad colectiva: la hacen las sociedades humanas, ciertamente a través de los individuos, como todo, pero es un proceso esencialmente social. Existe una "inteligencia colectiva" que opera en un plano superior a la suma de las inteligencias individuales; y hay conocimiento incorporado en las organizaciones humanas, en sus formas de cooperación, en las funciones de la autoridad y la experiencia, en la tradición de rebeldías, en las formas de circulación del conocimiento, todo lo cual no se puede reducir a la suma de lo que saben los individuos que integran la colectividad.

¹J. Martí: *Obras Completas*, vol. 5, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, p. 237.

²F. Ortiz: "Los factores humanos de la cubanidad", *Revista Bimestre Cubana*, vol. V, XLV, no. 2, 1940, pp. 161-86.

La inteligencia colectiva en las organizaciones humanas es un complejo de relaciones y prácticas, y los directivos tienen que ocuparse de construir, detalle a detalle, una "cultura organizacional" que no se puede reducir al simplismo de la cantidad de computadoras y el ancho de banda, ni mucho menos a la rigidez de los reglamentos y procedimientos escritos. Abundan las experiencias, y los lectores también tendrán sus propios ejemplos, de personas que han sido más productivas (o menos) al transitar de una colectividad a otra.

Una segunda precisión que es imprescindible hacer cuando hablamos de la universalidad del método científico es que este es un instrumento muy poderoso para responder a una pregunta, pero no para formularla.

Cualquier pregunta irrelevante se pudiera en principio abordar con apego a un estricto método científico, pero los resultados serían también irrelevantes. En la formulación de una pregunta científica radica verdaderamente la creatividad, que contiene la percepción de lo que es importante, y la audacia intelectual para formular hipótesis que sean a la vez novedosas y verificables. Contiene esa rara capacidad para ver lo que otros han visto, pero pensar lo que otros no han pensado. Esta creatividad, una vez más, está preñada de componentes culturales, intuición, conocimiento tácito, valores compartidos.

En la obra clásica del filósofo de la ciencia Thomas S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas* (1962), hay numerosas referencias a cómo operan los factores culturales en el avance del conocimiento científico. La idea central es que la ciencia progresa a saltos. No es un proceso lineal de acumulación continua de conocimientos que nos van acercando a las verdades, sino un camino lleno de discontinuidades, una sustitución permanente de paradigmas.¹

Según el propio Kuhn, el término paradigma se refiere a "[...] uno o más logros científicos pasados que una comunidad

¹T. S. Kuhn: *The structure of scientific revolutions*, University of Chicago Press, Chicago, 1962.

científica particular reconoce durante algún tiempo como el fundamento de su práctica ulterior [...] tales logros se recogen en los libros de texto [...] y sirven [...] durante algún tiempo para definir los problemas y métodos legítimos de investigación para las sucesivas generaciones de científicos". "[...] una de las cosas que adquiere una comunidad científica junto con un paradigma, es un criterio para elegir problemas, la existencia de cuyas soluciones se puede dar por supuesta en tanto en cuanto el paradigma resulte aceptable".

La aceptación de un paradigma por la comunidad científica abre una etapa de "ciencia normal" que es acumulativa y que extiende el conocimiento "[...] de aquellos hechos que el paradigma exhibe como especialmente reveladores, aumentando la medida en que esos hechos encajan con las predicciones del paradigma, así como articulando más aun el paradigma mismo". Estas "[...] operaciones de retoque ocupan a la mayoría de los científicos a lo largo de sus carreras".

Los paradigmas son necesarios para ordenar y focalizar el esfuerzo de la comunidad científica. El mundo real es demasiado complejo y diverso para que pueda ser explorado al azar. Lo que un científico encuentra en su laboratorio no son datos cualesquiera proporcionados por la naturaleza, sino datos "buscados" dentro de la complejidad del mundo, a partir de determinadas teorías o intuiciones. Los paradigmas dominantes proporcionan una especie de mapa que guía a la comunidad científica hacia aquello que vale la pena explorar, pero también "Inevitablemente restringen el campo fenomenológico de la investigación científica en cualquier momento dado".

Luego sucede que durante el ejercicio de la ciencia normal comienzan a aparecer anomalías, fenómenos y datos que no encajan en el paradigma aceptado. Inicialmente no son tomadas en cuenta, pero llega un momento en que se acumulan tantas que ya no es posible seguir aceptando el paradigma dominante y hay que sustituirlo por un paradigma nuevo, emergente. Estas son las "revoluciones científicas".

No es el propósito de esta sección diseccionar la obra de Thomas Kuhn, obra que todo el que comienza el camino de la ciencia debería estudiar. Se tratará aquí solamente de identificar los procesos que Kuhn describe y que tienen enormes influencias culturales.

La adopción de un paradigma la hace una comunidad científica. Ambos conceptos, paradigma y comunidades, están relacionados. Las comunidades científicas son algo diferentes de otras comunidades profesionales. Son grupos de personas que han transitado por procesos educativos similares y son quienes producen y validan el conocimiento científico; proceso este que se conoce como evaluación de pares. Entonces, para que exista un paradigma es preciso que exista una comunidad científica que lo adopte. En algunas culturas estas comunidades están muy desarrolladas y estructuradas; en otras son todavía rudimentarias. La existencia de comunidades científicas activas y su nivel de desarrollo y cohesión, es así un rasgo característico de determinados contextos culturales.

Estas comunidades operan a través de consensos y compromisos y pueden crear un contexto de mayor o menor tolerancia para el pensamiento crítico, de conceder mayor o menor peso de las autoridades constituidas y las tradiciones, y de reaccionar con mayor o menor sensibilidad a las anomalías que surgen dentro de los paradigmas dominantes. De esta manera es que la ciencia se hace permeable a los fenómenos culturales y sus evoluciones.

Las comunidades científicas operan insertadas en una u otra cultura. Ello determina cómo reaccionan ante la aparición de anomalías en los datos y fallos en las teorías prevalentes, qué capacidad tienen para ver semejanzas entre problemas aparentemente distantes, y cuán dispuestas están a trabajar fuera de los paradigmas dominantes y finalmente abandonarlos, y explorar nuevas formas de pensamiento.

La innovación por definición implica riesgos: lo nuevo puede funcionar o fracasar. Y las grandes innovaciones implican

grandes riesgos. La actitud conservadora en la ciencia, que significa explorar solamente innovaciones incrementales dentro de lo que se sabe con bastante certeza que funcionará, logra al principio educar a los nuevos investigadores en un cierto rigor útil de pensamiento, pero a mediano plazo se vuelve paralizante. Por otra parte, la actitud de empeñar recursos y esfuerzos para explorar cualquier idea, sin una seria evaluación previa de las probabilidades de éxito puede a veces conducir a una innovación trascendental, pero también a la superficialidad y la pérdida de tiempo.

Cada comunidad científica escoge, de manera colectiva y a través de sus múltiples interacciones, su posicionamiento en este gradiente de relación entre innovación y riesgo. Es otro fenómeno de carácter cultural.

Cuando se siembra ciencia en una sociedad no se obtienen solamente nuevos conocimientos o nuevas tecnologías, se siembra también una cultura de racionalidad, objetividad, debate, crítica y verificación constante, que es fuente de ética y valores, los cuales a su vez contribuyen a la cultura general.

El enfoque académico y el enfoque político de las realidades

No espere el lector aquí un texto, necesariamente enorme, sobre “la política” en sentido general, pero en el contexto de un análisis sobre ciencia, cultura y economía, es imprescindible comentar cómo estas influyen en las decisiones políticas, y en el ejercicio del poder; y cómo son los procesos cognoscitivos vinculados a las decisiones políticas.

La palabra “política” viene del idioma griego antiguo (*Politikós*) que significa algo “relacionado con los ciudadanos”, y la entendemos en el lenguaje actual como los procesos de toma de decisiones que se aplican a todos los miembros de una colectividad.

Todos somos políticos, lo sepamos o no. Muchas especies de animales son seres sociales, pero solamente el *Homo sapiens*

es político, y toma y comunica decisiones explícitas sobre los asuntos colectivos. Esto lo sabemos hace mucho tiempo: Aristóteles definía al hombre como un *Zoon Politikon*, es decir, un animal político.

Ahora vamos a hablar de pensamiento político, y no es redundancia aclarar que nos referiremos a una política rica en ideas, como la de esas cumbres del pensamiento y la cultura ejemplificadas por Martí, Marx, Lenin y Fidel. La palabra “política” se utiliza también en el lenguaje coloquial para otro tipo de “políticos”, que buscan el acceso al poder como un fin en sí mismo, vacíos de ideas y de proyectos de desarrollo social. A estos otros, que lamentablemente son muchos y en muchos países, no se refiere para nada el contenido de este capítulo.

Volvamos a la política seria, culta y éticamente comprometida, entendida como vocación y servicio a la gente. Esa política que en una bella frase el dirigente boliviano Álvaro García Linera describe como “[...] una creencia generalizada por la que las personas apuestan heroicamente su tiempo, su espacio, su dedicación”.¹ Dentro de esta visión elevada de la política, el pensamiento político y el pensamiento científico son diferentes, y es bueno que sean diferentes. La sabiduría de una sociedad en este tema consiste en construir vínculos enriquecedores entre ambos, y en ambas direcciones.

El pensamiento científico disecciona los problemas en sus partes; el pensamiento político aprecia las situaciones de manera integral, como un todo. El pensamiento científico incluye dudas permanentes sobre las conclusiones a las que llega; el pensamiento político debe construir y transmitir certezas, porque solamente así se logra movilizar la acción transformadora de muchos. El pensamiento científico crea las bases de conocimiento para acciones prácticas que pueden ocurrir mucho tiempo después, o no ocurrir; el pensamiento político conduce a acciones prácticas inmediatas.

¹A. García Linera: *¿Qué es una revolución?*, Presidencia de la Asamblea Legislativa Plurinacional, La Paz, 2017.

Las conclusiones a las que llega el pensamiento científico pueden no ser inmediatamente comprendidas por todas las personas; las ideas emanadas del pensamiento político requieren ser entendidas por todos, y lo antes posible. Su deber es construir consenso. Hemos tenido los cubanos, en José Martí y en Fidel Castro, grandes maestros en la comunicación del pensamiento político.

El pensamiento científico se construye, para un problema concreto dado, por un individuo o un pequeño colectivo; el pensamiento político es una creación de las masas, en compleja y bidireccional interacción con los líderes que lo captan, interpretan y enriquecen, y contiene una dinámica (que siempre es colectiva, aunque no lo parezca) de reproducción o de transformación del orden social existente.

El pensamiento científico explora la complejidad de los fenómenos; el pensamiento político está obligado a simplificar las realidades para hacerse entender por todas las personas. Cuando hablamos de simplificación aquí no es para entenderla como superficialidad, sino como la capacidad, propia de los grandes políticos, de comprender los elementos esenciales de cada situación; y a partir de esa comprensión fijar un pequeño conjunto de ideas que situamos fuera del área de cuestionamiento, como una plataforma de partida para poder avanzar. Las conocemos como "principios". Para nosotros la soberanía de Cuba es uno; la justicia social es el otro. No hay, ni debe haber, espacios para la duda en ellos.

Una idea científica se valora con total independencia de las características de quien la propone: un dato es un dato, así fuese obtenido por el más despreciable de los seres humanos. En política es muy difícil separar ideas de intereses, y nuestra apreciación sobre una idea esta necesariamente influida por nuestra apreciación de la persona que la propone.

El científico trabaja sobre "lo que existe". El político proyecta su pensamiento sobre "lo que pudiera existir" (en términos marxistas la "conciencia posible"), y eso no se conoce con certeza

hasta que no sucede. Está en el campo de la intuición. Una intuición educada por la información que tiene y por su relación con las personas, pero finalmente intuición. El pensamiento político elevado es una forma de creatividad.

El pensamiento político y el pensamiento científico no pueden ser iguales, y eso tienen que entenderlo tanto los científicos como los políticos. Y tienen que entenderlo no para distanciarse, sino al contrario, para reforzar de manera fértil los nexos entre la construcción del conocimiento y el ejercicio del poder. Las tensiones entre ambas formas de pensamiento sobre la misma realidad son cotidianas. Dice el científico que "[...] este dirigente político no tiene conocimientos". Dice el político que "[...] estos científicos están perdidos en el detalle y no tienen visión de conjunto sobre lo que es relevante hoy". En las posiciones extremas ambos están equivocados. El científico, efectivamente sí tiene visión de conjunto, pero sobre un conjunto de fenómenos diferentes. El político, efectivamente sí tiene conocimientos, pero son conocimientos de una naturaleza diferente. No es el conocimiento analítico del científico, ni la percepción subjetiva de la realidad que tiene el artista: es otro tipo de conocimiento.

Por eso son muy raras en la Historia las figuras que conjugan la capacidad intuitiva del pensamiento político con la capacidad analítica del pensamiento científico. Cuando surgen, y construyen puentes entre ambos componentes de la cultura, los efectos multiplicadores son enormes. Fidel lo hizo en Cuba; Lenin lo hizo en Rusia.

Conocimiento y poder son dos instrumentos de conformación del comportamiento humano. Pueden usarse para bien o para mal: ya eso cae en el campo de la ética.

Nosotros, los comunistas, los utilizamos para bien. No para enriquecer a nadie y mucho menos a nosotros mismos, sino para el bien común. Eso es lo que la palabra "comunismo" quiere decir. Pero si se trata no solo de conocer al mundo sino de transformarlo (como dijo Marx en su célebre Tesis sobre

Feuerbach)¹ necesitamos ambos instrumentos; y más aún, necesitamos de la interacción creadora entre ambos.

Esa función del pensamiento político de construcción de consenso, a partir de una percepción del espacio de lo posible, y su transformación inmediata y coherente en acciones políticas concretas, nosotros los cubanos podemos verla muy claramente en las batallas políticas de Fidel Castro. Es cierto que fue en los años 1990 cuando empezamos a utilizar ampliamente en Cuba la expresión "Batalla de Ideas", pero cuando miramos en retrospectiva al pensamiento y la ejecutoria de Fidel Castro, ahora desde la perspectiva de las décadas, se nos hace evidente que es eso precisamente lo que Fidel hizo toda su vida: DAR BATALLAS DE IDEAS.

El espacio posible de la ciencia en las condiciones concretas de la Revolución Cubana fue una gran batalla de ideas de Fidel. Esa historia de desarrollo científico tiene conexiones inseparables con el desarrollo educacional, y con el desarrollo de la salud pública: desarrollo educacional basado en el concepto de acceso universal a la educación superior, y luego en las sedes universitarias en casi todos los municipios, que se convirtieron en muchos municipios en el dispositivo principal de captación y circulación de conocimiento para el desarrollo local.²

Sabemos que esos conceptos fueron polémicos, y debieron ser ampliamente explicados y discutidos, como cuando Fidel defendió esas ideas expresando que: "[...] no podemos renunciar al objetivo humano fundamental del socialismo [...] no podríamos resignarnos al principio de: siembra escuelas y te quedarás sin obreros agrícolas. Más bien dirás: siembra escuelas y tendrás

¹C. Marx y F. Engels: Obras Escogidas, t. 1, Editorial Progreso, Moscú, 1973, pp. 7-10.

²A. Lage Dávila: "La Economía del Conocimiento y el Socialismo (II): reflexiones a partir del proyecto de desarrollo territorial en Yaguajay", *Revista Cuba Socialista*, 3ª Época, N° 33, La Habana, 2004, pp. 3-23.

decenas de miles de científicos, siembra escuelas y tendrás decenas de miles de buenos cuadros".¹

La implementación de esos conceptos en la educación, y especialmente en la educación superior, fue otra "batalla de ideas" de Fidel.

También desplegó Fidel muchas ideas sobre el desarrollo de la Salud Pública, con el mismo concepto de que "[...] no podemos renunciar al objetivo humano fundamental del socialismo [...]" que aquí se concretó en la aspiración (y el logro) del acceso universal y gratuito al sistema de salud, que comenzó desde 1959 con el Servicio Médico Social-Rural, y se desarrolló después con el Programa del Médico y la Enfermera de la Familia. Ello no se concibió nunca como un servicio masivo de bajo nivel técnico: todo lo contrario, implicó la proliferación de universidades médicas en todas las provincias, el desarrollo de las especialidades médicas, y los institutos científicos de tercer nivel en el sistema de salud.

El diseño e implementación de ese sistema de salud que nos llevó a una mortalidad infantil por debajo de cinco y a una esperanza de vida de 78 años fue también, otra "batalla de ideas" de Fidel. Tanto en la educación como en la salud pública vemos la misma estrategia de combinar acceso masivo y alta calidad, comprendiendo que ni la masividad mediocre, ni la alta tecnología elitista pueden aisladamente producir impacto en la sociedad. La capacidad de trabajar simultáneamente sobre esos dos ejes ortogonales, de la extensión masiva y la profundidad, es lo que explica los resultados de la sociedad cubana en la educación y la salud. Es ese concepto de extensión y profundidad simultáneamente, el que vemos en el desarrollo de la biotecnología, en la Universidad de las Ciencias Informáticas, en los Joven Club de Computación, en el acceso masivo a la cultura y en muchas otras iniciativas de Fidel.

