

Importancia de la métrica de la ciencia en América Latina

JOSEPH HODARA

Es posible tener una medida de la acumulación científica? El autor ofrece una respuesta en la primera parte de este artículo mediante el análisis de la 'métrica de la ciencia' y los supuestos que la sustentan. Algunos indicadores se refieren a la 'productividad científica' y a sus determinantes intrínsecos y extrínsecos como son: volumen de trabajos científicos publicados, primacía bibliométrica (cuántas veces un autor es citado en diversas monografías), 'edad profesional', etc.

Los supuestos de esta métrica convencional de la ciencia son: existencia de investigadores capaces de crear una masa crítica en un campo científico; presencia de un régimen satisfactorio de recompensas científicas (intelectuales y sociales); reconocimiento de la legitimidad social de la ciencia; uso tangible de ésta en la estructura productiva, social y cultural y existencia institucionalizada de intercambios locales y transnacionales.

La marginalidad ocasionada por la pequeñez y concentración no selecta de los recursos científicos y tecnológicos en América Latina lleva a dudar de la importancia de la cienciometría como herramienta metodológica. Con todo, lo que se pone en tela de juicio no es el método como tal, sino los supuestos que lo sustentan y que, para el caso latinoamericano, deberán ser diferentes a los aplicados en países industrializados.

Como apéndice al ensayo el autor hace un recuento de las exposiciones realizadas en el Primer Seminario Panamericano sobre Métodos Cuantitativos en Política de las Ciencias y en Prospección Tecnológica, celebrado en San José de Costa Rica, entre los días 7 y 9 de Febrero de 1983 y en el cual presentó el texto aquí reproducido.

I. PROBLEMAS EN LA CUANTIFICACION DE LA CIENCIA EN AMERICA LATINA

Introducción

Estudios generales sobre la acumulación científica latinoamericana¹, sobre las políticas para la ciencia² y la tecnología³, sobre los marcos que la condicionan⁴, y sobre algunos aspectos particulares como la productividad⁵, suministran marcos de referencia y datos básicos que abren paso a los métodos cuantitativos. A pesar de que los alcances de este despliegue en la "ciencia de la ciencia" han sido modestos hasta el presente, sería imprudente e injusto ignorar los progresos conceptuales y empíricos que en estos campos se han logrado en la región en las dos últimas décadas. Es cierto que en muchos casos nacionales no se ha llegado a un "sistema" de ciencia y tecnología⁶ y que en algunos se han verificado retrocesos en relación a aspiraciones gubernamentales en favor de circuitos de innovación autónomos que conduzcan a superar la posición "periférica" de América Latina⁷. Sin embargo, no es menos cierto que el trasfondo conceptual e histórico de la evolución de las disciplinas ha ganado mayor claridad merced a empeños locales y de organismos internacionales⁸. Una vez que ya se han efectuado

trabajos sobre "el potencial científico y tecnológico" y sobre los "instrumentos de política" el escenario parece estar preparado para una cuantificación ordenada de algunas dimensiones de la acumulación científica.

Este ensayo tiene tres propósitos fundamentales:

a) hacer un repaso de las categorías, variables e indicadores que comprenden la "métrica de la ciencia"⁹; b) señalar los supuestos que presiden a esta métrica y la medida en que se ajustan a las realidades latinoamericanas; c) sugerir ajustes metodológicos a fin de que la cuantificación sea factible y productiva en el marco restrictivo de las realidades regionales.

La discusión seguirá la secuencia dictada por estos propósitos.

La Métrica de la Ciencia

¿Es posible medir los contenidos cognitivos y sociales inherentes a la acumulación científica? ¿En qué consisten las relaciones funcionales y/o causales entre estos contenidos y los "acumuladores"? ¿Cuáles son las curvas que traducen con precisión el crecimiento de las disciplinas? ¿En qué grado mensurable influyen los insumos externos en ese crecimiento? ¿Qué nexos se presentan entre estructura (por ejemplo,

la estratificación de los hombres de ciencia) y dinámica (por ejemplo, la productividad relativa de los mismos)? ¿Existen correlaciones significativas entre agregados económicos (por ejemplo, el producto nacional) y agregados científicos y tecnológicos (por ejemplo, la sumatoria de premios internacionales recibidos por investigadores nacionales o la situación de la balanza de pagos tecnológica)?

Estas son algunas de las interrogantes que norman las indagaciones en la métrica de la ciencia¹⁰. Se trata de una actitud metodológica —y con toda probabilidad ya posee visos de una disciplina en sólida formación— que es multidisciplinaria en un doble sentido: por una parte, toma conceptos (como el “efecto Mateo”) e indicadores (como el sugerido por Lotka) que fueron propuestos en diversos campos y les imprime una configuración particular dirigida a la cuantificación; por la otra, los aplica al conjunto de disciplinas y/o grupos de investigadores, sin considerar los propósitos intrínsecos de cada disciplina sino las etapas diferenciales de crecimiento¹¹.

Por este motivo, la inspiración intelectual de la métrica de la ciencia no se apoya solamente en las valiosas contribuciones de Dereck de Solla Price y de R. Merton¹². La teoría de las organizaciones, los criterios en la toma de decisiones en situación de incertidumbre, las normas de estratificación, los mecanismos de legitimación social y de negociación intergrupales ofrecen generalizaciones y hallazgos que han contribuido también al esfuerzo cuantificador.

Estas vertientes confluyen en demostrar que la acumulación científica no es aleatoria; que los diferenciales en la

productividad no son accidentales; y que los procesos de negociación y trueque siguen una lógica particular¹³.

Piénsese en la aceleración del crecimiento científico medido por el número de investigadores y de revistas especializadas. Se postula que el acervo de conocimientos se expande en forma exponencial¹⁴, aunque algunas disciplinas puedan llegar a un **plateau** para reiniciar, como una curva envolvente, su crecimiento¹⁵. De ordinario, esta expansión ha sido acompañada por una diferenciación cognitiva, social y de insumos externos. Vale decir, nuevas especialidades han cristalizado con el objeto de atender un conjunto organizado de interrogantes; al mismo tiempo, los científicos han constituido grupos coherentes para favorecer el intercambio y la comunicación. Por último, tanto los estímulos externos como el régimen de compensaciones “inventado” por las instituciones científicas han variado conforme a la utilidad relativa (cognitiva y pública) de cada disciplina¹⁶.

Esta diferenciación se pone de manifiesto en las “migraciones” de recursos y de conceptos que se verifica en las disciplinas. En efecto, constantemente se crean nuevas redes que pueden ser cuantitativamente pequeñas debido a la información afinada que se requiere y a los costos de una extensa comunicación e investigación. Sin embargo, los programas que presiden a estas redes tienen un significado cualitativo perceptible. Pueden determinar —entre otras consecuencias— revoluciones científicas y choques intergeneracionales¹⁷.

