

Perspectivas de la ciencia y la tecnología en los próximos treinta años*

Prof. MIRCEA MALITA

Un amplio debate se desarrolla actualmente y se refiere a una problemática que preocupa en gran medida a todos los países sin excepción. La lista, cada vez más larga de arduos títulos, incluye la alimentación, la energía, la población, los recursos naturales, el desarrollo y el medio ambiente.

Es lógico agregar la ciencia y la tecnología a estos temas globales, susceptibles de originar cooperación, dado que aquéllas, con su inmenso potencial, constituyen la fuente de tantas esperanzas en la solución de los problemas vitales de la humanidad.

Tres temas están a la orden del día cada vez que se discute acerca del futuro de la ciencia. En primer lugar, saber lo que aportará de nuevo, de sensacional, o de milagroso. En segundo lugar, establecer cómo contribuirá a eliminar la pobreza (considerada como una escasez de bienes, combinada con una repartición inadecuada de esos mismos bienes). Por último, ver cómo nos ayudará a clasificar nuestro juicio, a enriquecerlo con nuevos conceptos y a reforzarlo, poniendo a su disposición métodos de investigación más eficaces.

*Intervención en la mesa redonda del Congreso Internacional de Cibernética y de Sistemas (Bucarest, 1975). (Traducido de UNESCO para *Atenea*, en el Instituto de Lenguas de la Universidad de Concepción).

Dejaré de lado, a propósito, otros temas que son igualmente cautivantes (a fin de cuentas, escoger significa renunciar): la transformación de la ciencia bélica actual para ponerla al servicio de fines pacíficos; el desarrollo; la significación ética de la ciencia, que hoy en día es puesta en tela de juicio de un modo tan vehemente; la orientación y la organización de la ciencia; su lugar en la sociedad (por ejemplo su enfoque cuando se trata de tomar decisiones); la relación, en permanente controversia, entre ciencia y tecnología; un posible inventario de los descubrimientos futuros y su escalonamiento probable en el tiempo.

Me propongo efectuar una breve incursión en el dominio de la ciencia, considerada en primer lugar como un “universo de milagros”, luego como “un universo de soluciones” y por último, podríamos detenernos un momento en la función de la ciencia como “fuente de conceptos”.

LA CIENCIA, UNIVERSO DE LOS MILAGROS

En el transcurso de los últimos treinta años, la ciencia ha realizado descubrimientos sensacionales que sobrepasan los más audaces proyectos, considerados imposibles en los albores de nuestro siglo. ¿Habría acaso algo más fantástico que observar en una pantalla, en su propia casa, la imagen de uno de nuestros semejantes poniendo su pie en la Luna? Así como los niños que reciben nuevos juguetes, los hombres pronto se acostumbraron a todo lo que les ha ofrecido la tecnología. Esta amplió en ellos tanto las percepciones así como la impresión del poder. En este período, ciencia y tecnología han batido todos los récords. Ha sido una era de realizaciones gigantescas. La más alta velocidad, la mayor altitud, el mejor sonido “hi-fi”, la explosión más potente, la mayor cantidad de datos, las operaciones más rápidas, las imágenes más claras, así como otras performances de la ciencia dan cuenta del “pathos” cuantitativo del máximo. Esta obsesión por batir récords nos hace pensar en las competencias de la juventud que no sirven necesariamente una causa útil o importante, pero revelan ser, sin duda, estimuladoras. Si consideramos las cosas más atentamente, veremos que los progresos de la ciencia contemporánea suponen tendencias hacia máximos (o mínimos) que son óptimos unidimensionales, unilineales.

Después de esta actividad pletórica de éxitos, podemos esperar una era de óptimos con criterios múltiples. La ciencia entrará en una etapa

de realizaciones cualitativas que no se expresarán forzosamente en superlativos. Pienso que el simple descubrimiento de un diafragma poroso, permeable al aire pero impermeable al agua (para colocarlo sobre el rostro de un nadador) será tan cautivante como un enorme ciclotrón. Debemos esperar que las maravillas de la ciencia sean menos impresionantes y sensacionales, parezcan más simples y más modestas.