¹F. Castro: Discurso pronunciado en las conclusiones de la asamblea provincial del Partido de La Habana, 3 de febrero, 1991. www.cuba.cu/gobierno/discursos/1991/esp/f030291e.html

Finalmente, en un plano más profundo, sustentando esas ideas, debemos identificar en Fidel Castro una actitud ética que pudiéramos llamar el sentido de LA INMEDIATEZ DEL FUTURO. Esa idea de que el futuro es para hoy, que vemos una y otra vez en el pensamiento de Fidel, en la idea de eliminar el analfabetismo en un solo año, en la reforma agraria superando el minifundio e incluyendo formas más avanzadas de producción, en la universalización de la enseñanza universitaria aún más allá de la demanda laboral del momento, en el acceso masivo a la cultura, en el objetivo de potencia médica y esperanza de vida superior a 80 años, en la introducción de fórmulas comunistas de distribución dentro de la construcción del socialismo, y en tantos y tantos otros ejemplos.

La ciencia en la cultura nacional cubana

Toda cultura es única de cierta manera. Al ser una creación colectiva, debido a infinitas interacciones de los seres humanos entre sí y con su entorno natural, contiene siempre especificidades que constituyen el punto de partida de cada nueva generación, que a su vez la enriquecerá.

La cultura nacional cubana también lo es, y al explorar nuestras raíces culturales muy propias no se pretende reclamar con arrogancia provinciana que somos mejores que otros; pero sí que somos diferentes y en esas diferencias, creadas por la historia, radican nuestras oportunidades. Si las sabemos entender y proyectar al futuro. Por eso es importante estudiarlas.

Una de esas especificidades (por supuesto, entre muchas otras, pero ésta es la que es pertinente al tema de este libro) es el lugar que ocupa la ciencia en el surgimiento mismo de la nacionalidad cubana. Veamos por qué.

Las nacionalidades llevan la huella del contexto en que surgieron, y esa huella es identificable siglos después. Algunas de las que existen hoy surgieron como resultado de guerras

de conquista, violencia contra otros y depredación: otras, como consecuencia de siglos de aislamiento.

La nuestra surgió de la rebelión contra el colonialismo y la esclavitud; y en un contexto de intensas y diversas interacciones con el mundo entero, que implicaron diversas influencias intelectuales que se fundieron en el crisol cubano para dar origen a algo nuevo. Nuestra especificidad cultural proviene de esa mezcla.

Es una cultura de justicia social y de apertura al mundo.

En los siglos XVII y XVIII Cuba, y especialmente La Habana, era el nodo principal de comercio entre Europa y América; la terminal marítima de las flotas españolas. Por la vía del comercio, legal o de contrabando, proliferaron conexiones con Inglaterra, Flandes, Francia, Portugal, y después con los nacientes Estados Unidos de América. Flotas de varios países tenían a La Habana como base de operaciones. En esos flujos comerciales impactaban también las contradicciones económicas y militares de la época, entre los países europeos.¹ Con los barcos venían los libros, y el intercambio de ideas.

Sin embargo, esa vida económica y cultural era administrada por el imperio español, que en esa misma época iba quedando rezagado del desarrollo industrial, jurídico-político y científico de Europa. España, monárquica y feudal, se defendía con las políticas monopólicas para el comercio, con las armas y con la religión. En la rebelión económica y cultural contra ese dominio se fue incubando la nacionalidad cubana. Solemos ubicar el comienzo de las batallas por la soberanía nacional en octubre de 1868, cuando la clarinada de despertar nacional dada por Carlos Manuel de Céspedes en *La Demajagua* dio inicio a las guerras de independencia.

Pero la lucha independentista con las armas estuvo precedida de más de un siglo de batalla de ideas. Esta rebelión de las ideas, con antecedentes ya identificables desde el siglo XVIII,

¹E. Limia: *Cuba entre tres imperios: perla, llave y antemural*, Ediciones Boloña, Colección La Raíces, La Habana, 2012.

tiene sus principales conductores en el sacerdote Félix Varela en primera mitad del siglo XIX y en el intelectual y revolucionario José Martí en la segunda mitad de ese siglo.¹ Para ambos la ciencia fue un arma en sus combates y una aspiración fundacional de la nación cubana.

Los seguidores de Varela lo identificaron claramente como la figura principal en la gestación del pensamiento cubano. José Antonio Saco le llamó "el primero de los cubanos" y José de la Luz y Caballero lo definió como "quien nos enseñó en pensar".

En 1812 Varela asume la Cátedra de Filosofía del Seminario San Carlos, y en 1821 la Cátedra de Constitución. En 1823 es condenado a muerte por el gobierno colonialista, por pronunciarse en contra de la restitución de la monarquía, y tiene que exiliarse en los Estados Unidos por el resto de su vida. Desde ahí publica el primer periódico independentista, llamado *El Habanero*.

La Real y Pontificia Universidad de San Gerónimo de La Habana se había fundado en enero de 1728, dirigida por los frailes dominicos, pero sus estatutos y contenido reflejaban el pensamiento escolástico prevaleciente en España en esa época, dominado por la religión, y heredero de la enseñanza que se impartía en los conventos de la Edad Media. Había cinco facultades: Filosofía, Teología, Cánones, Leyes y Medicina. Los contenidos seguían letra a letra los textos, varios de ellos provenientes de Aristóteles. Los retrasados estudios de medicina se guiaban por textos de Galeno y de Avicena, de varios siglos de antigüedad.

Desde su Cátedra de Filosofía, Varela rompe con el pensamiento escolástico y defiende la enseñanza de las ciencias. Es el primero que emprende estudios de física experimental con instrumentos. El pensamiento de Varela vincula el patriotismo independentista con la ciencia. La ciencia es así en los orígenes de la nacionalidad cubana, una parte consustancial de la rebelión contra el pensamiento escolástico que venía de la metrópoli. Es

¹E. Torres Cuevas: *Historia del pensamiento cubano*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2015.

la misma rebelión; como sería siglos después la ciencia, en el pensamiento de Fidel Castro, un componente de la nueva rebelión cubana, esta vez contra el dominio económico y cultural del imperialismo estadounidense.

Seguidores de las ideas de Varela, José de la Luz y Caballero, y Felipe Poey continúan la batalla por una enseñanza científica en Cuba, vinculada a la conciencia nacional. Ética, ciencia y política surgieron entrelazadas en el pensamiento cubano.

La Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana se fundó en 1861 y fue la primera academia de ese tipo (científica, electiva, basada en méritos) que fuera fundada fuera de Europa. La Academia de Ciencias de Estados Unidos fue fundada después, en 1863.

José Martí, continuando la mirada atenta que tenía Varela hacia las ciencias, sorprende por su nivel de información y la agudeza de sus percepciones sobre el desarrollo científico y tecnológico de su tiempo. Nos dejó en su copiosa y fascinante obra, crónicas y reflexiones sobre física, química, ciencias de la tierra, antropología, ciencias médicas y ciencias agropecuarias. Y nos dejó este mandato: "Que se trueque de escolástico en científico el espíritu de la educación [...] Que la enseñanza científica vaya, como la savia en los árboles, de la raíz al tope de la educación pública".¹

El hecho de que profundas ideas sobre las funciones de la ciencia en la sociedad, y sus vínculos con la independencia y con el desarrollo social hayan estado presentes en las raíces del pensamiento cubano y en la cristalización de la conciencia nacional, es un hecho que tiene impactos concretos en el pensamiento cubano de hoy.

Surgimos al mundo como nación ya con la idea de rebelarnos, no solamente contra dominaciones políticas y económicas, sino también contra dogmas y vasallajes intelectuales. Surgimos con la idea (que otros adquirieron después, y algunos todavía no) de

¹J. Martí: "Educación científica", *Revista La América*, New York, septiembre 1883, en *Obras Completas*, vol. 8, p. 277.

que podemos absorber lo mejor del pensamiento científico donde quiera que haya surgido, y enriquecerlo con nuestros propios aportes, convirtiéndolo en base de nuestra educación y componente protagónico de nuestra cultura y de la vida de la sociedad humana que queremos construir.

Ahí están las raíces culturales necesarias para que Fidel Castro pudiese decir en 1960 que el futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, de hombres de pensamiento.

Las raíces culturales del proyecto socialista

Vayamos ahora al campo de la política, y comencemos la discusión a partir de la expresión de Ernesto Che Guevara: "El socialismo económico sin moral comunista no me interesa. Luchamos contra la miseria, pero también luchamos contra la alienación".¹ El socialismo económico podríamos traducirlo de manera reduccionista como la propiedad social sobre los medios de producción, la planificación de la economía y la distribución del producto según el trabajo aportado. Debe conducirnos a la eliminación de la miseria, la equidad y la eliminación de las crisis económicas periódicas. Pero, ¿eso es todo? El Che nos dijo muchas veces que no. El socialismo es una forma nueva de convivencia humana; y los procesos económicos que la sustentan la hacen posible, pero no la garantizan si no ocurre simultáneamente una transformación cultural.

El socialismo contiene enormes potencialidades de desarrollo, y potentes resortes para lograrlo: la propiedad social sobre los medios de producción permite una distribución justa del producto del trabajo, y el control consciente de las desigual-

¹E. Guevara: Entrevista con el periodista Jean Daniel, del *EXPRESS*, Argel, Julio 1963. Citado en: Atilio Boron: *El che, medio siglo después*. <http://www.resumenlatinoamericano.org/2017/10/06/el-che-medio-siglo-despues>.

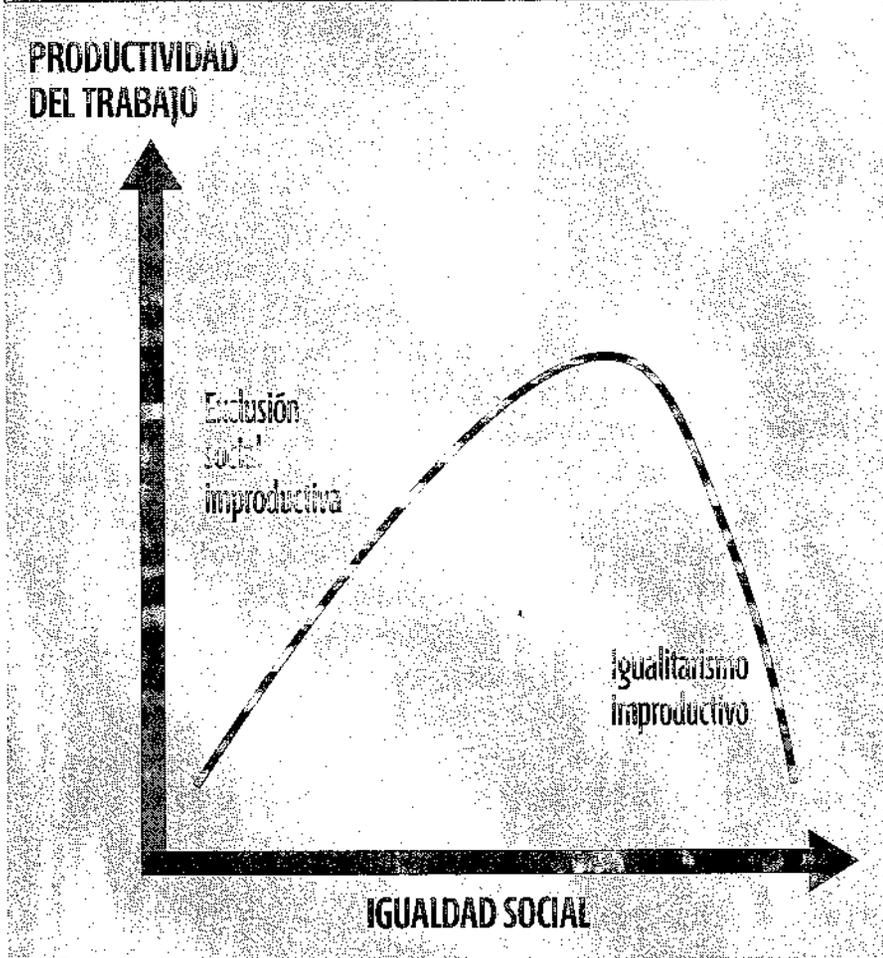
dades sociales; la eliminación de la competencia feroz por aumentar la plusvalía permite decisiones que protejan el mediano y el largo plazo; la retención en manos del Estado de una parte importante de las ganancias permite disponer recursos para inversión social, salud, educación, cultura artística, protección de la vejez, seguridad ciudadana, sectores sociales estos que los propios teóricos del capitalismo aceptan como "fallo de mercado".

Hay un elemento común en todos estos resortes del socialismo: ellos reflejan la disposición de los hombres a que una parte del fruto de su trabajo individual se ponga en función del bienestar colectivo. Y esa voluntad tiene raíces culturales. Si la redistribución y la racionalidad socialistas chocan con la limitación cultural del individualismo, el proyecto socialista no funcionará. Por eso el Che reclamaba "un hombre nuevo".

De ese individualismo es que hablan los ideólogos de la economía de mercado cuando usan el término "naturaleza humana" que luego identifican como egoísta, competitiva, depredadora; y pronostican el fallo del proyecto socialista por ir contra esa naturaleza humana. Su error está en asumir esa naturaleza humana como algo fijo, inamovible, como si fuese una malformación congénita. Algo de genético hay, pues todos compartimos un pasado remoto de animales luchando por su supervivencia; pero desde que apareció el lenguaje, y con él la cultura, el comportamiento humano se modula por interacciones culturales con otros seres humanos y transmisión social del conocimiento y las actitudes socialmente creadas.

En el momento en que se escribe este libro hay un gran debate en Cuba, en el contexto del diseño e implementación de nuestro modelo económico, sobre el tema del "igualitarismo". Es muy difícil construir consenso desde las posiciones extremas, que tienen siempre su cuota de razón; porque hay una relación compleja entre equidad y productividad del trabajo que se puede describir (aceptando algo de simplificación) como una curva de campana.

LAS COMPLEJAS RELACIONES ENTRE EQUIDAD SOCIAL Y PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO



Es cierto que el igualitarismo extremo puede generar desmotivación para el trabajo y en consecuencia baja productividad; pero también es cierto que las desigualdades grandes generan exclusión de personas, incapacidad para acciones colectivas, y deterioro del consenso y la cohesión social, todo lo cual produce otra vez pérdida de la productividad del trabajo.

Así se recoge esta idea en el documento "La Ineficiencia de la Desigualdad" presentado por la CEPAL recientemente en La Habana, en su período de sesiones de 2018: "La igualdad es una condición necesaria para la eficiencia dinámica del sistema, al crear un ambiente institucional, de políticas y de esfuerzos que prioriza la innovación y la construcción de capacidades".¹

¿Dónde está el punto óptimo social? Lo interesante de este razonamiento es la visión de que el punto óptimo de esta relación no es fijo, sino que depende de la cultura. Culturas de individualismo extremo como la que ha sembrado el capitalismo estadounidense requieren grandes desigualdades para funcionar. Es lo que hacen. Otras culturas contienen valores de justicia social que le permiten una mayor redistribución del producto, y una mayor protección del largo plazo, sin que se afecte la productividad del trabajo. Dentro del propio sistema capitalista han existido intentos de controlar las desigualdades. Las políticas socialdemócratas aplicadas en Europa en los 30 años subsiguientes al fin de la segunda guerra mundial intentaron construir un Estado de Bienestar, y en parte lo lograron, hasta que la marea neoliberal conservadora a partir de los años 1980 lo desmontó y las desigualdades volvieron a elevarse. Tiene que haber una base cultural previa para que las transformaciones económicas inherentes al socialismo sean posibles. Luego los cambios en la base económica reforzarán esa cultura.

Ha sido así en la experiencia revolucionaria cubana. La propia existencia y supervivencia de nuestra revolución es, ante todo, una conquista de la cultura cubana.

En los meses que siguieron al triunfo revolucionario de 1959 los burgueses (reales o mentales) se fueron masivamente de Cuba, y algunos dejaron su ropa en los armarios: volverían pronto, la Revolución no podría sostenerse en el poder. Pero la Revolución se sostuvo y se desarrolló. Estamos escribiendo estas líneas 60 años

¹A. Bárcena y A. Prado: "Horizontes 2030-la igualdad en el centro del desarrollo sostenible", Comisión Económica para América Latina (CEPAL), 2016.

después, y en Cuba Socialista, y con un respaldo popular al proyecto socialista que sobrepasa con cualquier estimación, 80 %.

Luego ocurrió un segundo "experimento" (no deseado, pero ocurrió) en la década de 1990, cuando la desaparición de la URSS y el campo socialista europeo causó en Cuba una contracción de 35 % en el Producto Interno Bruto, y de 80 % en el comercio exterior. De nuevo predijeron el fin del socialismo en Cuba (algunos emigrados volvieron a hacer maletas), y de nuevo se equivocaron.

¿En qué se equivocaron tanto los que predijeron el desplome del proyecto revolucionario? Que la reacción hostil de los Estados Unidos sería violenta era cierto. Que tenían un poderío militar enorme, era cierto (lo sigue siendo). Que Cuba tenía una economía dependiente de los Estados Unidos para inversión y mercado, y que la interrupción de ese vínculo traería penurias económicas, era cierto también. ¿Y entonces? Su error de cálculo consistió en que subestimaron al Pueblo Cubano, y esencialmente a su cultura. Décadas de racionamiento en los abastecimientos, decenas de agresiones militares y campañas mediáticas masivas, no lograron erosionar el respaldo popular al proyecto socialista. Tampoco después de la desaparición del campo socialista europeo. La cultura cubana, masivamente, seguía sintiendo más apego a la justicia que a la riqueza. El milagro de sobrevivir en los años 1990 es un logro de la cultura cubana.