¿Qué forma tiene la curva de este crecimiento por agregados, disciplinas y redes? Al parecer, una curva del género “S” describe claramente esta expansión.

sión¹⁸. Al principio, el tema es definido con vaguedad y los grupos que desean promoverlo están dispersos y desorganizados. Las discusiones irradian más calor que luz; los contactos entre investigadores son mínimos y no se ajustan a un **locus** temático definido. Es la etapa de la exploración teórica y de los primeros intercambios sociales. Al incrementarse los insumos, el desplazamiento de conceptos entre disciplinas y la delimitación de áreas, aparecen líderes intelectuales que tienen la aptitud de ordenar los temas y movilizar los recursos indispensables. La disciplina —o la nueva red— alcanza así un mayor grado de unificación y de legitimidad social. En la tercera etapa despuntan signos de agotamiento teórico que abren paso ya sea a una red más joven y mejor equipada para encarar problemas emergentes, ya sea a un conjunto de aplicaciones tecnológicas e ingenieriles que llevan a los científicos a otras esferas institucionales (el mercado, por ejemplo). Nótese que estas etapas no tienen lugar necesariamente; tampoco los períodos que las separan son semejantes. Mucho depende del apoyo socioeconómico que se les concede y de la morfología particular de los investigadores¹⁹. Sin embargo, la curva "S" tiene varias implicaciones de interés.

Una, que la estratificación de los hombres de ciencia es perceptiblemente desigual²⁰; pocos investigadores, en efecto, crean amplios márgenes de conocimiento. El recurso creativo y empresarial en la ciencia está ampliamente concentrado (como en las artes). El fenómeno fue descrito por la Ley de Lotka, conforme a la cual por cada 100 investigadores que producen un trabajo científico, existen 25 que producen dos, 11 que paren tres, etc. En definitiva, sólo un número pequeño de investigadores

goza de las prendas científicas indispensables, produce un cúmulo apreciable de trabajos, y adquiere así "primacía bibliométrica"²¹. Son referencias obligadas en el nacimiento y evolución de cada disciplina.

Dos, que esta estratificación desigual es aceptada como legítima por los propios hombres de ciencia; por añadidura, es reforzada por un sistema de compensaciones que comprende tanto la eponimia (el acto de acuñar a un hallazgo el nombre de su creador) como el reparto de premios y de reconocimientos científicos²².

Tres, que la "colonización" de nuevas áreas es hecha por líderes reconocidos que gozan de una ventaja acumulativa y que irradian efectos carismáticos sobre las pequeñas redes. Constituyen el "otro significativo" de los jóvenes investigadores²³.

Cuatro, que esta segregación de los grupos de investigadores conforme a sus respectivos programas no excluye la fricción y la competencia. Antes al contrario, el conflicto intergrupal puede llegar a límites "anti-normativos" que, sin embargo, refuerzan en última instancia la creación científica²⁴.

Cinco, que la concentración del conocimiento está determinada por la dinámica desigual del **propio** crecimiento científico tal como se desenvuelve en la cultura occidental-industrial, si bien variables externas pueden acentuar esta concentración.

Seis, que existe una correlación entre la productividad individual, el acceso a los recursos y la recepción de compensaciones. De aquí sigue que la "edad profesional" del investigador y su

posición jerárquica en las organizaciones científicas suelen explicar el carácter sobresaliente que tienen en sus respectivas disciplinas.

Siete, que en los campos abiertos a la "colonización" los jóvenes tienen ventajas comparativas y pueden superar los escollos inherentes a la falta de "edad profesional", de poder jerárquico y de prestigio en la universidad de origen. Ciertamente, estas ventajas no emanan de la edad **per se** sino de las prendas científicas que poseen **ex ante**. La creatividad implica la combinación original de conocimientos pre-existentes.

Finalmente, la conducta de la curva no solo depende de la precisión cognitiva y de los lazos sociométricos entre investigadores sino del "entorno". Este comprende tanto la organización general de la ciencia como la disponibilidad y el monto de recursos para la ciencia.

Estas implicaciones en parte explican por qué los indicadores propuestos se refieren en particular a la "productividad científica" y a sus determinantes intrínsecos (que pertenecen a la organización científica) y extrínsecos (que emanan de la riqueza relativa de un país o "tamaño económico"). Así, por ejemplo, la productividad es medida por el volumen de trabajos científicos publicados y/o la primacía bibliométrica, vale decir, en qué medida un autor es citado por diversas monografías. Por supuesto, este indicador ha provocado reservas: la cantidad no siempre traduce calidad; un autor puede ser citado más por sus errores que por sus aciertos; y la "primacía" puede estar determinada más por una centralidad organizacional que por méritos intelectuales. Estas reservas tienen bases empíricas, mas no cancelan en

términos agregados la bondad del indicador²⁵.

También se ha tratado de establecer si el tamaño económico (medido por el PNB y por el producto por habitante) determina la excelencia científica en campos escogidos²⁶. No hay duda de que esta variable exógena es muy importante y puede explicar los desplazamientos geográficos de grupos de investigadores; pero no es suficiente. Los "estilos de negociación" entre las élites pueden ampliar o reducir el alcance determinante de esta variable²⁷.

Comunes denominadores

Antes de examinar las aplicaciones de la métrica de la ciencia en América Latina es importante hacer explícitos los supuestos que la presiden. Este análisis aportará elementos para dilucidar más tarde los ajustes que se deben hacer a la métrica convencional.

Uno de los supuestos comunes es la existencia de una dotación de investigadores que pueden crear y/o transferir "masa crítica" a un campo científico. La masa crítica no puede ser establecida numéricamente para todas las disciplinas. Depende de la etapa interna del crecimiento científico, de la naturaleza de los intercambios sociométricos, de las cualidades personales de los investigadores y del soporte que concede el entorno. Así, en algunos casos un líder científico con una periferia relativamente pequeña de investigadores y asistentes puede constituir el punto de arranque necesario y suficiente de una nueva disciplina o rama; pero en otros se necesitará una estructura mucho más

diversificada. De todos modos, sin esta infraestructura inicial es inútil postular una métrica de la ciencia, simplemente porque no existe el sujeto de la medición.

El segundo supuesto es la presencia de un régimen satisfactorio de recompensas científicas de modo que el investigador tenga el aliciente intelectual y social como para continuar su vocación, o bien escogerla. Las compensaciones son materiales y simbólicas, y se combinan de una manera desigual por país y por disciplina. Pero en cualquier caso deben ser significativas para el sujeto, es decir, guiar en términos reales su conducta. Ello implica una internalización profunda del **ethos** científico. El sujeto negocia las compensaciones en el marco de esta internalización. Si ésta no se produce, el hombre de ciencia abandona la investigación, ya sea porque es atraído por otras ocupaciones mejor remuneradas, ya sea porque no puede tolerar la desigualdad y la competencia inherentes a la organización de la ciencia. La "defunción" de los científicos reconoce varias causas.

El tercer supuesto de la métrica consiste en la legitimidad social de la ciencia. Los investigadores pueden cobijarse en un "Nicho ecológico" que guarda su especificidad cultural, pero el aislamiento deliberado debe ser auspiciado, o al menos tolerado, por la sociedad en general. Las estadísticas sobre el empeño científico suponen esta legitimidad pues han florecido en regímenes industriales que dependen en última instancia de la creación y de la asimilación de productos científicos. En algunos casos, los gobiernos han promovido "complejos científicos" (ruta 128, por ejemplo) o "acciones concerta-

das" en áreas estratégicas, sin lesionar la autonomía esencial de los creadores de conocimiento. Es asunto de controversia si por esta vía han estimulado o no la productividad de los investigadores. Mas no cabe duda de que la legitimidad social básica ha actuado en favor del quehacer científico y de la institucionalización de las normas del trabajo científico. La apertura de un "nicho" no implica necesariamente indiferencia social o elitismo pertinaz.