Examinemos ahora a qué escala opera la ciencia. Hasta ahora, ha operado, por una parte, a escala macrofísica, estudiando el movimiento por medio de la mecánica. La física, por otra parte, ciencia predominante en nuestra época, nos introduce en el microcosmos, explorando el átomo y sus recursos. La química moderna es macrocelular. La astrofísica ha escogido el espacio cósmico como campo de su investigación. La ciencia de una sola realidad, como la biología, con la investigación de la célula, no pudo mantener el ritmo. Es conocido el viejo cuento de un pintor chino que trató durante toda una vida de representar una brizna de pasto y que, al cabo de largos años, logró dibujar una que parecía mecida por la brisa. Es posible que en los próximos treinta años la ciencia decida tomar como tema predominante y como símbolo fundamental la brizna de hierba.

Es muy posible que la ciencia vierta todos los conocimientos derivados del estudio de los macro y micro-sistemas inanimados al esfuerzo por comprender este gran misterio omnipresente: la conversión por fotosíntesis de la energía solar en clorofila, en esa materia orgánica básica en el ciclo de la energía, del cual también formamos parte como seres humanos. Cuando comemos un bistec, consumimos sol. Cuando vamos en automóvil, utilizamos combustible de origen biológico, solar por lo tanto. La agricultura representa, en suma, una industria solar¹. (No quisiera en modo alguno que se crea que mi entusiasmo por el sol se deba a demasiada exposición en el litoral del Mar Negro, donde sólo pasé algunos días, aunque no queda excluido que toda esa humedad desnuda y feliz que allí pude ver me haya inspirado). Después de muchos desvíos planeando día tras día sobre nuestras cabezas, la ciencia tendrá que llegar a su tema esencial, a su tema predominante, que toca la fuente misma de la vida. Evidentemente, no podrá ser mediante burdos mecanismos, del tipo de los espejos de Arquímedes, como podremos captar y dominar la energía solar, con un mayor nivel de

¹Debemos recordar que el sol proporciona cada día (10 horas de luz) sin costo alguno, una cantidad de energía equivalente a 10 toneladas de petróleo, esto por cada hectárea de terreno.

eficiencia. La instalación adecuada para transformarla habrá de ser como la brizna de pasto del pintor chino.

De igual forma que la naturaleza misma, la biología, ciencia que ocupará un lugar primordial en el curso de los próximos decenios, se interesa en cosas pequeñas. La física y la química se caracterizan por las instalaciones colosales, que consumen enormes cantidades de energía y de materias primas, con efectos difíciles de evaluar sobre el medio urbano. La biología en cambio, es una ciencia de preferencias más bien "mini" que "maxi"².

Las aplicaciones prácticas en materia de energía, producción industrial, creación de nuevos materiales y síntesis biológicas necesitarán cantidades razonables de energía y materias primas y no devastarán el medio ambiente dañándolo de manera irremediable. El conocimiento de las enzimas y de los fermentos tiene, para la producción humana, una reserva todavía intacta. Esto es, al parecer, lo que nuestra sociedad necesita. La defensa en favor de la biología está tanto más justificada, cuanto que estamos participando en un congreso de cibernética y de sistemas.

Los computadores han alcanzado, en su desarrollo, una etapa en la cual todo progreso exige, para continuar, la contribución obligatoria de la biología. Las investigaciones sobre el cerebro son consideradas con mayor interés, hoy día, por la industria de computadores que por la medicina humana. Estas son unas condiciones para avanzar en la comunicación directa hombre-máquina que, según ciertas opiniones, se impondrá en el curso de los próximos decenios, como un descubrimiento propio del nuevo estilo científico, menos ruidoso, menos espectacular que las raquetas y que implica un menor despilfarro que los numerosos productos del actual tipo de tecnología.