En marzo de 2016, en ocasión de la visita a Cuba del Presidente de los Estados Unidos, Barak Obama, se hicieron evidentes las divergencias, que son esencialmente culturales, en la visión del mundo y de la sociedad. La batalla siempre ha sido cultural.

¿Por qué el proyecto socialista cubano ha salido victorioso? Las causas raíces hay que buscarlas, una vez más, en los orígenes de la nación cubana. Como ha dicho el Dr. Armando Hart: "[...] la fuerza de la cultura cubana se deriva de que nació, creció y se desarrolló a favor de la justicia, entendida esta en su acepción más universal".¹

¹A. Hart Dávalos: *Cultura para el desarrollo: el desafío del siglo XXI*.

Al buscar las bases de esta idea hay que regresar a las grandes figuras del pensamiento cubano en el siglo XIX, Félix Varela, José de la Luz y Caballero, y José Martí. En la época en que vivieron la injusticia social más ofensiva era la esclavitud, y su consecuencia en el plano de las ideas, el racismo. Como dijo Martí en uno de sus versos sencillos: "[...] la esclavitud de los hombres es la gran pena del mundo".¹

En Varela, la idea de la independencia de Cuba y la de la abolición de la esclavitud nacen juntas. Él es quien funda en 1824 el primer periódico independentista, *El Habanero*, y se opone al anexionismo expresando "[...] yo soy el primero que estoy contra la unión de la Isla a ningún gobierno y desearía verla tan isla en política como lo es en la naturaleza". También se pronunció por la abolición de la esclavitud, y por el principio de "[...] preferir el bien común al bien particular".²

En 1800, veintidós años después que Varela, nace otro maestro, discípulo y continuador de su línea de pensamiento, José de la Luz y Caballero. En las aulas iba tomando forma el futuro de Cuba. Francisco Vicente Aguilera, Manuel Sanguily, Ignacio Agramonte y otros muchos futuros combatientes fueron alumnos suyos. De Luz es esta expresión que lo define: "Antes quisiera yo ver desplomadas, no digo las instituciones de los hombres, sino las estrellas todas del firmamento, que ver caer del pecho humano el sentimiento de justicia, **ese sol del mundo moral**".³

Ya convertida la batalla de las ideas en batalla de las armas, en la mañana del primer día de la insurrección, el 10 de octubre de 1968 Carlos Manuel de Céspedes abogó por la abolición de

¹J. Martí: *Obras Escogidas*, t. II, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2002, p. 540.

²E. Torres Cuevas: *Historia del pensamiento cubano*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2015, p. 329.

³C. Vitier: *Ese sol del mundo moral*, Ediciones Unión, La Habana, 2008.

la esclavitud, llamó a sus esclavos a incorporarse a la lucha y los declaró libres.

Ya en 1895 cuando todavía Cuba no había surgido como estado independiente, la guerra necesaria a la que llamó José Martí fue una guerra no solamente por la independencia de Cuba, sino también por la justicia social. "Conquistaremos toda la justicia", fue su expresión, y convocó a la construcción de la república "[...] con todos y para el bien de todos".

El nexo entre independencia nacional y justicia social nos parece a los cubanos de hoy tan natural que frecuentemente olvidamos cuan revolucionario fue en el momento histórico en que se produjo. La Declaración de Independencia de los Estados Unidos, por ejemplo, se leyó en Filadelfia por primera vez en 1776 y fueron nación independiente en 1783, pero la abolición de la esclavitud no se decretó hasta 80 años después, en 1863, y en el contexto de otra guerra.

En Cuba soberanía nacional y justicia social nacieron juntas, condicionándose una a la otra, y con un concepto de justicia no limitado a los derechos políticos teóricos, sino concretado en los derechos económicos. Carlos Baliño, patriota independentista, fundador del Partido Revolucionario Cubano y quien fuera luego fundador del Partido Comunista de Cuba, escribió en un artículo publicado en el periódico *La Nación* en 1902: "Sin libertad económica, la libertad política no es más que un espejismo engañoso [...] Solo la dirección del estado, con mayores recursos y más cabal conocimiento de la proporción que debe haber en la producción de los diversos frutos, puede realizar nuestra independencia económica y asegurar el bienestar de nuestro pueblo".¹

El carácter socialista de la Revolución Cubana fue declarado por Fidel Castro en 1961, y el pueblo abrazó masivamente ese ideal y lo ha defendido fervientemente durante 60 años. ¿Por qué? No es explicación suficiente apelar al atractivo intrínseco del ideal socialista, ni es suficiente explicación, a

¹C. Baliño: "Independencia económica", *La Nación*, 5 de julio de 1902.

pesar de su innegable importancia, el ejemplo extraordinario y el poder de convencimiento de los líderes. En otros procesos revolucionarios ha habido también líderes extraordinarios, que sin embargo no han podido llevar a término sus nobles proyectos de transformación social. En el caso de Cuba hay que añadir el hecho de que las raíces culturales para un proyecto avanzado de justicia social estaban ahí, profundizándose desde más de 100 años antes. Surgieron los líderes, especialmente Fidel Castro, pero había también un pueblo preparado para seguirlos.

Martí lo explicó claramente en su carta a Máximo Gómez de 1884: "Si la guerra es posible [...] es porque antes existe, labrado con mucho dolor, el espíritu que la reclama y la hace necesaria".¹

La cultura ha sido siempre un combatiente en la historia de Cuba. En el momento actual, llegado el siglo XXI, cuando discutimos esta realidad, no podemos limitarnos a la cultura sembrada por los pensadores cubanos del siglo XIX, y por los intelectuales revolucionarios de la primera mitad del siglo XX. Sobre esos cimientos hay que añadir la propia cultura creada por 60 años de construcción del socialismo. A la velocidad de los procesos históricos actuales, 60 años no es poco tiempo. Entre el discurso de Félix Varela en la Sociedad Patriótica (1817) y el alzamiento independentista de La Demajagua, transcurrieron apenas 51 años. Entre el Manifiesto de Montecristi (1895) de José Martí, y el discurso *La Historia me Absolverá* (1953) de Fidel Castro pasaron 58 años. La pseudorepública de capitalismo dependiente en Cuba duró 57 años. Y los cubanos de hoy (los nacidos antes de 1959) hemos vivido seis décadas de construcción del socialismo, una medida revolucionaria tras otra, cada una con sus argumentos, y sus batallas ideológicas, y también sus errores y rectificaciones; una

¹J. Martí: Carta al General Máximo Gómez, del 20 de octubre de 1884, *Obras Completas*, t. 1, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, pp. 177-180.

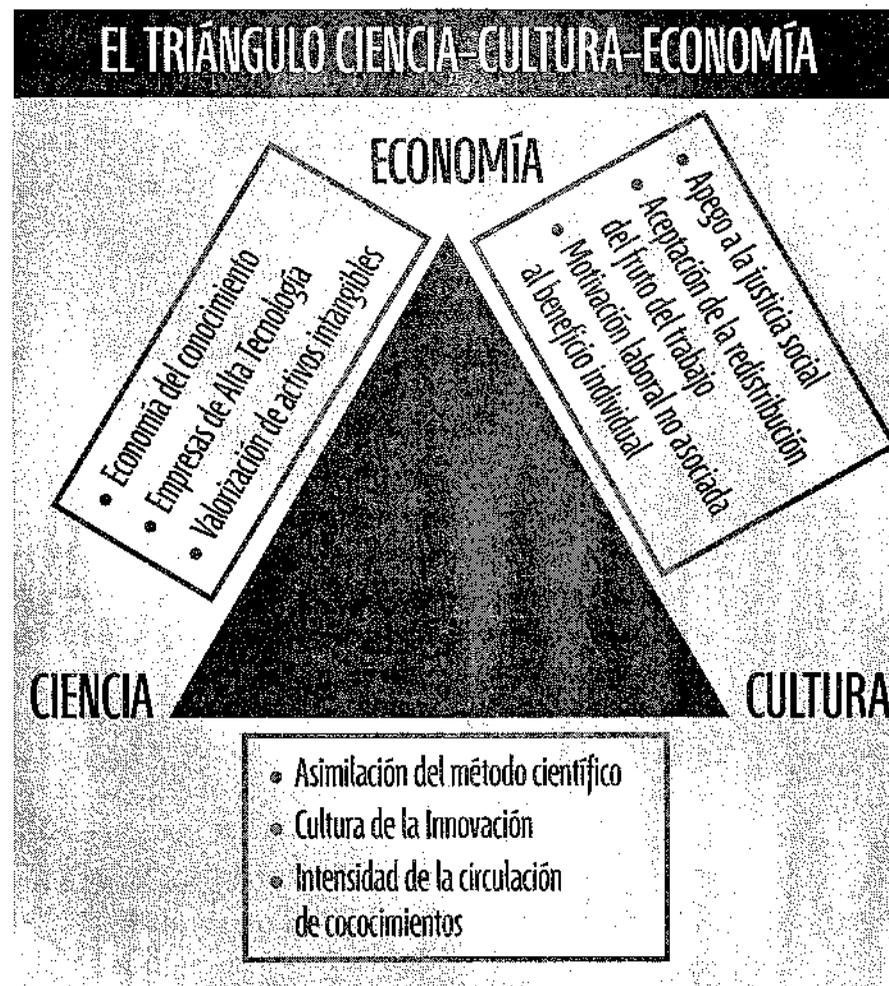
agresión imperialista tras otra, también cada una con su batalla de ideas, y todo eso bajo el magisterio de Fidel Castro, y la práctica de intercambio permanente de ideas con el pueblo que él instauró.

Esa construcción cultural implicó también absorber la experiencia del campo socialista europeo, proveniente de un contexto cultural diferente, y cuyos textos políticos fueron estudiados masivamente por varias generaciones de cubanos; e implicó debatir también masivamente (aunque aún no suficientemente), las razones de la interrupción de esa experiencia social que fue muy creadora, y del re-surgimiento del fundamentalismo de mercado en la década de los años 1990.

Más recientemente los debates con participación masiva del pueblo sobre los documentos de los Congresos VI y VII del Partido Comunista de Cuba, incluyendo la conceptualización del modelo económico y social de la Revolución, no solamente construyeron el consenso que necesitamos, sino también construyeron cultura. Esos 60 años de construcción y defensa del socialismo son también ahora parte de la cultura cubana, con la que contamos para seguir adelante.

De nuevo sobre el triángulo ciencia-cultura-economía

En el capítulo anterior revisamos las relaciones en ambas direcciones entre la ciencia y la economía, que se hacen cada vez más evidentes a medida que nos adentramos en una economía basada en el conocimiento. Ahora en este capítulo acabamos de revisar las relaciones, también bidireccionales, entre la ciencia y la cultura. Y podemos cerrar el triángulo con las relaciones entre la cultura y el proyecto político del socialismo, relaciones que dependen de los nexos entre la cultura y la economía. Lenin decía que la política es una forma concentrada de la economía. Al cerrar el triángulo de interacciones, podemos ver lo que hay en cada uno de sus lados.



Las funciones de la ciencia en el desarrollo de una sociedad humana forman parte de un proceso mayor de producción, circulación y utilización del conocimiento, entendido en su concepto cultural más amplio. El objetivo de nuestros esfuerzos debe ser crear un sistema cognoscitivo superior que multiplique las capacidades humanas para comprender su mundo y actuar conscientemente sobre él. Ello incluye también la capacidad de potenciar valores y compromisos éticos.

La conducta humana se modula mediante regulaciones impuestas (que siguen siendo necesarias como expresión de valores

compartidos), y mediante la cultura. Ambas se condicionan mutuamente: las regulaciones sin cultura no son aceptables ni son eficaces; los valores éticos de la cultura, sin regulaciones que le den instrumentación jurídica a esos valores compartidos, tampoco lo son.

Se avanza con el ejercicio del poder y con la siembra de conocimientos, simultánea y proporcionalmente.

En todos los temas que hoy debatimos, por muy "técnicos" que parezcan, están presentes estas complejas relaciones entre ciencia, economía y cultura.

Los problemas económicos son en última instancia problemas culturales y de valores. Hay factores culturales que determinan que funcionen o no las estrategias económicas. Ellos determinarán si en el proceso de transformación de la economía para las nuevas realidades tecnológicas saldrán vencedoras la descentralización eficiente y la iniciativa emprendedora, o vencerán la corrupción y el despilfarro.

Al preguntarnos si los valores de la cultura cubana conducen o no a querer una sociedad igualitaria y solidaria, nos respondemos, basados en nuestra historia, enfáticamente que sí, que eso es lo que quiere el pueblo cubano.

A esa sociedad igualitaria y solidaria no podemos pretender llegar solamente con una buena política de impuestos, la cual es imprescindible, pero no es suficiente. Los recursos derivados de los impuestos nunca han sido suficientes. Intentar sostener la justicia social solamente con los impuestos crearía una contradicción insalvable: para coleccionar más impuestos podríamos necesitar de un sector de la población que tenga mucha ganancia, lo cual expande las desigualdades, que es lo contrario de lo que se quiere. Mantener en manos del estado las palancas de la economía y los canales de la redistribución es la única garantía de la justicia social.

Pero nuestro socialismo tiene que ser también próspero. De lo que se trata es de garantizar justicia social combinada con un determinado nivel de vida material, no se trata de socializar la

pobreza. Si esto no se logra, la idea puede volverse políticamente inviable y erosionada por la "globalización de las aspiraciones" que viene acompañando la globalización de la economía.

Lograr conciliar los objetivos de la eficiencia económica con los de la justicia distributiva es la tarea estratégica principal. Ello depende de la motivación para el trabajo, que es un fenómeno esencialmente cultural. Se trata de crear un sistema de estimulación que trascienda el estímulo material. ¿Está nuestra cultura preparada para eso? La eficiencia económica permite inversión social y calidad de vida; pero lo que se necesita es una cultura en la que el individuo halle motivación para el trabajo y la creatividad en la calidad de vida colectiva, no solo la suya y de su familia; y a largo plazo, no solo la calidad de vida de hoy, sino también la de generaciones futuras. Varios experimentos socialistas han fracasado al chocar con esa limitante cultural.

Los retos de la construcción socialista siempre han estado en las relaciones entre la ciencia, la economía y la cultura.

El combatiente tupamaro y ex presidente de Uruguay Pepe Mujica dijo esto en una conferencia pronunciada en La Habana, en la Casa de Las Américas: "[...] los comunistas pensábamos que al cambiar las formas de producción y distribución, creábamos las condiciones para un hombre nuevo: nos quedamos cortos, se nos quedó fuera del tintero la cultura".

Ciencia: la nueva alfabetización

Las nuevas generaciones de jóvenes científicos cubanos harán ciencia, y buena ciencia; pero su tarea histórica no se limita a eso, sino que se extiende a dos deberes más:

- Construir conexiones entre la ciencia y la economía.
- Sembrar el método científico de pensamiento en la cultura cubana.

De la construcción de conexiones entre la ciencia y la economía ya hemos hablado en los capítulos anteriores.

Insistamos en este en la trascendencia de lograr la integración del método científico profundamente en la cultura cubana, y en las maneras de lograrlo. Hay que lograrlo masivamente, no en una u otra institución especializada. Vamos a necesitar una sociedad capaz de armarse con una cultura científica y utilizarla en las decisiones cotidianas, lo que conduce a razonar con datos, medir siempre que sea posible los fenómenos que identificamos, diseñar alternativas con hipótesis comprobables, someter a crítica imparcial las decisiones, evaluar el impacto de lo que hacemos, rechazar la improvisación, la decisión caprichosa, la pseudociencia, la imitación sin crítica y la superficialidad.

Todo esto no son capacidades innatas, no están en los genes, la humanidad no las tuvo durante la mayor parte de sus milenios de existencia. Son capacidades adquiridas, y algunas culturas las adquieren más que otras.

¿Cómo lo hacemos? Aquí van algunas ideas, que han ido emergiendo en los debates de los últimos años.

- Lo primero es entender que es ésa la tarea: convertir el método científico en un atributo consustancial a la cultura cubana, y llegar con él a toda la población.
- Reforzar el carácter científico de nuestro sistema educacional, objetivo que ya se plantearon Félix Varela, José de la Luz y Caballero, José Martí, desde aquel siglo XIX donde la ciencia era "subversiva". La Revolución ha logrado mucho en esta tarea, pero hay que seguir. Educadores y educandos, con las complejidades escalonadas de cada nivel, tienen que conocer no solamente los resultados de la ciencia, sino el método de pensamiento que lleva a ellos. Y practicar el uso de ese método de pensamiento en sus problemas cotidianos.
- Seguir construyendo y reforzando la institucionalidad de la ciencia. Ello es muy importante porque la cultura no está solo en los cerebros de las personas; está también en las instituciones, sus misiones, sus estructuras, sus procedimientos

funcionales y las relaciones entre ellas. También hemos avanzado mucho en esta dirección: tenemos más de 200 instituciones de ciencia y técnica, en diferentes organismos del Estado. Pero nos faltan dispositivos de ciencia y técnica dentro del sistema empresarial, y nos faltan organizaciones "de interfase", esas que conectan las universidades y otras entidades del sector presupuestado con el sector empresarial. Esas conexiones deberían realizarlas, por ejemplo, las oficinas de transferencia tecnológica en las universidades, las agencias de patentes y los dispositivos de gestión de parques científico-técnicos. También nos falta todavía (2018) una legislación específica para las Empresas de Alta Tecnología, y para las relaciones entre las universidades y las empresas, así como normas y procedimientos que acerquen el sistema bancario a la financiación de la ciencia.