El cuarto supuesto entraña que la ciencia, ya sea en forma directa, ya sea con el auxilio de intermediarios institucionales, tiene usos tangibles en la estructura productiva, social y cultural. La ciencia estimula y posibilita —con retardos que dependen de varios factores— el crecimiento económico (los agroquímicos, por ejemplo); mejora el capital humano (reducción de la mortalidad y de la morbilidad); incrementa la plasticidad y las defensas de un sistema (detección temprana de tendencias, usos paramilitares); y enriquece el repertorio cultural. Este supuesto explica el crecimiento exponencial de la ciencia contemporánea, crecimiento determinado por la convergencia de varias demandas.

Finalmente, la métrica supone la existencia permitida e institucionalizada de intercambios tanto locales como transnacionales. Comunicación fluida, que una potilización exagerada o una competencia anómica pueden lesionar. Los nexos sociométricos se establecen sin tomar en cuenta solidaridades políticas o nacionales estrechas. Existe una división del trabajo científico a través de los países, especialmente entre aquellos donde se concentran los

núcleos de excelencia científica. Cuando el apremio de la propiedad intelectual es muy fuerte (como en el caso de gobiernos preocupados por temas sensibles para la seguridad o de corporaciones cuya dinámica depende de productos competitivos) la métrica sólo puede aplicarse retrospectivamente una vez que la información pertinente sale a la luz pública.

Estos cinco supuestos no excluyen otros que también norman a los ensayos de cuantificar la acumulación científica. Son señalados aquí por las implicaciones que encierran para la organización latinoamericana de la ciencia y su puesto en la sociedad. El asunto será tocado enseguida.

Restricciones en la organización de la ciencia en América Latina.

El trasfondo, la evolución y la fisonomía de las políticas latinoamericanas para la ciencia y la tecnología han merecido amplia atención²⁸. Los análisis en boga tienen carácter generalmente cualitativo y emplean un marco de referencia —con frecuencia excesivamente mecanicista— suministrado por adaptaciones de las teorías de la dependencia²⁹. Sólo en tiempos recientes se han abordado dimensiones cuantitativas, ya sea a consecuencia de los estudios sobre el “potencial científico nacional”, ya sea porque trabajos en español de autores latinoamericanos principian a ser considerados en índices internacionales y se convierten en insumos para “cálculos de productividad”. Sin embargo, la información es

todavía fragmentaria y casi no existen series históricas que permitan evaluar la conducta de una variable (como la productividad individual o el gasto público) a través del tiempo. Ya se verá que estos vacíos no son accidentales.

Algunas estimaciones generales³⁰ indican que la cifra de “investigadores equivalentes a tiempo completo” latinoamericanos no supera los 15.000 (quince mil). El número de investigadores **activos** que trabaja en uno o dos proyectos es probablemente menor. La estimación anotada resulta de la suma de “tiempos parciales” que los científicos ocupan en diversas instituciones. Cuando los tiempos completan ocho horas se tiene un día/investigador. Es obvio, sin embargo, que este método de estimación es imperfecto pues no toma en cuenta el “desempleo friccional” diario del científico, esto es, el tiempo que ocupa en tareas vacías de contenido científico. Por lo demás, el hecho de que se hable con holgura de “investigadores equivalentes” ya da una primera idea sobre el carácter de la organización científica latinoamericana y la falta de claridad sobre los requerimientos funcionales de la investigación.

En términos internacionales, este volumen es sumamente pequeño en relación al número de habitantes de la región y al tamaño económico de los países mayores (Brasil, México, Argentina). Por ejemplo, es inferior al acervo humano con que cuentan países de dimensión media en Europa (como Holanda, Noruega, Suecia) o Israel. El carácter pequeño de la comunidad científica latinoamericana es un dato que arroja implicaciones restrictivas en varios

aspectos de la acumulación científica, como la angosta diversificación interna, la débil visibilidad y la autonomía constantemente cuestionada.

Por sub-regiones, las cifras son algo más fiables. Por ejemplo, una encuesta efectuada en Centroamérica³¹ reveló que esta área tenía unos 3.000 (tres mil) científicos y técnicos, de los cuales el 60 por ciento se autodefinieron como "científicos". Sólo el 3% anunció que hacía "investigación básica". La dispersión por países estaba relativamente correlacionada con el tamaño económico y la diferenciación industrial.

Los balances por países son todavía algo más pormenorizados. Costa Rica, por ejemplo, cuenta con 219 "investigadores equivalentes". Este acervo está altamente concentrado en entidades del sector público (como en otros países de América Latina): en las universidades se lleva a cabo el 45% de las investigaciones; el 20% se concentra en el Ministerio de Agricultura y Ganadería; y el 9%, en la Caja Costarricense del Seguro Social. Cabe añadir que menos de la tercera parte de este volumen hace ciencia básica³².

De aquí otro dato para una configuración cuantitativa de la ciencia latinoamericana: los recursos modestos se localizan en las universidades, con vigorosa atención a la docencia, y en algunos ministerios gubernamentales que efectúan investigaciones. Es obvio que la organización de la ciencia no es semejante en ambos marcos; un investigador colocado en una oficina pública encara muchos "ruidos" y perturbaciones, y muy pronto se inserta en un proceso de desprofesionalización que encierra otras gratificaciones.

En cuanto al gasto en ciencia poco se puede decir. No se tienen series uniformes; las categorías cambian a través del tiempo; y la inflación encubre las tendencias verdaderas. Por ejemplo, el gasto público mexicano en ciencia y tecnología parece incrementarse (salvo en los dos últimos años) a precios corrientes; pero a precios constantes el cuadro es completamente desalentador³³. Las conclusiones hubieran sido todavía más deprimentes si las cifras en pesos habrían sido traducidas a dólares.

Se han hecho algunos ensayos heroicos para medir la productividad por medio de trabajos publicados³⁴. Los resultados revelan la marginalidad de la ciencia regional, aunque es probable que escritos en idioma español no sean recogidos por índices internacionales y así llevan a una subestimación sistemática.

De todos modos, la pequeñez del acervo, las fluctuaciones del gasto y su modesto alcance, aparte de la reducida diferenciación disciplinaria, constituyen "desventajas acumulativas" o una suerte de "efecto Mateo invertido". Como se sabe, el "efecto Mateo" fue propuesto por Merton³⁵ para indicar los beneficios iniciales y crecientes que un hombre de ciencia adquiere a través de una buena formación científica en universidades de prestigio, o por medio del acceso a redes sociométricas dominantes, o merced a un liderazgo que tiene raíz en la reputación que se le recuerda y en las fuentes de financiamiento que movilizan. De este modo, el científico goza de varios "círculos virtuosos" que le permiten una visibilidad internacional que no siempre guarda proporción con los méritos intrínsecos y presentes. Estos beneficios iniciales y acumulativos no afectan al

científico de la periferia; todo parece estar en contra de su vocación. A este conjunto de restricciones estructurales denominamos "efecto Mateo invertido".