LA CIENCIA, CAMPO DE LAS SOLUCIONES

La realidad de nuestros días, con una humanidad que, a pesar de los progresos de la ciencia, goza de manera tan desigual de su potencial, por estar dividida por abismos en lo que se refiere a la alimentación, a la

²En colaboración con la planta, las bacterias extraen el nitrógeno del aire y lo transforman en sustancia nutritiva para la planta: mediante este proceso, las bacterias producen 175 millones de toneladas de nitrógeno, cuatro veces la cantidad de nitrógeno que el hombre proporciona por vía sintética.

tecnología, a la educación, al poderío y a los conocimientos³, ubica en primer plano a la ciencia como panacea. Dejando de lado por el momento, la ciencia orientada hacia las diferentes disciplinas, vamos a examinar, en cambio, la ciencia que resuelve los problemas. Así como lo ha afirmado el director Fawcett, del Instituto Batelle, las materias son de una evidencia absoluta: asegurar una cantidad de alimento y de recursos en materias primas y en energía con el fin de satisfacer un mínimo de necesidades vitales de todos los hombres y de mantener los equilibrios fundamentales de la tierra: nuestra nave cósmica.

Las exigencias van más allá: una vez aseguradas estas cosas, la racionalidad y la eficacia de la ciencia no podrían detenerse tanto como sería necesario para lograr alejar las expresiones más dolorosas y más absurdas del despilfarro, de la irracionalidad y de la iniquidad: los armamentos, los conflictos, la destrucción, la dominación de unos sobre otros, el culto de la fuerza o el recurso a la fuerza.

Recordemos esta idea que, cualquiera que sea el tema que la vida social actual trata de abordar con ayuda de la ciencia no podría ser de la incumbencia de una sola disciplina, sino de varias. La organización actual de la ciencia se resiente de las consecuencias de un tipo de evolución basada en la diferenciación, en una fragmentación excesiva, con escasos momentos de síntesis (la cibernética es uno de estos momentos de importancia histórica). Los problemas de la humanidad son de naturaleza eminentemente interdisciplinaria. Exigen una cooperación tanto más difícil de prestar cuanto que no sólo las disciplinas, sino que también las instituciones y las escuelas intelectuales están en un estado de competencia febril. Tomemos por ejemplo el problema de la alimentación. Constituye un tema no sólo para la agronomía sino también para la energética, para la química, para la mecánica de los vehículos automotrices, para la economía de las aguas, para la genética. Supongamos que se sometan a discusión los factores de irrigación, de mecanización, de simientes, de costos, así como en 1974, el debate gubernamental de Roma, casi constituido en sistema. Sin embargo, la sociología sólo sigue encontrando difícilmente su lugar en este panorama tan complejo, como si la producción de alimentos no fuera el resultado de una estructura determinada hombre-suelo-tecnología.

³Ilustrados por el hecho que 70% de la población del globo debe darse por satisfecha con un cuarto del ingreso total mundial.

que implica estructuras y una organización determinada de la administración central.

El carácter interdisciplinario de los estudios, que aún no es aceptado en las escuelas, en los textos y en las academias, constituye una necesidad imperiosa para los progresos de la ciencia en los próximos treinta años, ofreciéndole la posibilidad de enfrentar problemas vitales, tales como la alimentación, la población, la energía, el espacio cósmico, los océanos, la célula, el cerebro, la calculadora electrónica, el medio ambiente, los recursos, la inteligencia natural y la artificial y numerosos otros problemas de orden práctico. Encuentra igualmente aplicaciones en hidrología, en la recuperación de los desperdicios, el crecimiento de las plantas, la climatología, la alimentación de los animales, la lucha contra los animales dañinos, la conservación del suelo y los hábitos alimentarios. Todos estos temas tienen además un rasgo común, que se destacará cada vez más durante los tres decenios siguientes: todos estos temas son globales. Fuera de que no podrían ser solucionados por una sola disciplina, son también difíciles de localizar, y para ser resueltos exigen una cooperación internacional y puntos de referencia universales. Ligados estrechamente a las aspiraciones y dependiendo del campo de acción de cada nación, representan temas con los cuales la humanidad de hoy se identifica plenamente. De allí la solidaridad que generan y las posibilidades ofrecidas al destino de una sola especie.