- Nuestros grandes sistemas presupuestados, la educación y la salud, tienen que continuar distinguiéndose en el mundo por la práctica permanente de la investigación científica, como parte consustancial de su funcionamiento. Lo necesitan para el cumplimiento de sus misiones, pero no es solamente por eso. Se trata también de que en esos sistemas grandes las capacidades que se construyan de comprensión y práctica del método científico lleguen a cientos de miles de personas.
- Nuestros medios de comunicación masiva tienen importantes responsabilidades en el reforzamiento de una cultura científica, también masiva. Ellos tienen que divulgar no solamente los resultados de la ciencia y la técnica (lo cual hacen ya intensamente), sino también los métodos de pensamiento y acción por los cuales esos resultados se alcanzan; y llegar detrás de cada historia o anécdota (que también hacen falta) a las esencias sobre cómo funciona la ciencia en nuestra sociedad. Nuestro Pueblo tiene la cultura suficiente para asimilar esa información, y lo que es más importante, tiene la actitud y la voluntad de hacerlo. En Cuba se puede discutir sobre anticuerpos monoclonales, o sobre nanotecnologías en

los municipios rurales; el autor ha tenido la oportunidad de hacerlo muchas veces.

- Nuestros medios de comunicación tienen que ser un dique de contención de la marea de pseudociencia, superficialidad y superchería, que no inventamos nosotros, sino que nos viene del deterioro cultural del capitalismo tardío y consumista, pero que llega a nuestra sociedad por los muy diversos canales y redes de la globalización, a los que debemos conectarnos, pero conectarnos críticamente.

En 1961 la Revolución logró que todos los cubanos tuvieran la capacidad de leer y escribir. Lo hicimos principalmente los jóvenes (los que éramos jóvenes entonces). Ahora es el momento de hacer lo mismo con la capacidad de entender y utilizar el método científico. Es el "futuro de hombres de ciencia" que Fidel Castro previó.

CAPÍTULO VIII CIENCIA Y GEOPOLÍTICA: LA CIENCIA Y LA VIABILIDAD HISTÓRICA DE LAS NACIONES

La formación de las conciencias nacionales y los estados nacionales, así como su robustez y permanencia en el tiempo son procesos muy complejos, y no es el propósito de este capítulo analizarlos en su integralidad. Se trata solamente aquí de identificar uno de sus componentes, que es el del rol de la ciencia en esos procesos.

La Revolución Francesa de 1789, sobre cuyo modelo de república se fundaron luego muchos estados nacionales, movilizó a la ciencia en función del esfuerzo revolucionario, transformó la educación científica con la creación de la escuela politécnica, se fundaron varias cátedras de investigación y eminentes científicos asumieron por primera vez en la historia, funciones de gobierno. Este impulso de la ciencia desde los estados nacionales que emergían tuvo repercusiones también en Alemania, Austria, Suecia, Suiza, Rusia, Bélgica, Dinamarca y otros países.¹

Ese rol de la ciencia en la formación y consolidación de los estados nacionales siempre ha estado ahí, a veces incipiente, a

¹E. Hobsbawm: *La era del capital*, Ediciones Crítica, Grupo Editorial Planeta, Buenos Aires, 2007.

veces explícito, pero será mayor en las próximas décadas, y tal protagonismo hay que identificarlo a tiempo, para extraer las tareas prácticas que de ahí se derivan.

A finales del año 1991 desapareció la Unión Soviética, que había sido el principal aliado militar y económico de Cuba en su enfrentamiento a 30 años de agresiones por parte del gobierno de Estados Unidos. En 1992 el gobierno estadounidense reforzó el bloqueo contra Cuba mediante la Ley Torricelli, y en 1996 lo reforzaba otra vez con la Ley Helms-Burton. Empezaba la etapa más peligrosa, que duró 25 años, para la supervivencia de la Revolución y para la existencia misma de Cuba como nación soberana.

Si bien en algún momento de las décadas precedentes se pudo concebir una integración del estado nacional cubano en el marco de la integración posible entre los países socialistas, o en el marco a más largo plazo de la integración política de América Latina, ahora ante los riesgos del Período Especial, la cuestión de la soberanía nacional pasaba al primer plano en las prioridades. Y fue precisamente en ese año 1991 que Fidel Castro, al clausurar un Foro de Ciencia y Técnica dijo: "La independencia no es una bandera, o un himno, o un escudo. La independencia no es cuestión de símbolos. La independencia depende del desarrollo, la independencia depende de la tecnología, depende de la ciencia en el mundo de hoy".¹ ¿Qué rol se hizo evidente para la ciencia y la tecnología en el sagrado propósito de defender nuestra soberanía? ¿A través de cuáles mecanismos ocurre esa contribución de la ciencia a la viabilidad histórica de las naciones, y en especial de la nuestra? Intentemos examinar en este capítulo lo que aprendimos en estas últimas y difíciles décadas sobre esas conexiones.

¹F. Castro: Discurso pronunciado en la clausura del evento Pedagogía 90, el 3 de febrero de 1990. www.cuba.cu/gobierno/discursos/1990/esp/f090290e.html

Los orígenes históricos del Estado Nacional

Desde la misma aparición de la especie humana hace milenios, han existido grupos de hombres que se distinguen de otros por sus maneras de interactuar al interior del grupo y de relacionarse con otros grupos, su etnia, su lenguaje, sus valores compartidos y el territorio en que habitan; pero el surgimiento de Estados Nacionales es un fenómeno histórico relativamente reciente. Se relaciona con la noción de que ningún pueblo debe ser explotado por otro, más aun, que el ejercicio monopólico del poder por parte del Estado, en un territorio definido, solo tiene una justificación moral cuando logra proteger a los ciudadanos, construir cierto grado de solidaridad entre ellos y desarrollar una economía viable. Un lenguaje común y una memoria histórica compartida refuerzan su coherencia. Así surgieron en el mundo los proyectos de construcción de Estados Nacionales, que se convirtieron en la estructura política dominante, principalmente en Europa en los siglos xviii y xix, y luego en las naciones del sur que emergieron de la descolonización en los siglos xix y xx.

La educación pública fue en muchos países la vía principal de consolidación de la conciencia nacional y del respaldo masivo al Estado-Nación. Los Estados-Nación concentraron el poder para el uso de la fuerza, la colección de impuestos y la adopción de leyes, incluyendo la emisión monetaria y el control de los flujos transnacionales de dinero, todo lo cual les garantizó un grado importante de control sobre los destinos nacionales. La contrapartida y justificación moral de ese poder estaba en la promesa de garantizar seguridad, bienestar y desarrollo espiritual y material a los ciudadanos.

Tratándose de procesos históricos, es decir, condicionados por la trayectoria de eventos precedentes, éstos fueron necesariamente distintos para cada una de las naciones actuales; y estas diferencias incluyen pesos distintos de los elementos económicos, culturales, religiosos, lingüísticos, geográficos, y otros que contribuyen al surgimiento de una nación.

¿Cómo ha sido este proceso en Cuba? ¿Cómo definir nuestra nación? ¿Somos una etnia? Obviamente no: aquí hay de todo y bien mezclado. ¿Nos une una religión? Tampoco: muchas se combinan en la espiritualidad del cubano. ¿Tenemos un lenguaje exclusivo? Obviamente no: muchas naciones comparten la riqueza y capacidad de conceptualización de nuestro idioma. ¿Somos un espacio económico autosuficiente? Menos aún: nuestra economía es cada vez más abierta. Y, sin embargo, somos. Compartimos una visión del mundo y un proyecto ético de convivencia humana. Álgidos cruces y enfrentamientos entre poderosas naciones han ocurrido alrededor de nuestra pequeña isla, los cuales no han diluido, sin más bien fortalecido el carácter original y aglutinador de "lo cubano".

En el pensamiento de José Martí, referente imprescindible de cualquier análisis sobre la nación cubana, la soberanía nacional no es un fin en sí mismo: es una conquista imprescindible para edificar sobre ella un proyecto de justicia social. No se valida solamente por lo que fuimos, sino principalmente por lo que queremos ser. Así le dijo a Carlos Baliño que la revolución no es la que se va a hacer en la manigua, sino la que se va a hacer en la república.

El cemento aglutinador de la nacionalidad cubana no es la raza, ni la religión, ni el lenguaje: es la ética y el proyecto de convivencia humana. Al hablarle de la guerra necesaria a su amigo y compañero de lucha Juan Gualberto Gómez, en una carta de enero de 1895, José Martí le anunció: "[...] conquistaremos toda la justicia".¹

Martí concebía la revolución como un proceso de transformaciones que trascendía la liberación del colonialismo. Cada experiencia histórica es original a su propio modo. No se trata de reclamar superioridades en la trayectoria nacional cubana, pero sí de comprender sus originalidades y partir de ellas para seguir

¹Carta de José Martí a Juan Gualberto Gómez el 25 de enero de 1895. http://www.damisela.com/literatura/pais/cuba/autores/marti/epistolario/gomez_juan/1895_01_29.htm

adelante. Otro rasgo que se debe identificar es que la formación de una conciencia nacional en Cuba, además de la aspiración a la independencia política y económica, incluyó desde los primeros pensadores también una aspiración de liberación intelectual, independizándonos del pensamiento escolástico que venía de la metrópoli, y asumiendo el racionalismo moderno y la educación científica.

En otros procesos históricos grupos humanos diferentes se aglutinaron bajo el poder de un Estado primero, y se forjó una conciencia nacional después. En Cuba fue al revés: la conciencia nacional y sus fundamentos morales existieron antes de que existiese un Estado nacional. La lucha por la soberanía nacional no estuvo limitada a la conquista de una independencia, que luego pudiera ponerse al servicio de privilegios. La defensa de la soberanía nacional ha sido siempre la defensa de nuestra capacidad independiente de construir un modelo de sociedad humana enraizado en nuestra cultura y nuestros valores: Los mambises, blancos y negros, se lanzaron a la manigua en el siglo XIX a conquistar no solamente la independencia, sino también la justicia social; los milicianos cien años después fueron al combate en Playa Girón a defender no solamente la independencia, sino también el socialismo.

Globalización y neoliberalismo: el Estado Nacional amenazado

La literatura política de las últimas décadas, especialmente la proveniente de los ideólogos del neoliberalismo, expone la tesis de la decadencia de Estados Nacionales como forma de organización política, ante el empuje de la globalización.¹ Se propone una estructura económica universal (el capitalismo, por

¹R. Dasgupta: "The demise of the nation state", *The Guardian*, april-5, 2018. https://www.theguardian.com/news/2018/apr/05/demise-of-the-nation-state-rana-dasgupta?CMP=share_btn_link

supuesto), una única estructura política válida (la democracia representativa pluripartidista) y una cultura homogénea (muy parecida a la estadounidense).

En esta visión los Estados Nacionales estarían cada vez más incapacitados para controlar la vida económica y los destinos de las poblaciones que los integran; y los intentos de defensa de las soberanías nacionales y la autodeterminación serían fenómenos retrógrados, contrarios al sentido de la historia. Es necesario diseccionar y desmontar esta ideología. Lo primero es diseccionarla, porque mezcla y confunde (inadvertidamente o intencionalmente) fenómenos diferentes.

En sus palabras de clausura del encuentro internacional de economistas celebrado en La Habana en 1999, Fidel Castro dejó claro que el blanco de nuestras críticas no es la globalización, la cual es un proceso irreversible, sino el tipo de globalización que se está imponiendo, la "globalización neoliberal". La globalización en sí misma es inevitable, consecuencia del desarrollo tecnológico y tan absurdo de criticar, dijo una vez, como sería criticar la ley de la gravitación universal. Lo que debe terminar y no hay mucho tiempo para lograr que termine, es la globalización neoliberal, la cual debe ser sustituida por una globalización solidaria.

Es el contenido de ideología neoliberal lo que convierte la globalización en un proceso de recolonización de los países subdesarrollados, en una tendencia a reducir el papel de los Estados a simples "guardianes del mercado", garantes de que los dueños de los medios de producción y los especuladores financieros colecten sus ganancias, y que nadie proteste contra eso. En el lenguaje de los ideólogos del capitalismo neoliberal, incluso la palabra "Estados" tiende a ser sustituida por "mercados", y el concepto de "ciudadanos" por el de "consumidores".

Así se ahogan los Estados Nacionales en la marea de las finanzas desreguladas, los flujos autónomos de capital, las privatizaciones, el poderío tecnológico concentrado en empresas

multinacionales y élites globales de riqueza. Como explicó Fidel en la Reunión Especial de Jefes de Estado y de gobierno del CARIFORO, celebrada en República Dominicana, en 1998: "Se nos trata de imponer un orden económico en que nuestros países pequeños y pobres no tendrán otro futuro que el de convertirse en una inmensa zona franca donde la industria y el capital de los poderosos obtengan mano de obra barata, destruyan nuestro medio ambiente, agoten nuestros recursos y multipliquen sus ganancias, sin pagar siquiera impuestos".¹

La educación pública, aun hoy bajo el control de los estados nacionales, también se bate en retirada ante la influencia de la privatización de la enseñanza, y de los medios masivos y globales de comunicación. El capital global y las tecnologías dirigen el mundo sin ningún tipo de consulta democrática ni de obligación moral con las personas. La globalización de la economía y de la tecnología, sin un proceso político de globalización de la justicia, genera una economía sin moral, que es el camino del fascismo.

Las tormentas políticas del momento actual caracterizadas por las guerras en el Oriente Medio, el terrorismo, los fundamentalismos étnicos y religiosos, las migraciones masivas, la derechización política de América Latina, el resurgir de las tensiones de la guerra fría, el desmontaje del multilateralismo en las relaciones internacionales, se tienden a analizar por separado, pero están todas conectadas por el accionar de élites financieras globales que se escapan al control de autoridades nacionales. Ellos reflejan la tensión entre las fuerzas globales que controlan la economía, y los Estados Nacionales que intentan responder a los intereses de las personas.

La segunda década del siglo XXI marca el abandono de dos creencias ingenuas: una sobre la economía, y la otra sobre la

¹F. Castro: Discurso pronunciado en la reunión especial de jefes de Estado y gobierno del Cariforo. República Dominicana, 1998. www.granma.cu/granmad/1998/22ago98/interna/articulo6.html

ciencia. La primera es objeto de crecientes debates en los medios y en la literatura especializada. La segunda todavía no.

La ingenuidad del pensamiento económico radica en la creencia de que el neoliberalismo, con sus tesis de reducción del papel del Estado, desregulación y privatizaciones, puede conseguir crecimiento económico ilimitado y prosperidad para todos. Algo de eso parecía posible durante los llamados "treinta años gloriosos" del capitalismo socialdemócrata, pero estos terminaron en la década de 1980. En esa década la llamada "revolución conservadora" liderada por los gobiernos de R. Reagan en los Estados Unidos, y M. Thatcher en Gran Bretaña, desmontó el estado de bienestar de la socialdemocracia, trajo una ola de privatizaciones, favoreció al capital y desfavoreció al trabajo en la distribución de los resultados de la economía, y redujo el espacio de los gobiernos para trabajar por la justicia social. En palabras del propio Reagan: "[...] el gobierno no es la solución, sino el problema".

Pero entonces la desigualdad de la riqueza comenzó a crecer. La parte de la riqueza mundial que acumula 1 % de los más ricos no ha dejado de crecer desde 1980, como resultado de la continuada privatización de bienes públicos.

Y se hizo evidente que el neoliberalismo y la globalización no traerían prosperidad a los países del sur, ni tampoco a las clases desfavorecidas de los países industrializados.

La ingenuidad en el pensamiento sobre la ciencia consiste en la creencia de que tiene una función social intrínsecamente positiva y liberadora, independientemente del contexto sociopolítico en el que ocurre. Esta idea comienza a ser cuestionada y crece una actitud de recelo y suspicacia sobre las funciones de la ciencia y el desarrollo tecnológico. Su faceta más visible, frecuentemente discutida en los medios de comunicación, es que el desarrollo científico-técnico puede ser también la base de la creación de armas de destrucción masiva, de la destrucción del medio ambiente, y del deterioro de los salarios reales al ser suplantado el trabajo, especialmente el de personas no calificadas, por la tecnología, y la automatización.

Una faceta menos discutida, pero a mediano plazo muy peligrosa, es el lazo de retroalimentación positiva entre tecnología y globalización, que contribuye a la expansión de las desigualdades tecnológicas y económicas entre los países. Una de las consecuencias de este lazo de influencia mutua entre tecnología y globalización es la pérdida de poder de los mercados domésticos de los países pequeños como motor de desarrollo tecnológico. El desarrollo pasa a depender, cada vez más, de la capacidad de conexión de las economías nacionales en las redes globales de comercio y conocimiento, procesos sobre los cuales los Estados Nacionales solamente tienen un control parcial.

La soberanía redefinida a través de las interconexiones

Si la humanidad ha de tener un futuro, éste no puede ser el de un crecimiento económico irresponsable, conducido por élites de supermillonarios, depredador del medio ambiente, y continuador de la tendencia a la concentración de la riqueza y la marginación de millones de personas. El modelo estadounidense de crecimiento basado en la expansión de la deuda y del precio de los activos, la inflación, la carrera armamentista y el uso insostenible de fuentes de carbono es un peligro para el futuro de la humanidad.