En cualquier caso, ejercicios en la métrica de la ciencia pintan un cuadro realista aunque penoso. La región no cuenta con la infraestructura indispensable para crear ciclos de acumulación científica, o participar constructivamente en ellos, salvo algunas excepciones individuales. Todo avance suele abortar por múltiples motivos. Por ejemplo, quien lea las memorias de Wiener sobre la ciencia mexicana³⁶ podría recoger la impresión de que este espacio intelectual ya descansaba sobre bases sólidas en los años cuarenta y que la dinámica de la acumulación conduciría a superar su carácter periférico. No fue así. La ciencia en México aún encara problemas de acumulación, comunicación y delimitación de "programas de investigación" que sean cognitivamente coherentes, aparte de trabas ambientales.

Esta situación es desafortunada no sólo por el hecho sabido de que la industrialización moderna precisa de innovaciones constantes que tienen raíz en la creación-absorción-difusión de las ciencias. Hay una restricción adicional que no ha suscitado la atención necesaria. Se trata de la producción de materias primas (como carne, trigo, petróleo) en la que América Latina no tiene ventajas absolutas y que, sin investigaciones, habrá de perder las relativas. Por ejemplo, en el primer renglón por lo menos cuatro países superan a Brasil y Argentina; en trigo, once naciones son más productivas que Argentina; y en petróleo, por lo menos dos países superan a México y seis a Venezuela³⁷. De aquí que el peligro real de América Latina no es tanto "la nueva

división internacional del trabajo" sino la marginalidad irreversible ocasionada por la pequeñez y la concentración no selecta de los recursos científicos y tecnológicos³⁸.

¿Significan estos comentarios que la métrica de la ciencia es un artefacto metodológico innecesario en América Latina? La respuesta: es un quehacer útil e indispensable y, **con los debidos ajustes**, puede llevar a un cambio de rumbo en la acumulación científica. Conviene explicar.

Se dice que es un quehacer indispensable puesto que los ensayos de medición ponen al descubierto los supuestos y premisas de la progresión científica regional, supuestos que —como se verá— se oponen a los aceptados por la métrica convencional. Por añadidura, el ejercicio permite discernir los ajustes que deben hacerse y la "estrategia óptima" para una métrica latinoamericana de la ciencia. En otras palabras, el empeño cuantificador a escala internacional indica en qué magnitud la ciencia en América Latina se "desvía" o está por debajo de las pautas dominantes en países centrales. También puede esclarecer por qué estas desviaciones se producen. Por otra parte, si se adaptan los indicadores a la organización específica de la ciencia en América Latina los balances serían algo más equilibrados.

Algunos rasgos específicos

A uno ya se aludió: el modesto volumen y la homogeneidad relativa de la infraestructura. En muy pocos campos y casos se cuenta con "masa crítica" y con un líder que fomente los lazos cognitivos y sociométricos de las disciplinas. La



falta de masa crítica entorpece los desplazamientos interdisciplinarios, la continuidad de las investigaciones, y el sostenimiento de un fértil sistema de comunicación científica. Ciertamente, hay que apuntar excepciones, como los dos Premios Nobel de Argentina y la actuación singular de Arturo Rosenbluth en México. Pero es precisamente materia de estudio cómo estos casos se revelaron a pesar de las restricciones internas de la organización científica y de la hostilidad ambiental.

En segundo lugar, la brecha cuantitativa que se percibe entre el número de estudiantes universitarios (que fácilmente supera el millón) y el acervo restringido de investigadores activos demuestra que el sistema social de compensaciones y alicientes es altamente insatisfactorio. La docencia no lleva a la investigación, y los graduados tienden a dirigirse hacia carreras no científicas. Es difícil saber si el problema real consiste en que las recompensas no han llegado a un nivel mínimo con respecto a otras ocupaciones, o bien que la formación científica (la internalización del ethos) es insuficiente, como para resistir a estímulos competitivos, o que los castigos sociales gravitan pesadamente sobre el investigador³⁹.

Tercero, la legitimidad social de la ciencia es frágil. Este hecho se manifiesta no sólo en la conducta caprichosa del gasto público en ciencia sino en actitudes escépticas —de diverso origen— respecto a la utilidad de los investigadores. En algunos casos, la falta de legitimidad justifica —o al menos no desalienta— la persecución, expulsión o eliminación de científicos y organismos de enseñanza superior. Ninguna fuerza organizada parece contraponerse a esta tendencia autodestruc-

tiva. La prueba de ello se encuentra en datos cuantitativos fragmentarios que indican que la dotación de científicos por país y por disciplina no crece o se diferencia intensamente con el tiempo, sino que se comporta como un "helicóptero", con subidas y bajadas más o menos azarosas. El ascenso exponencial parece constituir, por lo tanto, un rasgo de los centros de la ciencia.

Cuatro, las ciencias en la región no están acopladas con sistemas tecnoindustriales ni cuentan con retroalimentación de usuarios reales o potenciales. Pertenecen más al consumo cultural que a la estructura productiva o a concepciones estratégicas. De esta manera la ciencia en América Latina tiende a deslizarse al peor de los mundos posibles: el aislamiento estéril y parroquial, acompañado de desventajas iniciales. Por esta razón, el monto de capital humano y las curvas de aprendizaje tecnológico muy poco pueden decirnos sobre la creatividad científica. Por otra parte, ésta no alcanza niveles autosostenidos que puedan apoyar la legitimidad social de este quehacer.

Finalmente, los intercambios científicos en la periferia no son ni tan intensos ni tan frecuentes ni tan productivos como las comunicaciones en los centros de excelencia. Hay bases para suponer que la insuficiencia de recursos financieros, el conocimiento modesto de los idiomas en que se manifiesta la ciencia moderna, la insatisfactoria formación científica, y hasta versiones impertinentes del nacionalismo entorpecen la comunicación transnacional. Con frecuencia suelen constituirse redes incestuosas más preocupadas por el apoyo social mutuo que por el crecimiento científico. Para excusar esta situación algunas teorías de la "dependencia científica" son reformu-

ladas a fin de probar la "fatalidad estructural" del atraso. En realidad, los escollos estructurales se derivan de la pequeñez de la infraestructura científica, de la lentitud de la comunicación y de la debilidad de los nexos orgánicos con el aparato productivo. El hecho de que el propio sector público prefiera, por la vía de las compras estatales, las técnicas producidas en el exterior acentúa el relieve de estos obstáculos. Esta propensión a su vez está determinada por un sistema distorsionado de precios y por apremios coyunturales.

En suma, la aplicación limitada de la métrica de la ciencia en el contexto latinoamericano demuestra que ésta es presidida por otros supuestos, desiguales a los que se conocen en países industriales. Podría argüirse que el cotejo cuantitativo poco agrega a lo que se corrobora por métodos históricos y cualitativos. Sólo es así en una primera aproximación. Si la métrica alcanza mayor desarrollo, aparecerán probablemente nuevas variables que arrojarán luz sobre las pautas del rezago y de la acumulación en la región.