Así pues, no es sorprendente que hasta ahora la ciencia no haya encontrado aún soluciones satisfactorias para los problemas vitales de la humanidad. Nunca le han sido exigidas. La ciencia y la tecnología responden a necesidades sociales. En una sociedad donde el criterio supremo es la utilidad, la ciencia encontró su comprobación en el éxito del mercado. En un medio donde sólo cuenta el éxito inmediato, no podía proponerse programas a largo plazo. En un mundo militarizado, que difícilmente se libera del concepto de fuerza, la ciencia ha producido armas aterradoras⁴.

La ciencia tiene sus límites; sin embargo, éstos no provienen, por ejemplo, de las reservas limitadas de petróleo, sino del tipo de obliga-

⁴En Estocolmo el SIPRI demostró (en lo que respecta a 7 tipos de armas) que la eficacia de las armas aumentó en más de un 10% anual, que se duplica cada 7 años llegando a ser 20 veces mayor en el transcurso de 30 años. Examinemos cada uno de los bienes de mayor consumo (habitación, transporte, salud, enseñanza) y veremos lo difícil que es imprimirles el mismo ritmo de desarrollo.

ciones sociales mal orientadas que le son impuestas. Un factor importante de limitación en el mundo del futuro será la situación actual de la enseñanza. Es por ello que a las tendencias necesarias para lograr un carácter interdisciplinario y global, agregaré también para el futuro, aquellas que tienden hacia una humanización, en el sentido de la paz y de la justicia, requeridas por la mayor parte de la humanidad. Pienso que estas tres características son esenciales para un tipo de ciencia llamada a contribuir a reparar serios desequilibrios y fallas que comprobamos en el mundo y asegurar un desarrollo continuo.

Dado que la teoría y el análisis de los sistemas y la teoría de las decisiones tendrán un papel fundamental en los países en vías de desarrollo en el curso de los próximos decenios, la idea expuesta durante el congreso, a saber: que la teoría de los sistemas en cuanto instrumento práctico para la elaboración y la aplicación de los planes y programas de desarrollo merece especial atención, parece muy valiosa. Recurrir a este instrumento se revela extremadamente útil cuando hay que proyectar decisiones con alternativas múltiples en los diagramas del futuro, en la evaluación de los factores, de los recursos y de los costos, así como en la creación de estructuras flexibles capaces de reaccionar frente a las fluctuaciones y a los sistemas aleatorios.

Se ha escrito una sociología de la ciencia para la sociedad de consumo. Sería necesario reescribirla actualmente cuando la motivación que pone en marcha el motor de la investigación ha cambiado, ya que la escala modificada de los valores de la sociedad actual ejerce una influencia directa sobre la ciencia. Una cosa es hablar de una ciencia de la competencia y otra muy diferente hablar de una ciencia de la supervivencia y de la cooperación.

LA CIENCIA FUENTE DE CONCEPTOS

El título de esta tercera consideración nos hace pensar en la historia de un sabio que buscó la soledad para meditar sobre el sentido de la vida. Después de 30 años se reintegró a la sociedad y ante una multitud ansiosa por conocer el resultado de su profunda meditación dijo estas palabras: "La vida es semejante a un manantial". La reflexión provocó un murmullo de decepción. ¿Treinta años de aislamiento para llegar a esta idea? Entonces el sabio ante tal reacción pública se concentró y rectificó: "La vida *no* es semejante a un manantial".

No pretendemos 30 años de meditación solitaria para que la cien-

cia esté en condiciones de conducirnos un poco más cerca de la verdad, sino esperamos una producción continua de modelos perfectibles. No recurrimos a la Filosofía para proveernos de mejores métodos e instrumentos para pensar, un marco conceptual más adecuado: se lo pediremos a la ciencia considerada como una fábrica de modelos.

Este es el sentido que justificaría que hablemos de la aparición de una nueva ciencia antes de fines de siglo. No es por su tema ni por su problemática por lo que será nueva, sino por las innovaciones que proporcionará en lo que se refiere a las leyes y a los tipos de leyes. Podría ocurrir sin embargo que se produjera una verdadera revolución en materia de métodos de conceptos y de modo de pensar.