En este joven siglo XXI seguiremos necesitando la soberanía de las naciones y el concepto de auto-determinación de los pueblos. Es el contrapeso imprescindible a la globalización neoliberal, y el espacio de construcción de alternativas sociales, políticas y económicas. Es en la creatividad y viabilidad de las alternativas donde radica el carácter revolucionario de un proceso social y político. Esa construcción de alternativas va a demandar voluntad política y también mucha ciencia.

La creciente e inevitable (y a largo plazo deseable) integración de la humanidad en un sistema mundial, conectado por las tecnologías, no debe alcanzarse de arriba hacia abajo, impuesta por

las élites de poder mundial; sino de abajo hacia arriba, a través de un proceso necesariamente lento de construcción creativa de nexos entre comunidades y culturas nacionales, entre los cuales destacarán los nexos internacionales en la ciencia y la tecnología.

La justicia social no se alcanza desde la economía; se alcanza desde la política. Al menos en el ordenamiento actual del mundo, son los Estados-Nacionales los que pueden implementar controles sobre las tendencias polarizantes y excluyentes de la globalización económica. Son los que pueden introducir moralidad en las relaciones económicas. Para eso los necesitamos.

La tarea es muy compleja, pues no se trata de crear barreras a la globalización en si misma, sino conducirla de manera que genere convergencias y solidaridades en el desarrollo socio-económico de los pueblos; y no expansión de las distancias entre ricos y pobres, tanto entre los países como al interior de los países. La globalización de la economía, entendida como la creciente interdependencia entre las economías nacionales y el mayor espacio del comercio exterior en la producción colectiva de riqueza no es un fenómeno nuevo. Pudiera decirse que comenzó desde el siglo XVI con las conquistas coloniales de las potencias europeas, las cuales comenzaron a basar su desarrollo en la explotación de las colonias como fuente de materia prima y nuevos espacios de mercado para sus productos. Pero este fenómeno adquirió dimensiones y características nuevas con el desarrollo tecnológico del siglo XX.

El desarrollo tecnológico actual permite enormes escalas de producción y producir para el mundo, pero al mismo tiempo esa escala de producción y de operaciones comerciales globales se hace imprescindible para poder internalizar los costos fijos de la investigación científica y de los complejos sistemas de calidad que demanda la alta tecnología.

La consecuencia es una reducción constante del poder atractivo de los mercados domésticos, y del precio de los productos primarios; las dos palancas de la estrategia "desarrollista" elaborada por los países del sur en los años 1960.

Opera en la actualidad un lazo de retroalimentación positiva entre globalización y tecnología, que se condicionan una a la otra. Como puede demostrarse incluso en modelos matemáticos, los lazos de retroalimentación positiva generan bifurcaciones en los sistemas, pudiendo funcionar como círculo virtuoso o como círculo vicioso. Puede el desarrollo tecnológico aumentar nuestro desempeño económico y nuestra inserción en la economía mundial, generando excedentes que financien la continuidad de ese mismo desarrollo tecnológico y acortando la brecha entre países, o puede ese mismo desarrollo excluir a los productos de los países del sur de los mercados globales, replegarlos hacia productos primarios de escaso valor agregado, y funcionar así como mecanismo de exclusión, ampliando la brecha entre el norte rico y el sur pobre.

Estos procesos se combinan más recientemente con la tendencia hacia una economía global que se contrae y amplía desigualdades, y se complica adicionalmente con la financiarización de la economía y con la crisis financiera de 2008, la caída del sector inmobiliario, la desaceleración de la economía china (cuyos insumos mantenían la capacidad exportadora de otros países), las burbujas de expansión del crédito sin contrapartida en la acumulación real de capital y el colapso de los precios de las materias primas.

Es en este contexto que tenemos que plantearnos el nuevo rol de la ciencia y la tecnología.

La experiencia histórica indica que el principal mecanismo de convergencia económica es la difusión del conocimiento. Hay que hacer crecer la actividad de ciencia y desarrollo tecnológico en los países del sur, pero no cualquier actividad científica, sino aquellas que contribuyen a la difusión de una cultura de pensamiento científico en la población, y aquellas que conectan más directamente con el desarrollo de bienes y servicios de alto valor agregado. Es un proceso que debe ser diseñado y conducido. El simple incremento de actividades científicas desorientadas no genera tecnologías útiles para la sociedad: muchas veces se limita a multiplicar información irrelevante y de difícil acceso.

En el contexto macroeconómico de hoy el cierre de un ciclo virtuoso entre producción, desarrollo de nuevos productos y servicios, capacidad de producción, y desempeño exportador es algo que no ocurre espontáneamente, y mucho menos bajo las presiones del mercado. Es un proceso que tiene que ser conducido conscientemente por estados que representen los intereses de sus pueblos.

Ahí es donde comienza a perfilarse una redefinición de la soberanía nacional, ya no como la defensa de una autarquía económica imposible en el mundo actual, sino como la capacidad de construir y gestionar redes de interacciones.

Esta idea conduce de inmediato a pensar en las interacciones económicas, que son las más evidentes y tradicionales; pero el concepto de redes globales de interacciones no se puede reducir a las transacciones económicas, sino que se extiende a los intercambios de conocimientos.

En la misma medida en que las economías transitan a economías del conocimiento, las transacciones económicas se vuelven cada vez más transacciones sobre el conocimiento.

No es solamente un producto o servicio por otros lo que estamos intercambiando en las transacciones internacionales de hoy, es el conocimiento socialmente adquirido para producir algo y que otro puede necesitar la base real de los intercambios. Ya no se trata solamente de utilizar ventajas naturales, como puede ser la existencia de petróleo u otros minerales, o el terreno y clima adecuados para determinados cultivos, o el paisaje y playas atractivos al turismo.

Las ventajas importantes en la economía del conocimiento no son las naturales, son ventajas construidas. Y nuestra interacción eficaz con el mundo dependerá de nuestra capacidad de construirlas.

La educación masiva y de calidad es un requisito indispensable para esta tarea, es una de las ventajas construidas; y en esto tenemos resultados evidentes, que reconocen amigos y enemigos. La ciencia y la institucionalidad de la ciencia es otro

requisito, y en esto necesitamos avanzar con mayor velocidad y superar los daños del Período Especial.

Importante es comprender que no se trata solo de tener muchas personas capaces. No es suficiente, por muchas que estas sean; pues las construcciones de capacidades creativas es un proceso social, que depende de los valores compartidos, de la cohesión de la sociedad, de la calidad de las instituciones y de la fluidez de los procesos que transformen la educación en ciencia y la ciencia en valor añadido para la producción de bienes y servicios.

Martí formuló un concepto de "Patria" no basado en el aislamiento sino en las conexiones con el mundo, en la capacidad de conquistar un espacio en el "repartimiento de la labor humana", que parte del conocimiento de sus propias realidades. Es armados de ese concepto que debemos vivir en el siglo XXI, el de la economía globalizada, las cadenas productivas transnacionales, los bloques económicos regionales, los flujos migratorios mundiales, Internet y las comunicaciones instantáneas. El reto consiste en saber manejar una interacción creciente y distribuida con el exterior, y al mismo tiempo conservar la unidad nacional y los valores compartidos. Es otro equilibrio que también depende de la cultura y de la soberanía nacional.

La ciencia y la originalidad con la que, a partir de nuestra cultura, construyamos las conexiones de la ciencia con el desarrollo socio-económico será una de las armas con las que debemos defender en los nuevos tiempos la existencia de la nación cubana en base a nuestra capacidad de continuar fundiendo influencias diversas en nuestro crisis, y sembrando mensajes en el mundo.

La ciencia en el diferendo histórico entre Cuba y Estados Unidos

Las soberanías nacionales no se construyen en el vacío. Surgen de procesos históricos marcados por el enfrentamiento a las fuerzas que se le oponen.

La nación cubana surgió del enfrentamiento a la colonización económica y cultural que provenía de las últimas etapas, ya decadentes, del imperio español. Los primeros pensadores que forjaron la cultura cubana identificaron claramente (como se explicó en el capítulo anterior) este antagonismo.

Pero pronto se hizo evidente que el obstáculo principal en los años subsiguientes vendría del norte, del naciente imperialismo estadounidense.

Conocida de todos los cubanos es la carta de José Martí, el día antes de su caída en combate, a su amigo Manuel Mercado en la que le decía: "[...] ya estoy todos los días en peligro de dar mi vida por mi país y por mi deber [...] de impedir a tiempo, con la independencia de Cuba, que se extiendan por las Antillas los Estados Unidos y caigan con esa fuerza más sobre nuestras tierras de América. Cuanto hice hasta hoy y haré es para eso".¹

También lo entendió así Antonio Maceo de quien se recoge la respuesta que dio en 1890 al oír hablar de la posibilidad de que Cuba llegara a ser parte de Estados Unidos. Esto es lo que respondió Maceo: "Creo joven, aunque me parece imposible, que ese sería el único caso en que tal vez estaría yo al lado de los españoles".²

De la muy compleja historia, que ya tiene más de 240 años (desde el surgimiento mismo de la nación norteamericana), de vínculos y antagonismos entre Cuba y Estados Unidos se ha escrito mucho, y queda mucho más por pensar y escribir. No intentaremos la tarea imposible de abordar integralmente el tema aquí. Nos limitaremos, en el contexto de este capítulo sobre ciencia y geopolítica, a identificar el espacio que ha tenido en esas relaciones la ciencia, y más precisamente la zona de articulación entre la ciencia y la economía, e intentar atisbar

¹J. Martí: "Carta a Manuel Mercado del 18 de Mayo de 1895", *Obras Completas*, vol. 20, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, p. 161.

²J. L. Franco: *Antonio Maceo. Apuntes para una historia de su vida*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1973.

las señales sobre las tendencias y las discontinuidades pasadas y las posibles en el futuro. Hay que verlas a tiempo, para lograr que esos cambios no pongan en riesgo nuestros valores fundamentales, sino que los refuercen. Lo podemos lograr.

Las discontinuidades relevantes a identificar son esencialmente dos: el cambio en la centralidad de la ciencia en los procesos económicos, y el cambio posible en el tipo de relaciones entre Cuba y Estados Unidos. Hasta principios del siglo XX no eran los Estados Unidos, sino Inglaterra y Alemania, quienes estaban en la frontera de la creación de conocimiento científico.

Pero el proceso por el que la ciencia institucionalizada adquiere una función central en el desarrollo económico se aceleró a mediados del siglo xx (después de la Segunda Guerra Mundial) y tuvo su epicentro precisamente en Estados Unidos. El Comité de Investigación para la Defensa (NDRC) fue creado en 1940 para coordinar el esfuerzo científico para la guerra, y movilizó con ese fin a más de 30 000 científicos y tecnólogos. En 1945 quien fuera el director de ese programa, el ingeniero Vannevar Bush, produjo para el presidente Roosevelt el conocido informe "Science: The Endless Frontier",¹ que propuso la masiva intervención del gobierno federal en el desarrollo científico. La Fundación Nacional de Ciencias (NSF) se creó en 1950. Los circuitos integrados surgieron de la empresa Texas Instruments en 1957 y el primer microprocesador de la empresa Intel en 1971. En 1956 se fundó el parque industrial de Stanford, que luego dio origen al agrupamiento científico conocido por "Silicon Valley" que en 1989 agrupaba cientos de empresas de la electrónica, con más de 300 000 trabajadores incluyendo 6 000 doctores en ciencias.² Internet en su versión actual surge en 1990, y la

¹V. Bush: *Science, the endless frontier*, United States Government Printing Office, Washington, 1945.

²J. Krige: *American hegemony and the postwar reconstruction of science in Europe*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2006.

primera empresa de la biotecnología en 1976, a partir de la Universidad de San Francisco (UCSF).

Dos procesos paralelos ocurren en esta etapa de la ciencia en Estados Unidos: el incremento acelerado de la inversión estatal en investigación científica, y la internalización de una parte creciente de la ciencia dentro de las empresas. Así, partiendo de una inversión en ciencia pequeña antes de la segunda guerra mundial, se llegó en poco tiempo a la situación actual en que el gasto en investigación-desarrollo en Estados Unidos (más de 350 000 millones de dólares anuales) es mayor que la cifra combinada de los demás países industrializados del G8 juntos, y ese gasto proviene del sector empresarial privado en más de 60 %.¹

Estados Unidos tiene actualmente más de 1,4 millones de investigadores, 20 % de los científicos del mundo, hacen 35 % del gasto mundial en ciencia, producen 27,7% de las publicaciones científicas (más de 270 000 al año) y el 52,2 % de las patentes (más de 81 000 al año). Esa etapa de expansión de la ciencia es precisamente la etapa en que los cubanos no tuvimos relaciones de colaboración científica con los Estados Unidos. Ese crecimiento del impacto directo de la ciencia en la economía no tuvo expresión (o la tuvo muy poca) en las relaciones académicas entre Cuba y Estados Unidos. Ello es un problema pues vimos el proceso "desde lejos", pero es también, como veremos más adelante, una oportunidad pues ese proceso generó distorsiones en los sistemas científicos de los países del Sur, a las cuales nosotros escapamos.

Las relaciones académicas comenzaron a formar parte de la política exterior de los Estados Unidos durante el Plan Marshall (oficialmente European Recovery Program) para la recuperación de Europa implementado a partir de 1947. La Oficina de Investigación Naval de Estados Unidos produjo en 1948 un informe sobre la "Rehabilitación de la Ciencia en Europa". Otro

¹United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: *Science Report*, UNESCO Publishing, París, 2010.

documento oficial de política fue producido por el Buró de Investigación-Desarrollo en 1950 con el título "Ciencia y Relaciones Internacionales".

La estrategia del componente científico del Plan Marshall resultó en la práctica, la de un apoyo a la ciencia europea concentrado en la llamada investigación académica básica, aprovechando así el acceso al capital humano científico europeo, que en aquella época de postguerra estaba totalmente carente de recursos materiales; y reteniendo en los Estados Unidos el desarrollo de las capacidades tecnológicas para las aplicaciones de la ciencia en la producción, civil y militar. Ello condujo también al reforzamiento de una cultura de intercambio académico abierto en Europa, mientras se mantenía una práctica de mayor confidencialidad tecnológica en los Estados Unidos. Quienes estudiamos en laboratorios europeos en los años 1970, lo que vimos fue precisamente el fruto de esas políticas, en un lugar y un momento histórico concretos.

La ciencia formó parte del proceso de construcción de la hegemonía estadounidense en la segunda mitad del siglo xx, y de sus estrategias en la confrontación con la Unión Soviética y los países socialistas. Fue un fenómeno históricamente nuevo, cuyos mecanismos los cubanos tenemos que comprender bien.

En la misma segunda mitad del siglo xx, y a 90 millas de las costas de Estados Unidos, la Revolución Cubana desplegaba, entre sus muchos componentes de creatividad social, un esfuerzo extraordinario por el desarrollo científico técnico, impulsado por la temprana visión (1960) de Fidel Castro. Ese esfuerzo nos llevó a tener más de 200 instituciones científicas y un índice de investigadores por habitante más de tres veces superior a la media latinoamericana. En esa etapa, las relaciones de cooperación con la Unión Soviética y los países socialistas de Europa tuvieron mucha importancia, y también hubo importantes acciones de colaboración con países de Europa Occidental y Canadá; pero la cooperación científica con los Estados Unidos fue muy escasa y prácticamente irrelevante.

A partir de 1981 con la creación del "Polo Científico", se despliega en Cuba el sector de la biotecnología, y con éste un fenómeno nuevo: el del surgimiento de **organizaciones de investigación-producción**, que establece desde sus inicios en este sector la conexión directa de la ciencia con la economía.

Aunque con escalas diferentes por obvias razones económicas, el surgimiento de organizaciones científico-productivas en la biotecnología ocurre en los años 1980 casi simultáneamente en Cuba y en Estados Unidos.

En los primeros años de la biotecnología cubana los intercambios académicos entre Cuba y Estados Unidos, aunque severamente limitados por el bloqueo, tuvieron cierto nivel de actividad. En el primer emprendimiento de la naciente biotecnología cubana, la producción de interferón, esas relaciones estuvieron presentes. El congresista George Thomas Leland sostuvo conversaciones con el Presidente Fidel Castro y facilitó en 1980 la visita a Cuba del científico estadounidense Randolph Lee Clark, quien conversó con Fidel sobre las potencialidades de ese producto en el tratamiento del cáncer. En enero de 1981 dos investigadores cubanos visitaron el Instituto M. D. Anderson en Texas para conocer de los usos del interferón. Fue el paso inicial que condujo al surgimiento del Centro de Investigaciones Biológicas en 1982, y de ahí al Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología en 1986.

También en 1981 por iniciativa del Profesor Ernesto Bravo del Instituto de Ciencias Médicas de La Habana y el Profesor Harlyn Halvorson, de la Universidad de Wisconsin, surgió la organización NACSEX (US-Cuba Scientific Exchange) que logró autorizaciones para visitas a Cuba de científicos de Estados Unidos. En 1986 el Dpto. del Tesoro de los Estados Unidos ordenó la suspensión de los viajes porque sospechaba "posibles implicaciones comerciales". La carta del Dpto. del Tesoro al Dr. Halvorson decía textualmente que "[...] nothing of value be provided to Cuba in return [...]" ("nada de valor se debe proporcionar a los cubanos a cambio") NACSEX dejó de funcionar en 1993 pero

pudo contribuir a que más de 50 científicos de alto nivel en biología molecular visitasen Cuba y contribuyeran al esfuerzo de los cubanos.