Ajustes necesarios

Si el entorno de la organización científica latinoamericana exhibe rasgos particulares y si las variables ambientales o externas alteran las pautas de crecimiento, comunicación y recompensa en las actividades científicas, entonces parece indispensable imaginar y articular una estrategia de ajustes a fin de que la métrica revele nuevos aspectos en la dinámica de esas actividades. El desplazamiento metodológico no puede ser mecánico. Los contextos son desiguales. ¿Cuáles podrían ser los lineamientos generales de esa estrategia?

a) Las cifras sobre el potencial científico deben ser corregidas. Por ejemplo, el concepto de "investigador equivalente" tiene valor limitado, debido a las diferencias de clima organizacional de cada "tiempo parcial" y al "desempleo friccional" que las ocupaciones segmentarias entrañan. Es probable que por esta vía se llegue a una cifra menor que la aceptada, pero será mucho más realista. Esta estimación reflejará con rigor el potencial disponible.

b) La productividad de los investigadores no puede medirse conforme a los cánones convencionales (número de publicaciones, evaluaciones de colegas, "edad profesional", liderazgo bibliométrico). En primer lugar, porque los trabajos publicados en idioma español son recogidos parcialmente por los índices internacionales conocidos, de suerte que se produce una subestimación sistemática de estas contribuciones. En segundo lugar, —y como se señaló— la labor científica en América Latina se verifica en condiciones singulares que engendran un efecto Mateo inverso (insuficiencia de recursos, falta de liquidez, trabas en la comunicación, compensaciones competitivas, ausencia de equipos y de servicios de apoyo), de modo que es injusto calibrar la productividad con supuestos similares. Finalmente, el científico medio latinoamericano invierte mucho tiempo en tareas no científicas (administración, promoción, divulgación); así, su "presupuesto personal" para la ciencia sale lastimado. Por otra parte, la docencia desempeña en este contexto un papel significativo que debería recibir ponderación adecuada.

En suma, ejercicios en la métrica deben tener presentes estas restricciones y sugerir nuevas categorías e indicadores.

c) La hostilidad del entorno es otro rasgo que ha sido poco estudiado, aunque incide sustancialmente en la conducta y la productividad del científico. Es excesivamente simplista explicar esta hostilidad arguyendo "la ignorancia de los gobiernos", "la represión interna y externa", "la dependencia" o la "índole subversiva" de los científicos. El problema es mucho más complejo. Es probable que se necesita un "pacto social" que reconozca efectiva y extensamente el valor de la ciencia; de momento la institucionalización de las disciplinas sigue trayectorias discontinuas y erráticas.

d) Series históricas sobre el gasto público y privado en investigaciones deben ser construidas con más esmero, a precios constantes. Estas series indican el compromiso real y constante de las autoridades gubernamentales con respecto a los organismos científicos. También indican en qué medida el ciclo vital de un proyecto científico (que es generalmente largo) empieza a superar al ciclo político (que es generalmente corto). La composición del gasto debe ser desagregada por sectores y programas, con el fin de descubrir los factores internos y externos que acicatean la acumulación científica.

e) Las diferencias de tamaño económico que se perciben entre los países latinoamericanos permiten determinar en qué medida esta variable gravita en el progreso científico. Si la correlación es alta, las distancias en la acumulación entre países grandes y pequeños pueden ser compensadas por la vía de la selectividad y la cooperación regional. Si es baja, el énfasis debe ser puesto en la reorganización interna de la actividad científica. En cualquier caso, el descubrimiento de nuevas correlaciones llevaría a

"una estrategia de sobrevivencia" de la ciencia que hoy apremia.

Estos enunciados sólo pretenden invitar a un debate sobre pautas óptimas para construir una métrica latinoamericana de la ciencia, considerando los ambientes regionales. Ni agotan el tema ni postulan una posición definitiva. Es una provocación intelectual a fin de que "la ciencia de la ciencia" en América Latina no entre, en los ochenta, en un callejón sin salida como tantos otros temas vinculados con el desarrollo nacional y regional.

II. Primer Seminario Panamericano sobre Métodos Cuantitativos en Política de las Ciencias y en Prospección Tecnológica.

Los intercambios de ideas se centraron en las aplicaciones de "la ciencia de la ciencia", en el contexto regional. Esta nueva disciplina, que tuvo origen en los escritos pioneros de Bujarin en los años veinte, se difundió rápidamente al Occidente industrial y ahora parece ineludible en América Latina. Pretende —entre otros propósitos— establecer la ecología particular de la ciencia, las curvas de crecimiento de las disciplinas, la naturaleza y la rapidez de las comunicaciones entre científicos y, en fin, las modalidades cuantitativas para evaluar el esfuerzo individual de los investigadores y compromisos nacionales en favor del conocimiento.

Ciertamente, las estadísticas sobre la ciencia (monto del gasto, número de investigadores y proyectos, distribución sectorial del empeño científico) no constituyen un hecho nuevo en la región. Las indagaciones sobre "el potencial científico" (auspiciadas por UNESCO y OEA) y sobre el impacto específico de los

"instrumentos" de política científica y tecnológica (que merecieron el apoyo del IDRC y otras entidades) abrieron paso a las primeras estimaciones cuantitativas sobre la acumulación científica, las dimensiones de la invención local, y los costos reales de la importación de tecnologías. Sin embargo, estas estimaciones tuvieron carácter fragmentario y no llegaron a componer series históricas significativas. Por añadidura, se produjeron brechas conceptuales entre la teoría de la acumulación científica en países periféricos y los **métodos** pertinentes; éstos correspondieron más bien a las prácticas prevalecientes en naciones industriales. Esta fisión entre teoría y método fue discutida ampliamente en el Seminario, y se hicieron propuestas atinadas dirigidas a perfeccionar las pautas cuantitativas.

Los expositores en este encuentro fueron Derek de Solla Price, de la Universidad de Yale, quien es considerado uno de los mejores historiadores "cuantitativistas" de la ciencia; Jacob Rabkin, profesor de la Universidad de Montreal, que viene publicando extensamente sobre la "métrica de la ciencia"; Francis Narin, Presidente de Computer Horizons, conocido por sus contribuciones al análisis bibliométrico y, en especial, por un papel directivo en el proyecto TRACES que intentó evaluar retrospectivamente las ramificaciones de la investigación básica en el largo plazo; Kimon Valaskakis, profesor de la Universidad de Montreal y especialista en prospección tecnológica; Michael Moravcsik, de la Universidad de Oregon, quien ha ganado justo reconocimiento por sus exploraciones en la administración de la ciencia en países del tercer mundo; J. Davidson Frame, de la American University de Washington, que se dedica a los aspectos cuantitativos de

la política tecnológica; y el suscrito, actualmente en El Colegio de México, que ha escrito con alguna amplitud sobre los contextos particulares del progreso científico latinoamericano y que tiene un texto en imprenta sobre los métodos cualitativos y cuantitativos en la planificación de largo plazo (México, Porrúa, 1983).

Aunque los trabajos presentados por estos especialistas fueron publicados por el CONICIT de Costa Rica, parece conveniente señalar algunas de las ideas expuestas.