El abandono de la causalidad lineal, iniciado por la cibernética, nos proporciona un ejemplo. El universo de la mecánica clásica nos había acostumbrado a una dependencia lineal de A a B. La identidad de B, su existencia y su determinación son reducidas a A. Pero en los sistemas vivos (y en la sociedad) encontramos una causalidad menos simple —la del medio que nos rodea, la del contexto—. B sólo podría ser explicado y determinado por la totalidad del sistema al que pertenece, conforme a una ley dialéctica sólidamente establecida.

El carácter analítico, específico de la ciencia clásica y contemporánea, que no funciona bien en los sistemas vivos y sociales, nos proporciona otro ejemplo. Cuando queremos desintegrar el “todo” en sus distintos componentes, podemos lograrlo, pero si tratamos de reunirlos nuevamente por medio de una síntesis progresiva, ya no obtenemos la estructura inicial.

“Un motor está formado por...” constituye una manera de razonar, un tipo de ciencia morfológica que no tiene excesiva utilidad en el caso de los sistemas que no pueden descomponerse, que no tienen partes verdaderamente aisladas. La teoría de los sistemas surge como una nueva modalidad de aproximación en el pensamiento científico. Su desarrollo presupone una base matemática sólida y adecuada. Las matemáticas que utilizamos son aquéllas elaboradas en un período de gran progreso en el campo de la mecánica y de la física. Las matemáticas no han llegado a ser todavía suficientemente abstractas como para eliminar completamente la huella de la realidad para la que fueron creadas. En los próximos 30 años, la ciencia verá la aparición de un tipo de matemáticas llamada a servir la realidad específica de la estructura viva.

Esto necesitará de nuevos conceptos. Nos encontramos en una etapa que tiene múltiples semejanzas con la época en que apareció el

cálculo diferencial de Newton y de Leibnitz, un concepto esencial para la representación de la velocidad en el fenómeno mecánico del movimiento. En el transcurso de un siglo se han efectuado numerosas tentativas para aplicar el espléndido instrumento generado por esta noción en economía, y luego en biología, en sociología y en el análisis literario. No tenemos que conformarnos con la idea de que en la ciencia habría superabundancia de conceptos. En realidad, el número de instrumentos que utilizamos para la elaboración de los modelos es extremadamente reducido. Incluso los nuevos capítulos de las matemáticas se basan en conceptos antiguos. La teoría de los juegos es una manera de describir una competencia en forma de matriz: las matemáticas modernas siguiendo matrices. Y las matrices nos trasladan al pasado, a Dayley, a comienzos del siglo XX.

Si la ciencia continúa progresando, el intelecto humano deberá proveerse de medios conceptuales poderosos y adecuados. Las novedades del siglo pasado, en materia de conceptos, se pueden contar con los dedos de una sola mano. Es significativo el hecho de que en este congreso se haya prestado especial atención a los conjuntos y a las funciones vagas. Sabemos que el proceso comenzó y que, gracias a las presiones ejercidas por la biología y la sociología, y que parten de una necesidad real de dominar el funcionamiento de amplios sistemas de redes institucionales y de problemas complejos que no se prestan para una representación mecánica, se inició la elaboración de las matemáticas nuevas, por lo tanto, de una nueva modalidad para abordar las cosas. Será una de las más maravillosas y fascinantes realizaciones de la civilización hasta fines de nuestro siglo.

Resumiré ahora una posible prognosis para los próximos 30 años: los principales objetos de estudio de la ciencia serán el sol y la célula; las principales modalidades de aproximación estarán constituidas por sistemas interdisciplinarios y orientados hacia problemas; su principal meta será sostener el desarrollo; la columna vertebral de los esfuerzos científicos estará constituida por las nuevas matemáticas, nacidas del estudio de sistemas de enseñanza dinámicos, flexibles, para los cuales la vida y la sociedad son una fuente de inspiración permanente y en perpetuo movimiento.