En el terreno de las neurociencias y desde la década precedente la colaboración con el equipo del Profesor Roy John, de la Universidad de New York había contribuido a los estudios sobre la actividad eléctrica cerebral en Cuba y al desarrollo de la computación, incluyendo la fabricación de las primeras computadoras.

El Polo Científico de la biotecnología creció en Cuba aun en medio de las dificultades económicas de los años 1990. Una tras otra surgieron nuevas instituciones, nuevos productos, nuevas capacidades productivas y nuevas operaciones de exportación. En el año 2012 esas instituciones se unieron con la industria farmacéutica en la nueva organización empresarial BIOCUBAFARMA. Sus productos constituyen hoy el segundo renglón de exportación material de la economía cubana, y llegan a más de 50 países.

Los científicos estadounidenses también vieron este desarrollo "desde lejos" y, aunque continuaron ocurriendo algunas visitas académicas individuales en ambas direcciones y encuentros en terceros países, no hubo en varias décadas acciones institucionalizadas de colaboración, ni en el plano académico, ni mucho menos en el empresarial. Muchas solicitudes de visa para participación de científicos cubanos en eventos en Estados Unidos fueron denegadas en esos años.

Fueron esas las mismas décadas en las que la ciencia se consolidó en el mundo como una actividad humana institucionalizada, más que como una suma de emprendimientos individuales, y como una tarea de los Estados y cada vez más, de las empresas. Al proyectar hacia el futuro esas tendencias se hace evidente que no será posible separar las relaciones académicas de las relaciones económicas. Era posible en el siglo XIX, pero no en el siglo XXI.

En ese paisaje se inserta entonces la segunda discontinuidad posible en los próximos años, consistente en el intento de normalización de las relaciones entre Cuba y Estados Unidos.

Es un proceso iniciado, bajo la presidencia de Barak Obama, y del que no sabemos todavía a qué velocidad se desarrollará, ni hasta donde llegará, pero lo que sí sabemos es que siempre será un proceso contradictorio e incompleto.

De hecho, en el momento en que se escribe este capítulo ese intento de normalización de relaciones está dando muestras de retroceso, ahora bajo la presión del presidente Trump, que introduce también retrocesos en muchas otras esferas de la política mundial y las relaciones internacionales.

No obstante, con independencia de las coyunturas y los liderazgos transitorios, prevalecerá todavía largo tiempo en el futuro la tendencia de base: mientras exista el capitalismo como sistema económico movido por la ambición de acumulación de riquezas, el egoísmo y la maximización permanente de las ganancias, las relaciones entre un país grande y rico, y un país pequeño y de menor desarrollo económico nunca serán completamente "normales". Trataremos de que sean pacíficas, respetuosas y de aceptación de las diferencias, pero se darán siempre en el contexto de un sistema económico mundial esencialmente depredador y generador de desigualdades. Es una realidad trágica y una expresión de limitación de la cultura construida por la humanidad, pero es una realidad al fin, que las futuras generaciones de cubanos tendrán que aprender a manejar, pues no asumirla sería un peligroso error de ingenuidad.

Con el restablecimiento de las relaciones diplomáticas entre Cuba y Estados Unidos se podría iniciar una etapa histórica nueva. Y no solo es nueva con relación a lo sucedido a partir del triunfo de la Revolución en 1959; es nueva en 240 años, pues las relaciones de Cuba con Estados Unidos han sido de subordinación en la pseudorrepública capitalista, o de enfrentamiento rebelde a partir de nuestra revolución socialista. Pero no han sido nunca "normales".

La razón de esta dicotomía está no solamente en la defensa obstinada y heroica de nuestra soberanía, grabada a cincel en el alma colectiva de los cubanos, y que sería por sí sola suficiente sustento moral para la rebeldía cubana. Es más que eso: en el diferendo histórico entre Cuba y Estados Unidos se enfrentan dos concepciones diferentes de la convivencia humana, de la organización de los hombres para la vida social y el trabajo, y de la distribución de sus frutos. José Martí, quien estudió y entendió mejor que nadie en su tiempo la sociedad estadounidense escribió: "[...] nuestra vida no se asemeja a la suya, ni debe en muchos puntos asemejarse".¹

La creencia básica del capitalismo, incluso en los que así lo creen honestamente, es la construcción de prosperidad material basada en la propiedad privada y la competencia. La nuestra se basa en la creatividad movida por los ideales de equidad y la solidaridad entre las personas, incluidas las generaciones futuras, y en la prioridad de la construcción de cultura por sobre la construcción de riqueza material, aunque busquemos legítimamente ambas.

Tales raíces históricas diferentes se proyectarán hacia el futuro en muchos campos de la vida social. También en el campo de la colaboración científica.

En el momento en que se escribe este texto (2018) están ocurriendo múltiples contactos en diferentes sectores de la ciencia y se debaten proyectos, varios de los cuales implican el acceso de los pacientes en Estados Unidos a los productos biotecnológicos surgidos de la ciencia cubana, la evaluación y el desarrollo conjunto de nuevos productos, e incluso el establecimiento de empresas mixtas, con capacidades de investigación y producción. Todavía no sabemos cuántos y cuáles cristalizarán, y cuántos y cuáles obstáculos habrá que vencer, pero el proceso está en marcha.

¹J. Martí: "Cuaderno de apuntes", *Obras Completas*, t. 21, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, p. 16.

Si lo manejamos mal, prevalecerá la ideología de una ciencia de individualidades elitistas, orientada en función de los intereses de quienes tienen ya hoy muchos más recursos materiales, y amplificadora de desigualdades nacionales y sociales, correremos los riesgos de la fragmentación del proyecto científico cubano en operaciones de colaboración desconectadas, el desmontaje de los programas integrales (como el de la biotecnología y otros), el robo de cerebros y finalmente la absorción de las capacidades construidas por el "efecto de masa" del sistema institucional estadounidense mucho más grande, diverso y económicamente poderoso.

En otro contexto histórico diferente (Europa en la posguerra) pero con un contraste similar entre un potencial humano competente para la ciencia, pero carente de recursos materiales, ya sucedió una vez que la ciencia fue funcional al proyecto de construcción de hegemonía estadounidense. Hay que lograr que no suceda de nuevo. Pero si lo manejamos bien, la construcción de relaciones de colaboración científica entre Cuba y Estados Unidos, después de medio siglo de evolución por separado, puede ser una oportunidad histórica única. Ello se decidirá en los próximos diez años, tal vez menos.

En otros países del sur, los incipientes esfuerzos de desarrollo científico en la segunda mitad del siglo xx apenas pudieron madurar, deformados por la influencia del poderío científico y económico estadounidense, e interrumpido por golpes militares y dictaduras.

En Cuba, el esfuerzo científico de esa misma etapa ocurrió en el contexto de un proyecto revolucionario de soberanía nacional y justicia social, y maduró como un "programa de país" integrado a los otros componentes del proyecto social, y en determinados sectores, como la biotecnología, conectado con los proyectos productivos y económicos. Los científicos hemos sido en los últimos años, y así lo ve la gente en Cuba, protagonistas de la heroica resistencia del pueblo cubano. Es ese el sistema de ciencia y tecnología que puede ahora reconstruir relaciones

de intercambio académico con los Estados Unidos. Ese intercambio pudiera nacer con una sólida institucionalidad, orientado a objetivos explícitos, integrado en programas que agrupen varios proyectos, y conectado desde el inicio a lo que logremos construir de relaciones económicas y culturales.

La zona de coincidencia está en que ambos países, desde sus etapas fundacionales, han dado a la ciencia un espacio protagónico en el desarrollo social: la primera Academia de Ciencias se fundó en Cuba en 1861, y la Academia de Ciencias de Estados Unidos en 1863. Fueron las dos primeras fuera de Europa. Luego, en la primera mitad del siglo xx el capitalismo dependiente de la república neocolonial impidió el desarrollo científico en Cuba; la revolución socialista lo aceleró en la segunda mitad del siglo. En Estados Unidos también, por razones diferentes, se impuso una cinética análoga: la depresión económica de los años 1930 afectó la inversión en ciencia; el esfuerzo militar de la guerra mundial y el protagonismo económico mundial de la posguerra la aceleró en la segunda mitad del siglo. Ahora ambos sistemas tienen la oportunidad de reconectarse, como sistemas.

Si lo manejamos bien, el intercambio científico-técnico (ya no solamente "académico") puede ser beneficioso para ambos pueblos. Será necesario que quienes toman decisiones en Estados Unidos puedan comprenderlo así. Habrá en la próxima década una oportunidad irrepetible de "construir desde cero" y construir bien, aprovechando las complementariedades, aprendiendo de las experiencias diversas de ambas partes, y respetando las diferencias, que siempre existirán. Esas diferencias afloraron desde los primeros intercambios de ideas que ocurrieron en ocasión de la visita a Cuba del presidente Barack Obama en el año 2016. El proceso de normalización que se inició en ese momento en las relaciones entre Cuba y los Estados Unidos hay que interpretarlo como una victoria mayúscula del pueblo revolucionario y socialista cubano, de sus convicciones, de su capacidad de resistencia y sacrificio, de su cultura, de su compromiso ético con la justicia social; así como también como una victoria de la solidaridad con Cuba de América Latina.

Este proceso:

- Se inició en vida de la generación histórica que hizo la Revolución, y fue conducido por líderes de esa misma generación.
- Implicó un reconocimiento de la institucionalidad revolucionaria cubana, reconocimiento que no hubo hacia el Ejército Libertador en 1898, ni hacia el Ejército Rebelde en 1959 (si lo hubo, sin embargo, hacia las dictaduras de Gerardo Machado y Fulgencio Batista).
- Incluyó un reconocimiento explícito de los logros de la Revolución, al menos en educación y salud (que fue lo que se mencionó).
- Incluyó un reconocimiento explícito a la ayuda solidaria de Cuba hacia otros pueblos del mundo, y su aporte a causas nobles tales como la salud mundial, y la eliminación del apartheid en África.
- Incluyó una aceptación explícita de que las decisiones sobre los cambios y los modelos socioeconómicos en Cuba corresponden exclusivamente a los cubanos, que tenemos (hemos ganado) el derecho a organizar nuestra sociedad de manera diferente a como otros lo hacen.
- Implicó la declaración del abandono de la opción militar y la coerción como instrumentos de la política estadounidense hacia Cuba.
- Expresó el reconocimiento del fracaso de las políticas hostiles contra Cuba de las administraciones precedentes, lo que implica (aunque no fuese declarado así) el reconocimiento de resistencia consciente del pueblo cubano, ya que las políticas hostiles solamente fracasan ante las resistencias tenaces.
- Reconoció el sufrimiento que el bloqueo ha causado al pueblo cubano.
- No partió este proceso de concesiones cubanas en uno solo de nuestros principios, ni en los reclamos de cese del bloqueo y devolución del territorio ilegalmente ocupado en Guantánamo.

No creo que haya nadie medianamente lúcido e informado en el mundo que pueda interpretar el restablecimiento de las relaciones diplomáticas y los intentos de normalización en curso como otra cosa que no sea una victoria de Cuba en su diferendo histórico con Estados Unidos. Es esa la única interpretación posible. Pero en las discusiones de ese momento, aun realizadas de manera civilizada y respetuosa, se hicieron evidentes las concepciones divergentes sobre la sociedad humana, evidentes en todo lo que se dijo, y también en lo que se dejó de decir.

Fue muy claro que la dirección principal de la relación de Estados Unidos con Cuba estará en el campo de la economía, y dentro de este, la estrategia principal estadounidense será relacionarse con el sector no estatal y apoyarlo.

Obama fue muy claro también en el discurso y los mensajes simbólicos, en tomar distancia de la economía estatal socialista cubana, como si la propiedad "estatal" significase propiedad de un ente extraño, y no propiedad de todo el pueblo, como es. Realmente en la necesidad de que exista un sector no estatal en la economía cubana no tenemos divergencias con él. De hecho, la expansión del espacio de los cuentapropistas y las cooperativas es parte de la implementación de los Lineamientos surgidos del VI y VII Congresos del Partido Comunista de Cuba. Donde está la divergencia es en el rol que debe tener ese sector no estatal en nuestra economía:

- Ellos lo ven como el componente principal de la economía; nosotros lo vemos como un complemento al componente principal que es la empresa estatal socialista. De hecho, en el momento que se escribe este libro ese sector no estatal, si bien sobrepasa 30 % del empleo, no alcanza a aportar 12 % del PIB, lo que indica su carácter limitado la generación de valor agregado. Para nosotros, la empresa estatal concretiza una forma superior de cultura, porque contiene un concepto superior de la distribución del producto del trabajo.

- Ellos lo hacen equivaler a "la innovación"; nosotros lo vemos como un sector de relativamente bajo valor agregado. La innovación está en la alta tecnología, la ciencia y la técnica, y sus conexiones con la empresa estatal socialista. El espíritu innovador del pueblo cubano se expresó en estos años se expresó de muchas otras maneras, tales como el desarrollo de la biotecnología y sus medicamentos y vacunas, la formación masiva de informáticos en la UCI, la agricultura urbana, la revolución energética y otros muchos logros del Período Especial, nada de lo cual se mencionó en los discursos de nuestros visitantes.
- Ellos ven el emprendimiento privado como algo que "empodera" al pueblo; nosotros lo vemos como algo que empodera a "una parte" del pueblo, y relativamente pequeña. El protagonismo del pueblo está en las empresas estatales, y en nuestro gran sector presupuestado (que incluye la salud, la educación, el deporte, la seguridad ciudadana) que es donde se trabaja realmente para todo el pueblo y donde se genera la mayoría de la riqueza. No se puede aceptar el mensaje implícito de hacer equivaler el sector no estatal con "el pueblo cubano". Eso no fue dicho de esa manera tan brutal, pero se interpreta del discurso de una forma demasiado clara.
- Ellos ven al sector no-estatal como una fuente de desarrollo social; nosotros lo vemos en un rol doble, pues también es una fuente de desigualdades sociales (de lo que ya tenemos evidencias, como ilustran los recientes debates sobre los precios de los alimentos), desigualdades que habrá que controlar con una política fiscal reflejo de nuestros valores.
- Ellos creen en la función dinamizadora de la competencia. Nosotros conocemos su función depredadora y de erosión de la cohesión social, y creemos más en la dinámica que proviene de programas de país.
- Ellos creen en que el mercado distribuye eficientemente la inversión respondiendo a la demanda; nosotros creemos que el mercado no responde a la demanda real sino a la "deman-

da solvente" (la demanda del que puede pagar), y profundiza las desigualdades sociales.

- Ellos se apoyan en la trayectoria de desarrollo empresarial de los Estados Unidos, cuya economía despegó en el siglo XIX. Nosotros sabemos que las realidades de los países subdesarrollados de economía dependiente son otras, especialmente en el siglo XXI, y que el desarrollo económico y científico-técnico no ocurrirá a partir de pequeños emprendimientos privados en competencia, ni intentando reproducir la trayectoria de los países hoy industrializados, con 300 años de diferencia. Sería la receta de la perpetuación del subdesarrollo y la dependencia, con una economía diseñada como apéndice y complemento de la economía norteamericana, cosa que ya ocurrió en el siglo XIX, cuando esa dependencia nos sumió en el monocultivo y cerró el camino de la industrialización. Para entender eso sirve la Historia y por ello no podemos olvidarla.

Emprender el camino de la convivencia civilizada "con nuestras diferencias", implica conocer bien a fondo y por todo el pueblo cubano, dónde es que están esas diferencias, para poder evitar que decisiones puntuales aparentemente racionales ante problemas económicos tácticos, nos puedan llevar a errores estratégicos, y que otros nos empujen a ello, a través de las cosas que se dicen y las que no se dicen. Supimos evitar esos errores en los inicios del periodo especial, ante la desaparición del campo socialista europeo y la marea ideológica neoliberal de la década de 1990. Sabremos hacerlo mejor ahora.

La convivencia civilizada ciertamente nos aleja del riesgo y la barbarie de la guerra (militar y económica), pero no nos exonera de dar la batalla en el plano de las ideas. Las aguas del estrecho de la Florida no deben ser un campo de conflicto bélico, y es muy bueno para todos que así sea, pero esas aguas seguirán separando por mucho tiempo dos concepciones diferentes de la convivencia humana, de la organización de los

hombres para la vida social y el trabajo, y de la distribución de sus frutos. Y también es muy bueno que así sea.

Nuestro ideal de sociedad humana está enraizado en nuestra experiencia histórica y en el alma colectiva de los cubanos, sintetizada magistralmente por el pensamiento de José Martí, quien la definió como una sociedad “[...] con todos y para el bien de todos”.

La creencia básica del capitalismo, incluso en los que así lo creen honestamente, es la construcción de prosperidad material basada en la propiedad privada y la competencia. La nuestra se basa en la creatividad movida por los ideales de equidad y la solidaridad entre las personas, incluidas las generaciones futuras. Nuestro concepto de sociedad es el futuro, y aunque el futuro se demore, atrapado en los condicionamientos objetivos del presente, sigue siendo el futuro por el que hay que luchar. La propiedad privada y la competencia son el pasado, y aunque ese pasado siga existiendo necesariamente dentro del presente, pasado sigue siendo.