Derek de Solla Price indicó que hoy se estaría articulando la tercera generación en los estudios cuantitativos de la ciencia. La primera fue iniciada por Bernal en la década de los treinta (en rigor, lo precedió Bujarin como ya se dijo) que hizo hincapié en indicadores como la mano de obra disponible para la ciencia, la magnitud y fuente de los recursos y los impactos de la investigación en la estructura productiva. Además, Bernal intentó una historia social de la ciencia, influido por categorías marxistas. La segunda generación fue modelada por Eugene Garfield, y puso el acento en la bibliometría, es decir, la cuantificación de publicaciones, de citas y de "redes sociométricas" compuestas por una familia de investigadores. Como resultado, se pudo discernir el "Liderazgo bibliométrico" de un científico, esto es, en qué medida constituye una referencia obligada en el avance de una disciplina. La última generación se interesa por magnitudes agregadas, como el esfuerzo nacional en favor de la ciencia, las comunicaciones intersectoriales e internacionales de los científicos, la influencia de los militares en el gasto en investigación, y las aplicaciones sociales del saber. Esta

tendencia encuentra expresión en los **Science Indicators**, publicados por el Consejo Nacional de Ciencias de los Estados Unidos y en las series cuantitativas difundidas por la OECD en Europa. Desde 1981, la revista **Scientometrics**, editada en Hungría y que ve luz en Holanda, viene dando una visión cuantitativa del crecimiento científico de los países industriales, tanto en Europa Oriental como en el Occidente capitalista. Esta publicación representa un caso extraordinario de cooperación Este-Oeste, que trasciende las rivalidades ideológicas oficiales.

Para Derek de Solla Price, la "métrica de la ciencia" o *cienciometría* puede anotarse logros más importantes que la *econometría*. Describe y predice tendencias con sorprendente acierto. Por ejemplo, la "ley" del crecimiento exponencial del conocimiento y de los científicos parece tener una validez empírica amplia (no es así en países periféricos, observará más tarde el suscrito). Ambas variables se expanden a una tasa del 7 por ciento anual acumulativo. Así, las disciplinas mueren y renacen cada diez años. El objetivo central de una sabia política científica es facilitar este ciclo, a fin de que la creatividad se convierta en un requerimiento cognitivo e institucional. Acercándose a los problemas de nuestra región, Solla Price puntualizó que en el idioma inglés se manifiesta por lo menos el 60 por ciento de la ciencia moderna; en otros tiempos, el francés y el alemán fueron los medios de comunicación prevaletentes. Lo que llama la atención es el hecho de que el español jamás alcanzó este nivel y sus probabilidades futuras son reducidas. Conforme a este autor, el retraimiento del español como lenguaje científico se debe a dos

circunstancias. Una es el tamaño considerable que presentó en su momento el imperio español, magnitud que **no** propició el estudio de un segundo idioma con el objeto de participar en los sucesos centrales del mundo. Las perceptibles dimensiones del mundo español actuaron en su contra en lo que respecta a la ciencia; le estamparon una sensación infundada de *autarquía cultural*. En contraste, suecos, húngaros, holandeses o turcos debieron aprender otros medios de expresión para eludir una estrechez parroquial. La segunda circunstancia acentuó los defectos de la primera: la *Inquisición* que, como práctica autoritaria, arrasó los espíritus críticos y todavía se mantiene, en estado más o menos latente y con otras modalidades, en los países colonizados culturalmente por España.

Esta última tesis causó un efervescente debate en el Seminario. Claramente, no es una explicación satisfactoria aunque podría aceptarse como una primera y tímida aproximación.

Por otra parte, Solla Price objetó que "jóvenes brillantes" estudien en el extranjero; el esfuerzo colectivo de los países en desarrollo debería centrarse en la creación de una *infraestructura local*, desde laboratorios a museos, sin perder de vista que la ciencia es una aventura de largo plazo. En última instancia —señaló en resumen— la riqueza de las naciones estriba en el capital humano con que cuenta.

Yacov Rabkin hizo un examen de los orígenes de la *cienciometría*, ubicándolos tanto en el afán empiricista de las ciencias occidentales como en el empeño racionalizador y hasta ingenieril que la revolución rusa animó sistemáticamente.

Según este especialista, la métrica de la ciencia floreció en la Unión Soviética a causa de su carácter "neutral" y administrativo; jamás comportó una amenaza a la ideología dominante en ese país. La estadística de las ciencias suministró un instrumento para racionalizar "el sistema ecológico de la ciencia": los insumos, la comunicación, los estímulos y los impactos. Sin embargo, también sirvió para castigar a investigadores disidentes que no respondieron a las expectativas de los administradores ni a las de los políticos. La oposición ideológica fue considerada en ese contexto como una "desutilidad social" que venía a vulnerar la productividad de la ciencia. Rabkin apuntó que esta experiencia podría repetirse en regímenes totalitarios que perciben al científico como un elemento de crítica e inestabilidad. Es el lado perverso de la cienciometría. Pero, por otra parte, esta disciplina puede auxiliar a la despolitización de la ecología científica, precisamente porque propone indicadores y objetivos de desempeño y de creatividad. Cuando estos métodos se propagaron al Occidente, los administradores vieron en ellos una forma de obtener resultados óptimos en condiciones de escasez. Esta percepción cobija ciertamente perspectivas alentadoras para los países en desarrollo.

Así, por ejemplo, índices de publicaciones como el **Science Citation Index**, el **Arts and Humanities Citation Index** y el **Social Sciences Citation Index** han permitido establecer la "vida media" de un artículo, las variaciones en la productividad científica por país y por disciplina, la localización de las redes de investigación que se dedican a un segmento particular del conocimiento, y hasta la anticipación de "revoluciones

paradigmáticas" en algunos campos.

Francis Narin cambió el énfasis de la discusión, colocándolo en la tecnología y, en particular, en las patentes como signos de creatividad y de impacto en el sistema productivo. Las listas de patentes — cuando se eslabonan a través del tiempo— permiten pronosticar el perfil tecnológico de una empresa e identificar "los mapas tecnológicos" de una corporación rival. Por añadidura, estos indicadores racionalizan la conducta empresarial en un ambiente de incertidumbre. En este caso, la bibliometría es puesta al servicio de las corporaciones (estatales y privadas). La preocupación de Narin es anticipar, con una probabilidad razonable, cómo los insumos (el gasto en I-D, los contratos con el gobierno, el trabajo orientado de los investigadores) se traducen en resultados mensurables. Ciertamente, la relación no es directa; presenta una causalidad perturbada por otras variables. Pero en cualquier caso estos insumos son indispensables.

Narin sugirió que las citas de patentes constituyen un indicador fiable de productividad. Por añadidura, ofrecen algunas luces sobre cómo los nexos entre corporaciones tienen incidencias internacionales. Este autor encuentra que, como las publicaciones, las patentes se concentran en un número pequeño de individuos y de empresas. La dinámica científica no es democrática; es movida por una lógica de competencia desigual puesto que el talento científico (como el artístico) no se distribuye con uniformidad en la población.

La mayor parte de los asistentes al Seminario reconocieron la novedad metodológica del trabajo de Narin; adujeron, sin embargo, que su pertinencia para América Latina es limitada pues las

patentes de origen local tienden a declinar. Por lo demás, muchas multinacionales han dejado de patentar, confiando más bien en el secreto industrial.