José Martí escribió en abril de 1995: “De pensamiento es la guerra mayor que se nos hace: Ganémosla a pensamiento”.¹

¹ J. Martí: “Carta a Benjamín Guerra, abril 1995”, *Obras Completas*, t. 4, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, p. 121.

CAPÍTULO IX EPÍLOGO: LA OSADÍA DE LOS CUBANOS

Este libro se escribió desde su título, para hablar de a “osadía de la ciencia”, pero al analizar la ciencia y sus conexiones en nuestro contexto se hace enseguida evidente que la osadía de la ciencia es parte de una osadía mayor, que está en los contenidos del proyecto de sociedad humana de los cubanos. Quien limite su pensamiento a los fenómenos intrínsecos de la ciencia, podrá hacer contribuciones útiles, pero se pierde lo esencial y más interesante de esta historia. Pongamos la ciencia en su contexto.

Nuestro siglo XXI

La historia de Cuba es una secuencia de colosales osadías. Los jóvenes de hoy deben asumirla porque es de esa historia de la que parten para construir sus vidas. Surgimos como nación en el siglo XIX enfrentados a los intereses de las tres grandes potencias de la época, España, Inglaterra y Estados Unidos, y entre ellos hubo guerras en nuestras costas.¹ Ante esos poderes se alzaba osadamente una isla de menos de dos millones de

¹E. Limia: *Cuba entre tres imperios: perla, llave y antemural*, Ediciones Boloña, Colección Las Raíces, La Habana, 2012.

habitantes que quería ser independiente. Aspirábamos además a que esa batalla fuese una contribución decisiva al "equilibrio del mundo".¹ Así lo escribió Martí en el Manifiesto de Montecristi: "La guerra de independencia de Cuba, nudo del haz de islas donde se ha de cruzar, en el plazo de pocos años, el comercio de los continentes, es suceso de gran alcance humano y servicio oportuno que el heroísmo juicioso de las Antillas presta a la firmeza y trato justo de las naciones americanas y al equilibrio aun vacilante del mundo".

También contenía nuestro proyecto de nación la osadía de una visión diferente de la sociedad, que Martí define en contraposición al entonces admirado proyecto social estadounidense basado en el individualismo, el culto a la riqueza, la competencia y el darwinismo social. Se enfrenta también a las teorías pseudocientíficas sobre las razas, muy extendidas en aquel momento, y propone una conciencia nacional basada en principios éticos compartidos.

La intervención estadounidense de 1898 frustró ese proyecto de nación y lo pospuso 60 años. Luego vino la osadía de 1959: construir el socialismo en contraposición al país que había emergido de la Segunda Guerra Mundial como la mayor potencia económica y militar del mundo, y que no estaba dispuesto a permitirlo. Y construirlo a partir de un país pequeño y sin una base industrial previa, base industrial que se asumía por la teoría marxista como un requisito para la transición al socialismo.

La epopeya del Che Guevara en los años 1960 contenía la osadía de colocar el epicentro de las luchas revolucionarias del mundo en las naciones del sur subdesarrollado, y no primariamente en la clase obrera de los países industrializados, como también reclamaba la teoría del socialismo. La estrategia de desarrollo expuesta en el III Congreso del Partido Comunista

¹J. Martí y M. Gómez: "El Manifiesto de Montecristi, 1895 (El Partido Revolucionario Cubano a Cuba)", en *Obras Escogidas*, t. III, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2002, pp. 511-518.

de Cuba en 1986 contenía también un proyecto osado en el plano económico: alcanzar en pocos años el nivel de desarrollo de los países socialistas de Europa. Contábamos con los aliados del campo socialista para eso, y con las estrategias conjuntas de integración económica. La desaparición de la URSS en 1991 frustró, una vez más, el proyecto. Vino entonces la osadía del Período Especial: defender el proyecto socialista sin alianzas internacionales, y en el preciso momento en que la ideología del capitalismo neoliberal prevalecía de manera casi absoluta en el mundo intelectual y político. Lo hicimos, y como dijo Raúl Castro ante la Asamblea Nacional de diciembre de 2017: "[...] aquí estamos y estaremos, libres, soberanos e independientes".¹

En todos nuestros proyectos nacionales hubo un espacio para la ciencia, y la centralidad de esa función ha ido aumentando con el tiempo. Varela, Luz y Martí en el siglo XIX identificaron la importancia de la ciencia en la educación.

La visión de desarrollo científico de los primeros años de transición al socialismo en la segunda mitad del siglo XX le asignaba a la ciencia una influencia directa en la economía. La estrategia de resistencia en el Período Especial colocaba a la ciencia en el centro mismo de la defensa de la soberanía nacional. El Fórum de Ciencia y Técnica, el CITMA, el Polo Científico de la biotecnología, la revolución energética y la Universidad de Ciencias Informáticas fueron osadías del Período Especial.

Ahora hay que emprender la osadía cubana del siglo XXI y en esta también la ciencia está llamada a asumir funciones muy importantes. Esta vez partimos de la experiencia de más de medio siglo de resistencia y construcción social revolucionaria

¹Discurso pronunciado por el General de Ejército Raúl Castro Ruz, Primer Secretario del Comité Central del Partido Comunista de Cuba y Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros, en la Segunda Sesión Extraordinaria de la Asamblea Nacional del Poder Popular en su VIII Legislatura <http://www.granma.cu/cuba/2017-06-01/texto-integro-del-discurso-pronunciado-por-raul-en-la-segunda-sesion-extraordinaria-de-la-asamblea-nacional-del-poder-popular>

que validan la convicción de que "¡Sí se puede!". Pero partimos también de los daños que nos hizo el Período Especial en muchos aspectos, que incluyen el desarrollo científico: si bien llegamos en 2015 a tener 165 000 graduados universitarios, y un sistema de ciencia y técnica con destacados indicadores tales como 943 doctores y 400 investigadores por millón de habitantes, se produjo a partir de finales de los años 1990 una contracción en la producción de publicaciones científicas y en las solicitudes de patentes, así como una disociación entre el crecimiento del capital humano y el del producto interno bruto. Capital humano y producto interno bruto son dos variables que están fuertemente asociadas cuando se estudian entre diferentes países, pero el punto de Cuba queda siempre fuera de la tendencia, al tener el desarrollo humano de un país desarrollado conjuntamente con el producto de la economía de un país subdesarrollado. Esta disociación que es esencialmente un resultado de la obra educacional de la Revolución, puede ser y debe ser una fuerza de desarrollo si logramos conectar eficazmente ese capital humano con la producción de bienes y servicios de alto valor agregado; pero también pudiera convertirse en una fuerza impulsora de emigración de fuerza de trabajo calificada, si no logramos implementar bien esa conexión de la ciencia con la economía.

La salida del periodo especial no ha sido un retorno a los años 1980. Salimos a un mundo diferente, y no solo por la desaparición del campo socialista. El paisaje económico mundial ha sido reconfigurado de manera irreversible por dos fuerzas: el desarrollo científico-técnico y la globalización. Ahora no podemos trazarnos, como proponía la CEPAL e intentamos en los 1960, una industrialización dirigida a la demanda doméstica para la sustitución de importaciones. La tecnología hace hoy posibles grandes escalas de producción, que serían ineficientes si estuviesen dirigidas a mercados pequeños. Hay que "producir para el mundo". Son las operaciones productivas de gran escala las que permiten subsumir los costos fijos, en equipamiento,

investigaciones, desarrollo de productos y sistemas de calidad, consustanciales a la alta tecnología.

El éxito económico de las naciones, especialmente de las pequeñas, depende hoy más que nunca de su capacidad de insertarse en los flujos globales de productos, servicios y conocimientos.

¿Cómo haremos esto los cubanos? Iniciamos la construcción del socialismo con la idea de que los recursos expropiados a la burguesía podrían financiar el desarrollo. Pero no han sido suficientes: en un país subdesarrollado la revolución en el poder tiene poco que redistribuir. En las primeras décadas creamos infraestructura y capital humano, pero no se llegó a construir un parque industrial, y lo que construimos con la ayuda del campo socialista se hizo obsoleto en el Período Especial. Ahora hay que retomar el desarrollo en el nuevo contexto. No contamos con abundantes recursos naturales, especialmente energéticos, instrumento principal de inserción económica mundial de los países que los tienen. No tenemos grandes extensiones de tierra fértil para pensar en exportaciones de productos primarios del agro. El turismo funciona, y crece, pero no es suficiente, y, sin un desarrollo simultáneo de otros sectores que permitan encadenamientos productivos, su margen de rentabilidad sería limitado.

Sin una demanda doméstica grande que atraiga inversiones, y sin grandes recursos naturales, nuestra palanca de desarrollo no puede ser otra que la ciencia y la técnica: productos y servicios de alto valor agregado, novedosos y diferenciados, e inserción en la economía mundial a través de éstos.

Podemos hacerlo porque tenemos el capital humano, el desarrollo social y la institucionalidad socialista, que son los instrumentos para la tarea. El periodo especial ciertamente los erosionó, pero sus capacidades esenciales siguen ahí. El reto es saber utilizarlas bien y rápido.

La experiencia histórica del pueblo cubano en estos 60 años de Revolución ha sido excelente en la transformación de escasos

recursos económicos en desarrollo social. Pero no hemos sido igualmente eficaces en el lazo reverso, es decir, en convertir el capital humano y el desarrollo social conquistados, en capacidades ampliadas de producción material. Esa es la tarea ahora. Ahí están los dos retos principales de la economía cubana: **cómo insertarnos en la economía mundial, aun careciendo de recursos naturales**, y como convertir el capital humano y el desarrollo social construidos por la Revolución, en motor de desarrollo económico, no solo en consecuencia distal del crecimiento de la economía. La centralidad de la ciencia en estos retos es la tesis principal de este libro. La rápida transición a la rentabilidad que tuvo el sector farmacéutico y de la biotecnología, hoy convertido en uno de los principales renglones de exportación material, prueba que esto se puede lograr.

Pero la osadía es enorme: Implica nada menos que la aspiración de saltarnos la etapa de la economía industrial, que no tuvimos, y transitar directamente a una economía "postindustrial" basada en el uso intensivo de la ciencia y la técnica. Si lo logramos, implicaría también ahorrarnos los grandes costos humanos (mano de obra de bajos salarios) y el deterioro ambiental que la industrialización del siglo xix impuso en Europa y Norteamérica, y en el siglo xx en Asia y América Latina, y transitar a un sistema productivo limpio y de productos y servicios de alto valor añadido producidos por trabajadores de elevada calificación. Parece un reto colosal, y lo es; pero otros de similar o mayor tamaño hemos enfrentado.

La encrucijada económica de los cubanos

La Revolución Cubana marcó un hito en la historia, no solo de los cubanos, sino de América Latina y del llamado Tercer Mundo. Diversos procesos políticos se declaran inspirados en su ejemplo, que demostró que es posible conquistar soberanía, equidad social y desarrollo humano, y resistir a la inevitable

hostilidad de los ricos ante todo intento emancipador de los pobres. Rompió los límites de lo posible.

No se puede separar ningún intento de análisis de la realidad cubana de hoy, de la coyuntura histórica en que el pueblo tomó en sus manos el poder político. Era la época de mayor consolidación del experimento socialista en la URSS (simbolizado por el hombre en el cosmos, en 1961), la época de la guerra fría, de la descolonización de África, del ascenso del Tercer Mundo a una posición central en la política mundial y una época de dictaduras en América Latina.

La ciencia fue un arma esencial en el enfrentamiento entre URSS y Estados Unidos durante la Guerra Fría. No lo ha sido todavía en las luchas del mundo subdesarrollado. Este es un tema en el que la experiencia cubana tiene mucho que aportar. La Revolución Cubana asumió su rol histórico con impactos indelebles en América Latina y África. Pero ahora tenemos nuevas tareas, que quedarán en manos de las nuevas generaciones de cubanos. El núcleo central de las tareas actuales está en los nexos entre desarrollo humano y desarrollo económico, y la ciencia es la principal herramienta con la que se construyen esos nexos.

Para cualquier ciudadano del mundo hoy, informado y consciente, es evidente el carácter injusto e inhumano del sistema de relaciones que ha impuesto el capitalismo neoliberal, y los absurdos que genera a favor de las élites económicas del mundo; pero la fuerza de una revolución no radica solamente en la imprescindible y evidente moralidad de la denuncia del estatus quo, sino que requiere, además, la viabilidad de las alternativas propuestas. Una vez conquistado y bien defendido el poder del pueblo, el carácter revolucionario radica cada vez más en las alternativas propuestas.

Las justas y exitosas estrategias de construir desarrollo humano a partir de la redistribución de la riqueza expropiada a la burguesía en la década de 1960 y luego a partir de la gestión de las relaciones económicas con el bloque socialista europeo,

cumplieron su ciclo histórico y hoy están agotadas. Lo único viable hoy es ser capaces de armar un círculo virtuoso para la construcción de desarrollo económico a partir del desarrollo humano, y viceversa. La Revolución Cubana debe otra vez demostrar que puede ser original y romper los límites de lo posible.

La preservación de los valores del socialismo no puede ser solamente un imperativo moral ante el cual hay que sacrificar la eficiencia económica: hay que encontrar la manera de que esos valores se conviertan ellos mismos en palanca de eficiencia económica.

América Latina hoy vivió un despliegue de movimientos populares y gobiernos de izquierda, los cuales se identificaron, con diversas especificidades, con la idea del socialismo del siglo XXI. La batalla principal, para todos, se dará en el campo de la economía, ante el reto de poner en primer plano el desarrollo humano y la equidad; y lograr al mismo tiempo un desarrollo acelerado de la producción material sin sacrificar la cultura y el medio ambiente. Y esto hay que hacerlo en el contexto de una economía mundial interdependiente que, después de disipada la ilusión socialdemócrata de la postguerra, ha retomado el camino de la expansión sin límites de las desigualdades.

En esa batalla los cubanos tenemos desafíos y oportunidades muy especiales, y mucho que decir. Esas especificidades, que derivan de nuestra trayectoria histórica, nos asignan tareas diferentes a las que pueden emprender otros procesos revolucionarios. En Cuba estamos emprendiendo esta etapa revolucionaria (pues también tiene que serlo):

- Buscando el balance adecuado entre gestión estatal y no-estatal, pero a partir de un predominio ya consolidado del sector estatal. Otros países tienen que recorrer el camino inverso.
- Sin una burguesía interna que obstaculice el proceso y reclame poder político.

- Con un consenso social mayoritario, construido por la generación histórica de la Revolución.
- Con una riqueza de capital humano, fruto de medio siglo de construcción socialista.

Podemos hacer cosas que otros no pueden; y ello amplía nuestro espacio de posibilidades. También tenemos limitaciones y riesgos particulares que reducen nuestro espacio de opciones, principalmente las derivadas de 60 años de bloqueo económico y la cercanía geopolítica a Estados Unidos. Ese es nuestro contexto y en él tenemos que diseñar y escoger bien las estrategias. Es nuestra encrucijada.

Las ecuaciones sociales

Las políticas que decidamos implementar tienen que ser muy creativas y no estarán exentas de riesgos. Cuando se nos hacen evidentes las indisciplinas, improvisaciones y descontroles que también tenemos, algunos compañeros se refugian en la tesis de “cumplir lo que está establecido”, e implementar más controles, pero la verdad es que lo que hay que hacer para que un país pequeño, subdesarrollado, y sin recursos naturales, y en la vecindad de una potencia hostil, transite directamente a una economía socialista basada en el conocimiento, se inserte en los flujos mundiales de comercio y finanzas, y logre defender un sistema social más justo y diferente, es algo que no está “establecido” ni escrito en ninguna parte. Hay que asumir exploraciones y experimentos que tendrán una determinada probabilidad de éxito, que esperamos sea elevada, pero que nunca será 100 %, entre otras cosas porque depende de coyunturas externas, positivas o negativas, que están fuera de nuestro control. Y aunque la exploración de opciones entrañe riesgo, el riesgo mayor estará siempre en la inmovilidad y la rutina.

Otros reclaman mayor dinámica en las reformas que abren espacio al sector no estatal en la economía. Están equivocados.

El dinamismo y la necesaria disposición a asumir riesgos, no están en los espacios del sector privado: están en la dinámica de desarrollo de la empresa estatal socialista y en sus conexiones con el sector externo. Tener empresarios disciplinados es necesario, pero no es suficiente: lo que más necesitamos son empresarios creadores. Y me refiero aquí a empresarios socialistas, directivos de las empresas estatales que despliegan su capacidad de trabajo y sacrificio en nombre del pueblo y en función del pueblo.

No es posible ser audaz y visionario en los objetivos, y al mismo tiempo conservador y rígido en los procedimientos. "Revolución es sentido del momento histórico, es cambiar todo lo que debe ser cambiado" nos dijo Fidel en el año 2000 como concepto necesario para entrar en el siglo XXI.¹

Al escoger los caminos, a través de los muy diversos problemas concretos y decisiones posibles que surgen cada día, se expresan tres "ecuaciones sociales" subyacentes:

- ¿Cuál es el balance adecuado entre eficiencia económica e igualdad social?
- ¿Cuál es el balance adecuado entre centralización y flexibilidad adaptativa?
- ¿Cuál es el balance adecuado entre gradualidad y urgencias?