Kimon Valaskakis abrió otra perspectiva en el estudio de la tecnología. Al subrayar que el desarrollo es hoy inconcebible (e inalcanzable) sin avance técnico, Valaskakis hizo hincapié en la importancia de las "tecnologías estructurales" que alteran el proceso de las innovaciones más que el producto final. Entre estas tecnologías se debe considerar hoy a la microelectrónica que ha logrado avances sorprendentes en las últimas generaciones de los computadores. Las integraciones de circuitos en vasta escala han modificado el repertorio tecnológico. Si se pretende optimizar las aplicaciones socialmente positivas de este repertorio es menester contar con indicadores confiables y pertinentes. Hay que eludir índices que son simples artefactos aritméticos; éstos no traducen la realidad ni pueden orientar constructivamente a la política gubernamental. Valaskakis, por ejemplo, desconfía del gasto agregado en I-D como indicador significativo; su composición interna y pormenorizada es mucho más importante. Además, este indicador no es susceptible de comparaciones internacionales, pues cada país lo establece conforme a criterios desiguales. De aquí la necesidad de conformar una "métrica de la tecnología", más realista y pertinente.

Este autor recomendó que se debe discernir, primero, los temas (o "indicata") que son importantes y, después, el indicador respectivo. Entre los primeros señaló la creación de nuevos productos, el mejoramiento de procesos conocidos, los impactos tangibles en la producción, los efectos de sustitución, el alivio de

necesidades básicas, las incidencias distribucionistas de medidas gubernamentales, las demoras en la difusión de tecnologías, etc. Como indicadores propuso una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos, incluyendo el lanzamiento de encuestas públicas. Valaskakis subrayó que su trabajo no está acabado, pero que la dirección sugerida parece correcta.

Michael Moravcsik se refirió a las modalidades para crear un sistema de pautas mensurables de evaluación científica en países en desarrollo. La ciencia-metría fue descuidada en estos países, y esta negligencia conspira contra la marcha de la ciencia. Entre las causas de este descuido Moravcsik mencionó la juventud relativa de esta disciplina (tendría algo más de veinte años, al menos como dedicación sistemática), de suerte que todavía no ha permitido construir una arquitectura coherente de mediciones; esta ocupación se habría rezagado como otras. Por añadidura, ha faltado una administración especializada de la ciencia; los funcionarios desplazaron sus criterios y prácticas convencionales a este campo, sin internalizar los contenidos particulares de la investigación. Esta fue considerada como una ramificación adicional del quehacer público, idéntica a otras labores del gobierno.

Para superar esta negligencia, Moravcsik apremió el ingreso de la ciencia de la ciencia en las universidades como una especialidad de nivel superior; la reorganización de las bibliotecas con el fin de obtener datos bibliométricos; el aceleramiento de la circulación y talleres sobre estos asuntos; y la reeducación de los administradores de la ciencia. Tareas abrumadoras, por cierto. Pero no existe otras vías si en verdad se pretende hacer

ciencia en los países periféricos, concluyó Moravcsik.

Davidson Frame expuso una serie de métodos cuantitativos de probada utilidad tanto en la administración como en la planificación. La aplicación de estos métodos tiene una larga tradición en los Estados Unidos; la racionalización de hábitos y pautas de trabajo está ligada en ese país con el empeño maximizador en los mercados. Entre las prácticas más difundidas mencionó el análisis PERT, la extrapolación de tendencias, la consulta délfica, la selección justificada de proyectos, el examen de brechas, y la evaluación de los impactos directos y cruzados del progreso técnico.

J. Hodara se concentró en las diferencias estructurales e institucionales entre países "centrales" y "periféricos" y en las repercusiones de esta disparidad en el acto de publicar y en su medición. Señaló cinco variables distintivas: la presencia o ausencia de tradición científica, el tamaño del aparato productivo y de la infraestructura científica, la diversificación relativa de este aparato, la cohesión social de los investigadores y la intensidad de la autonomía funcional de estos últimos. En general, países periféricos presentan una débil tradición científica, tamaño reducido, diversificación escasa, cohesión discontinua y fragmentaria y una autonomía condicionada por la autoridad pública y por las fuentes internas y externas de financiamiento. En estas condiciones, el acto de publicar —que tiene importancia cardinal en la cienciometría— es inhibido tanto por la organización interna de la ciencia como por el entorno. Aquí **publish and perish** (publicar y morir) puede ser ruda realidad. Si el científico adquiere visibilidad merced a sus creaciones habrá de encarar riesgos de diversa índole; en

lugar de gratificaciones, puede recibir castigos. Por añadidura, la educación y la comunicación científicas son tan imperfectas que el investigador está atrapado por un "síndrome de desventajas iniciales" que se torna acumulativo. Hodara denominó al fenómeno "un efecto Mateo invertido", aludiendo a una caracterización de Robert Merton. Como si fuera poco, el científico "periférico" experimenta una discriminación objetiva, pues se manifiesta en un idioma que apenas es considerado como científicamente válido en los índices y manuales que miden la productividad. A todo ello hay que añadir obstrucciones ambientales en la circulación de documentos de trabajo, en la instalación de equipos y en la difusión internacional de publicaciones locales. Hodara recomendó, primero, un estudio pormenorizado de estas circunstancias particulares a fin de concebir una "estrategia de sobrevivencia" del pensamiento científico en un ambiente que objetivamente lo mutila y, segundo, la invención de indicadores ajustados a la realidad periférica con vistas a corregir los sesgos que induce la cienciometría dominante. Recordó que en su libro sobre la "Productividad Científica" (México, UNAM, 1970) ya había propuesto coeficientes que discriminan **en favor** de los jóvenes investigadores, de las reseñas como fuentes de comunicación científica y de la docencia como mecanismo de acumulación de capital humano.

Después de una amplia discusión de los conceptos vertidos por los expositores, los participantes del Seminario decidieron realizar un segundo encuentro en Costa Rica, a principios de 1984. En este marco se presentarían trabajos específicos sobre el estado y las potencialidades de las estadísticas de la

ciencia latinoamericana. También se resolvió realizar un Taller de Verano en la Universidad de Montreal en septiembre de 1984, dedicado a la ciencia de la ciencia. Se eligió un Comité Ejecutivo

encargado de coordinar y ejecutar estas tareas, y un Comité Asesor que las guiaría. La lista definitiva de los miembros de estas comisiones se dará a conocer en breve.

NOTAS

1. Véase por ejemplo M. Roche, **Descubriendo a Prometeo**, Monte Avila Editores, Caracas, 1975; J. Sábato (ed), **El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia**, Paidós, 1975; M. Roche, "Apuntes para una historia de la ciencia en Venezuela", en M. Aguilera y otros (ed) **La participación de la comunidad científica frente a las alternativas del desarrollo**, Asovac, Caracas, 1982.

2. Entre otros: V. L. Urquidí, A. Lajous, **Educación superior, ciencia y tecnología en el desarrollo económico de México**, El Colegio de México, 1969; M. S. Wionzcek, "Obstáculos de una ciencia nacional", **Nexos**, 4, abril 1978; J. Hodara, **Bases para un Programa Nacional de Investigaciones en Costa Rica**, Ministerio de Planificación, San José, Costa Rica, 1982.

3. Véase F. Sagasti, **Tecnología, planeación y desarrollo**, IEP, Lima, Perú, 1977; R. Zeida, **Bases para la identificación funcional explícita de las asignaciones para la tecnología en el presupuesto fiscal de Costa Rica**, Ministerio de Planificación, San José, Costa Rica, 1982; y en forma más particular, N. Choucri, "Energía y desarrollo tecnológico en América Latina", en M. S. Wionzcek (ed) **Capacidad tecnológica interna y sector energético en los países en desarrollo**, El Colegio de México, México, 1982.