Los cubanos nos situamos con nuestras actitudes ante cada problema concreto, en uno u otro extremo de estas polarizaciones, o en el elusivo justo medio. El camino que tomemos en estas encrucijadas dibujará nuestro futuro.

Esquemas de gestión no-estatal, cooperativas, trabajo por cuenta propia, apertura a las remesas, pago por resultados en las empresas estatales, y otras, son medidas necesarias que

¹F. Castro: Discurso en la tribuna abierta de la juventud, los estudiantes y los trabajadores por el día internacional de los trabajadores, en la plaza de la revolución, el primero de mayo de 2000. <http://www.cuba.cu/gobierno/discursos/2000/esp/f010500e.html>

apuntan al incremento de la productividad del trabajo; pero amplían las desigualdades en los ingresos. El nivel de equidad social en Cuba todavía es superior al que obtienen otros procesos sociales, incluso procesos sociales revolucionarios. Pero finalmente ¿habrá que escoger entre eficiencia con desigualdades o justicia social con carencias materiales?

¿Habrá que escoger entre la planificación rígida que sacrifica la creatividad en aras del ahorro a corto plazo, y la descentralización amplia de la gestión permite explorar alternativas de crecimiento pero que a su vez abre espacios para el despilfarro y la corrupción?

La buena noticia es que esas dicotomías pueden ser superadas. Son falsas disyuntivas, pues el balance está mediado por la cultura; en su más amplio sentido, ético, y jurídico, y especialmente por el desarrollo científico y tecnológico.

Someternos a la tiranía de esas disyuntivas sería consecuencia de una visión escéptica de nuestra cultura.

Europa y Norteamérica construyeron prosperidad material utilizando y generando enormes desigualdades sociales, dentro y entre países. Los que emprendemos en el siglo XXI el camino del desarrollo económico no tenemos esa opción. Tampoco la queremos. Podemos construir prosperidad material a partir de la justicia social, el acceso masivo al conocimiento, y la cultura. El problema económico que a diario discutimos es esencialmente un desafío cultural para los cubanos.

Es la cultura la que nos permite crecer en motivación por el trabajo y productividad sin necesidad de basarla solo en incentivos económicos generadores de desigualdades, y la que nos permite ampliar el espacio de la gestión descentralizada y la inserción en la economía mundial, logrando al mismo tiempo que esas atribuciones sean utilizadas siempre en función de nobles fines sociales.

El problema no es nuevo. Veamos este texto: "La parte menos importante de la cuestión es que hagamos inofensivos a los explotadores y los despojemos. Esto es preciso hacerlo... La

segunda parte del triunfo es saber realizar en la práctica todo lo que hay que hacer en la cuestión económica [...] Hemos obtenido del pueblo una prórroga y el crédito gracias a nuestra política justa, pero no están indicados los plazos en ella [...] O salimos vencedores de esta prueba de emulación con el capital privado, o será un fracaso completo".¹

No fue escrito hoy: son fragmentos de un informe presentado por Lenin al XI Congreso del Partido Comunista de Rusia en 1922. Muestra que la economía está siempre en el centro de la batalla de los revolucionarios una vez alcanzado el poder político. Nos enseña que los revolucionarios siempre han tenido plazos para lograr el éxito.

Finalmente es la cultura: ética, jurídica y técnica, la que determina la velocidad de avance. Los balances óptimos y posibles entre eficiencia y equidad, entre centralización y flexibilidad, entre gradualidad y urgencia, están determinados también por el nivel de desarrollo de las fuerzas productivas. En las zonas de nuestra economía donde han ido germinando organizaciones productivas directamente conectadas con la ciencia y la técnica, y con la demanda externa de productos y servicios de alta tecnología, tenemos un espacio para experimentar opciones concretas de motivación y productividad sin grandes desigualdades, autonomía de gestión empresarial sin descontrol ni corrupción, evolución acelerada sin prisas irresponsables. Hay que intentarlo. Los éxitos que logremos, y las enseñanzas de los errores, se irán transmitiendo por múltiples vías al resto del tejido empresarial cubano; y contribuirán a darle fisonomía al "país posible" que queremos construir.

¿En qué medida lo podremos hacer? El espacio de lo posible dependerá de la cultura y los valores construidos durante décadas por la experiencia histórica del Pueblo Cubano, y de la siembra de conocimientos. Los tenemos en cantidad suficiente para seguir avanzando y sembrando nuestros mensajes en el mundo.

¹V. I. Lenin: Informe político del Comité Central del PC de Rusia, presentado al XI Congreso del Partido, marzo 1922.

Hacia una cultura de pensamiento científico

Las grandes tareas de las sociedades humanas se acometen a partir de la cultura y la organización social. La cultura determina en cada momento el espacio de lo posible. La organización social conquista dicho espacio y lo utiliza en función de los objetivos de cada período, transformando en realidades las potencialidades que provienen de la cultura.

Pero la cultura es lo primero y en el tema que tratamos aquí, quiere decir cultura de pensamiento científico: la integración del pensamiento científico en nuestra capacidad de codificar simbólicamente las experiencias humanas y trasmitirlas socialmente a las futuras generaciones.

La ciencia en su dimensión cultural no son grandes laboratorios con equipos complicados y lenguaje sofisticado, sino una manera especial de pensar y organizar el pensamiento. Es una práctica humana encaminada intencionalmente a producir conocimiento nuevo. Es el método científico de pensamiento, el cual es relativamente independiente de la complejidad de los instrumentos con los que se obtienen los datos. La capacidad de predicción es su sello distintivo y es a través de sus predicciones que las teorías científicas son sometidas a verificación y crítica. De este método de pensamiento pueden (y deben) apropiarse todas las personas, y la profundidad con la que éste penetra en el tejido social es uno de los rasgos distintivos de una cultura nacional.

La cultura es esencialmente la manera en que una sociedad aprehende la realidad, la interpreta, convierte en conductas y objetivos colectivos, transmitiéndolos a las generaciones futuras. Se hace con muchos instrumentos intelectuales de construcción de significados: las tradiciones, la educación, el arte, la historia. La ciencia es uno de ellos. Esto hay que destacarlo cada vez que hablemos de "cultura nacional".

Vamos a necesitar una sociedad (no una u otra institución especializada, sino toda una sociedad) capaz de armarse con una cultura científica. Mucho hemos avanzado por este camino en los

58 años transcurridos desde que Fidel expresó en 1960 su visión de un futuro de hombres de ciencia para Cuba. Nos falta por hacer. Nuestro sistema educacional y medios de comunicación masiva, ambos de amplia cobertura en función de los objetivos de la sociedad, tienen que asumir esta tarea y diseñar sus estrategias.

El eje central de esas estrategias es la construcción de conexiones entre el capital humano y la economía. La formación masiva de capital humano muy calificado, pero sin conexiones suficientes con la economía no es fuente de desarrollo, es fuente de emigración.

La tarea es construir y reforzar esas conexiones entre educación, ciencia y valor añadido de la economía, y también reforzar las conexiones de la economía con la demanda externa, que es donde se puede realizar el valor de lo que hacemos.

Este es el nudo del problema. Tomar conciencia de ello es trascendental, pero es solamente el primer paso. El paso siguiente es construir procedimientos para estas conexiones; es decir, habilitar al sistema de ciencia y tecnología para cumplir esta tarea. Ello implica, entre otras cosas:

- Crear incentivos para que las empresas asimilen la ciencia y la técnica de manera más eficaz
- Construir un contexto regulatorio que permita a las empresas explorar nuevas opciones tecnológicas y comerciales, especialmente de cara al sector externo de la economía
- Identificar las particularidades de las Empresas de Alta Tecnología y los requerimientos regulatorios específicos de estas.
- Incrementar la dinámica de surgimiento de Empresas de Alta Tecnología nuevas, a partir de colectivos que hayan madurado en el sector presupuestado y diseñar los mecanismos que faciliten este proceso
- Incrementar el financiamiento de la ciencia en el sector presupuestado, especialmente en las universidades
- Construir procedimientos e incentivos para reforzar los vínculos entre las empresas y las universidades, en el espacio nacional y también en el desarrollo local.

- Reforzar la enseñanza del método científico en todos los espacios del sistema educacional
- Disponer de un sistema de indicadores que midan el desarrollo científico y su impacto en la sociedad, y convertirlo en un tema permanente de debate amplio y rendición de cuentas, en los medios de comunicación y en los órganos de gobierno.

La ciencia no es un lujo

En su discurso al inaugurar el Centro de Inmunología Molecular el 5 de diciembre de 1994 Fidel Castro dijo: "Es un orgullo en pleno periodo especial inaugurar este Centro que **no es un lujo**, es una promesa de salud para nuestro pueblo y es una promesa de ingresos para nuestra economía". Lo dijo con un énfasis muy evidente, y lo escuchamos muy de cerca.

Esa advertencia enfática nos hacía ver que existían (y aún existen) compañeros que piensan que la ciencia es un lujo, un gasto improductivo, o al menos no inmediatamente productivo, que solo pueden permitirse las sociedades opulentas del norte, o los diletantes del sur; o quizás algo relacionado con un distante futuro de lo que podemos ocuparnos "después".

Se les puede comprender: son muchos de ellos buenos cuadros, empeñados en defender la Revolución y en hacerle frente con gran esfuerzo, a las presiones económicas de la vida cotidiana. Las urgencias económicas llevan a algunos (por suerte para Cuba, no a sus grandes líderes) a desarrollar una visión de corto plazo. Siempre hemos vivido bajo presiones económicas urgentes, primero por la economía dependiente, y pobre que heredamos del capitalismo periférico, a lo que se sumó luego el feroz bloqueo estadounidense contra Cuba, después la desaparición de la URSS y el Período Especial, y finalmente las tendencias actuales de la globalización neoliberal. Pocos países han vivido bajo presiones económicas de tal magnitud y duración. Y como dicen los compañeros con visión cortoplacista, para tener un futuro, primero hay que trabajar para llegar hasta ese

futuro. Se les puede comprender, pero esa comprensión no nos exonera de decir que están equivocados, y de explicar por qué.

Y he aquí algunas razones, dichas de manera muy directa, sin matices, precisamente con el objetivo de motivar el debate:

- 1. No hay desarrollo económico posible sin inserción de la ciencia en la economía, no en nichos de excelencia, sino en toda la economía.** En el mundo de hoy la producción de prácticamente cualquier cosa tiene un contenido de conocimientos y tecnología grande y creciente. Un componente esencial del desarrollo es el "valor agregado" de las producciones, es decir, la diferencia entre el valor de los insumos materiales y el valor final de lo producido. Esa diferencia la crea el trabajo, pero la función transformadora del trabajo depende cada vez más de los conocimientos y las tecnologías. Ningún país se desarrolla hoy produciendo mucho, con mucha gente y mucho esfuerzo, pero con escaso valor añadido.
- 2. Sin capacidad científica no habría tampoco capacidad de asimilar tecnologías foráneas.** La capacidad de utilizar el conocimiento y asimilar tecnologías de origen externo está cada vez más vinculada a la capacidad de generar conocimientos y tecnologías propios. No estamos ya en el siglo xx. El reforzamiento de las conexiones de la ciencia con otros procesos económicos y sociales contiene fenómenos relativamente nuevos, difíciles de comprender con los esquemas mentales del pensamiento económico clásico. En este siglo xxi las tecnologías cambian mucho y rápido. Es la práctica de producir conocimiento nuevo (y esto es "la ciencia") lo que habilita a una sociedad para interpretar, adaptar, mejorar y asimilar el conocimiento que se genera en otros países.
- 3. Como país pequeño que somos, nuestra eficiencia económica depende de nuestra capacidad de insertarnos en la economía mundial, y eso solamente es posible con las palancas de la ciencia y la técnica. Es parte integrante de la defensa de la soberanía nacional.** La palanca principal

del crecimiento económico para Cuba no puede ser el tamaño de la demanda interna, como lo es para China, pues somos solamente 11 millones de cubanos. Tiene que ser nuestra inserción en la economía mundial; y esto no lo podemos hacer, como lo hacen los países petroleros, por ejemplo, con recursos naturales que nosotros no poseemos. Nuestra inserción en las cadenas productivas transnacionales, y en los flujos mundiales de bienes, servicios y capitales habrá que lograrla con las palancas de la ciencia y la técnica. Producir bienes de alto contenido tecnológico y valor añadido no es rentable (con escasas excepciones) para la demanda interna de 11 millones de habitantes, por los altos costos fijos y de capital que tienen estas producciones. La disyuntiva es clara: o creamos capacidades para exportar, o producimos bienes y servicios de escaso valor.

- 4. Sin una economía técnicamente desarrollada no es posible el socialismo.** Esta cuarta razón ha estado menos presente en nuestros debates, pero es imprescindible traerla al centro. Necesitamos ciencia y tecnología no solamente para desarrollarnos, sino también para que ese desarrollo sea socialista. El socialismo es una consecuencia objetiva del desarrollo de las fuerzas productivas. No era viable con las fuerzas productivas del siglo xix, a pesar de la superioridad moral de la distribución socialista. Son las fuerzas productivas técnicamente avanzadas las que hacen imprescindible la socialización de la producción; y las que obtienen ventaja comparativa del contexto de educación, cultura y equidad social que solo puede provenir de la inversión presupuestada del estado socialista. Son las fuerzas productivas técnicamente avanzadas las que hacen inviable que sea el mercado la forma principal de relaciones entre las personas.

Una economía "de chinchales" enlazados por las fuerzas del mercado no sería solamente una economía más pobre, sino también menos soberana, y menos socialista. Por eso tenemos

que cuidar la ciencia, como cuidamos la salud, la educación y la cultura: siempre están en riesgo en períodos de dificultades económicas, porque la "racionalidad de mercado" no protege el largo plazo. Por eso tenemos que cuidar los recursos humanos que nuestro país ha creado en 6 décadas de inversión social. Tenemos actualmente la tasa más elevada de América Latina de doctores en ciencias con respecto a la población y necesitamos que esa fuerza pueda desplegar todas sus potencialidades.

Entonces el redespigue de la actividad científica y de la inversión en ciencia ciertamente e inevitablemente dañadas por el Período Especial y por el bloqueo, no es un lujo sino una urgencia. Tampoco es "teoría": la centralidad de la ciencia para la construcción del socialismo próspero y sostenible a que aspiramos tiene que reflejarse en el componente de ciencia y técnica de nuestros presupuestos anuales, y también en la estructura de costos de nuestras empresas; y gestionarse con instrumentos jurídicos y procedimientos concretos que incentiven, además de la producción eficiente de bienes y servicios, la producción eficiente de conocimiento autóctono, y sus conexiones con la economía y con el sistema educacional. Y no se puede evaluar el proceso con anécdotas. Los indicadores duros de porcentaje del PIB invertido en ciencia, producción de patentes y publicaciones científicas, formación de doctores, componente tecnológico de las exportaciones y otros, tienen que moverse. Y el Estado Socialista tiene que garantizar la direccionalidad del esfuerzo científico para que este respalde los objetivos y ejes estratégicos de nuestro desarrollo social y económico, que aprobamos en el VII Congreso del Partido.

La buena noticia es que lo podemos hacer. Habrá que discutir mucho (y rápido) sobre los métodos concretos, y requerirá nuevas osadías, pero lo podemos hacer, y el Pueblo lo sabe.

También lo saben muchos en el mundo que han seguido durante décadas las osadías del pueblo cubano, y se preguntan con una mezcla de incertidumbre y esperanzas como es que vamos a afrontar los desafíos del siglo XXI. No les vamos a fallar.

A pesar de los emigrados geográficos y los emigrados mentales que andan por ahí, la masa grande y limpia de jóvenes científicos competentes, comprometidos con Cuba y motivados por su proyecto socialista, está presente, reclamando su puesto en la batalla. Y no son pocos.

Ellos responderán al esfuerzo social en ciencia con sus propios esfuerzos personales, como debe ser cuando se comprende que uno está implicado en las tareas grandes de la patria. En la trayectoria histórica de la Nación Cubana, la ciencia nunca fue un lujo, fue un combatiente. Eso nos dijo José Martí: "[...] la razón, si quiere guiar, tienen que entrar en la caballería".¹

¹J. Martí: "Discurso del 10 de Octubre de 1990", *Obras Completas*, t. 4, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, p. 252.



EMPRESA DE PERIÓDICOS

Impreso en la UEB Gráfica de Holguín

Tirada 6 000 ejemplares

Octubre de 2018

La osadía de la ciencia es el título que complementa y cierra la trilogía *La economía del conocimiento y el socialismo* y *La economía del conocimiento y el socialismo. Preguntas y respuestas*, del Dr. Agustín Lage Dávila (La Habana, 1949). En esta entrega trata la ciencia en sus múltiples enclaves, de manera didáctica y motivadora, así como su rol en el futuro de la Revolución y la sociedad cubanas, á partir de su amplia experiencia y la estirpe martiana que desde la niñez no ha dejado de enriquecerle. No faltan, por supuesto, el pensamiento y la obra de Fidel Castro Ruz, que el autor tuvo el privilegio de compartir y llevar a la práctica, en el campo de la biotecnología y la industria farmacéutica. Sin dudas, páginas estas necesarias, para público especializado o no, cuando el país se apresta a la actualización de su modelo económico y a una reforma constitucional en la cual la ciencia seguramente ocupará un lugar importante.



ISBN 978-959-270-398-8



9 789592 703988