4. J. Leites López, **La ciencia y el dilema de América Latina: dependencia o liberación**, Siglo XXI, México, 3a. edición, 1978; H. Vessuri, **Consideraciones acerca del estudio social de la ciencia** (mimeo.), Guanajuato, México, 1982.

5. J. Hodara, **La productividad científica: criterios e indicadores**, UNAM, México, 1970; M. Roche-Y. Freitas, "Productividad e información científica en América Latina", **Inter ciencia**, septiembre-octubre 1982.

6. Véanse los inteligentes recuentos de J. Velasco sobre la situación de la política científica en varios países de América Latina, **Inter ciencia**, 1981 y 1982.

7. Como habría acontecido recientemente en Argentina que, paradójicamente, desempeñó un papel pionero en la legislación nacionalista sobre ciencia y tecnología. Véase la nota de J. Sábato, **Inter ciencia**, noviembre-diciembre 1981.

8. Algunos de ellos han sido caracterizados por J. Hodara, "Políticas latinoamericanas para la ciencia y la tecnología", **Comercio Exterior**, vol. 33, número 1, enero 1983.

9. Como aproximaciones al tema véase Y. Elkana (ed) **Towards a Metrics of Science**, J. Wiley, New York, 1978; E. Garfield, **Citation Indexing Its Theory and Applications in Science, Technology and Humanities**, J. Wiley, New York, 1979; y el recuento de R. Hahn, **A Bibliography of Quantitative Studies on Science and Its History**, Berkeley, **Papers in the History of Science** III, 1980.

10. Aparte de las referencias de la nota anterior, véase F. M. Andrews (ed), **Scientific Productivity**, Cambridge University Press/UNESCO, 1978; P.D. Allison, "Inequality and Scientific Productivity", **Social Studies of Science**, 10, 2, Mayo 1980; Y. Rabkin, "Science and Technology: Can one Find a Measurable Relationship", **Fundamenta Scientiae**, 2:(3/4), 1981; D. de Solla Price, **Role of Science Indicators in Science Policy Formulation**, Primer Seminario Panamericano sobre Métodos Cuantitativos en Políticas de las Ciencias y en Prospección Tecnológica, Universidad de Montreal-CONICIT, Costa Rica, febrero 1983.

11. Véase una ilustración en D. O. Edge-M. Mulkay, **Astronomy Transformed**, J. Wiley, New York, 1976.

12. D. de Solla price, "Quantitative Measures of the Development of Science", **Archives Internationales d'Historie des Sciences**, 14, 1951; y su libro seminal **Science Since Babylon**, Yale University Press, 1965; para los aspectos conceptuales véase R. Merton, **Sociology of Science**, Chicago University Press, 1973.
13. Sin embargo, algunos autores han expuesto reparos a estas generalizaciones empíricas. Por ejemplo: D. Edge, "Quantitative Measures of Communication in Science: A Critical Review", **History of Science**, 27, 1979.
14. L. J. Anthony, "The Growth of Literature of Physics", **Reports on the Progress of physics**, 32, 1969.
15. D. Crane, **Invisible Colleges**, The University of Chicago Press, 1962.
16. Consúltese J. Gaston, **The Reward System in British and American Science**, J. Wiley, New York, 1978.
17. Th. Kuhn, **The Structure of Scientific Revolutions** (hay versión en español publicada por el FCE, México) enlarged edition, University of Chicago Press, 1970.
18. N. Mullins, "The Development of a Scientific Speciality", **Minerva**, 10, 1972.
19. Al respecto véase L. L. Hargens, "Research Areas and Stratification Processes in Science", **Social Studies of Science**, 10, 1, febrero 1980.
20. Ciertamente, la estructura social de la ciencia es un caso interesante de universalismo generoso y desigualdad despiadada. Véanse fundamentos empíricos en J. Cole-S. Cole, **Social Stratification in Science**, University of Chicago Press, 1973.
21. La "ley" de Lotka fue publicada en 1926, en el **Journal of the Washington Academy of Sciences**, 16, Junio.
22. De esta forma nos aproximamos a la "sociología del regalo", sugerida por Mauss. Véase también H. Zuckerman, **Scientific Elite: Nobel Laureates in the United States**, The Free Press, New York, 1977.
23. Al respecto véanse los trabajos empíricos de K. Korr y otros, "Individual Publication Productivity as a Social Position Effect in Academic and Industrial Research Units, en F. M. Andrews (ed) **op. cit.**
24. Como encontró J. Mitroff, "Norms and Counter-Norms in a selected Group of the Apollo Moon Scientists", **American Sociological Review**, 39, 1974.
25. Esta es la dirección general de los trabajos que la revista especializada **Scientometrics** (se edita en Hungría y ve luz en Holanda) viene publicando desde 1978.
26. D. de Solla Price, "Measuring the Size of Science", **Proceedings of the Israel Academy of Science and Humanities**, 4, 6, 1969; y J. Davidson Frame, "National Economic Resources and the Production of Research in Lesser Developed Countries", **Social Studies of Science**, 9, 2, Mayo 1979.
27. Sobre "estilos de negociación" en ciencia véase M. Blisset, **Politics in Science**, Little Brown, Boston, 1972.
28. Por ejemplo A. Herrera, "Social Determinants of Science Policy in Latin America: Explicit Science Policy", en **J. of Development Studies**, 9, 1, 1972; y J. Hodara, **Science and Technology Policies in Latin America: Five Case Studies**, Tel Aviv University, 1979.
29. Un ejemplo elocuente de este mecanicismo es B.C. Tunnerman, "Ciencia, técnica, sociedad y universidad", **Deslinda**, 105, UNAM, México, septiembre 1978. No es el único. Esta tendencia es hilo común en muchos "diagnósticos nacionales" sobre el estado de la ciencia.
30. Véanse las estimaciones de UNESCO en la serie **La política científica en América Latina**, especialmente 2, No. 29, Paris, 1971.
31. J. Arias, **Recursos destinados a actividades científicas y tecnológicas en América Central**, OEA, Washington D.C., 1975.
32. Véase CONICIT-OFIPLAN, **Costa Rica - El estado actual y las tendencias en el campo de las políticas científicas y tecnológicas**, UNESCO, La Paz, octubre 1981.
33. Véase J. Velasco, "Algunos hechos y muchas impresiones sobre ciencia y tecnología en México", **Inter ciencia**, diciembre 1981.
34. M. Roche-Y. Freitas, "La información científica en América Latina", **Inter ciencia**, septiembre-octubre 1982.
35. R. Merton, **op. cit.**

36. N. Wiener, "Mis días en México", **Ensayos**, CONACYT, México, 1978.

37. M. Sadosky, "Mito y realidad de la producción nacional", **Beta**, 1, 2, noviembre 1980.

38. J. Hodara "Science and Technology Policies in Latin America: Against a Holistic Approach", en M. S.

Wionczek-B. Thomas (eds), **Science, Technology and Development**, Pergamon Press, Nueva York, 1979.

39. Acaso en esta hipótesis se encuentre la explicación de la discontinuidad relativa que se ha verificado en la evolución de la ciencia en América Latina entre los iniciadores de una especialidad (generalmente extranjeros y/o educados en los centros formativos de la disciplina) y los continuadores, más sensibles a los estímulos conflictivos del entorno. Véanse ejemplos en M. Roche, **op. cit.**