



LOS INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGIA COMO UN ELEMENTO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO

LUIS CARLOS ARBOLEDA

Jefe, División de Ciencias Básicas
Colciencias



INDUDABLEMENTE UNO DE LOS RETOS que la tarea de poner a punto un Sistema Nacional de Ciencia y

Tecnología viene planteando y planteará de ahora en adelante a los organismos y actores del sector, es la construcción de un subsistema accesible y completo de información sobre el estado del potencial científico y tecnológico realmente existente en el país. Se trata tanto de inventariar los recursos institucionales, humanos y financieros que intervienen en las actividades del sector, como de caracterizar en forma precisa la productividad, calidad, utilización e impacto de sus resultados. En ausencia de indicadores que permitan a los diferentes interlocutores medir de manera incontestable la vida real y el estatus de nuestra actividad científica, tanto la planificación, como la formulación y ejecución de políticas adolecerán como hasta el momento de la base empírica que les impide integrarse efectivamente en la dinámica de conflicto de tales actividades y arraigar en el largo plazo dentro de un proyecto nacional científico.

Algunos organismos del sector C&T se han limitado a adoptar incipientes y fragmentados sistemas de acopio, centralización y conservación de documentos, referidos por lo regular casi que exclusivamente al área de su especialidad, los cuales reproducen indefectiblemente las normas e indicadores de uso corriente en bancos de datos de los países industrializados, que probablemente permiten describir la actividad de la ciencia del "mainstream", pero que son de un alcance muy limitado para diagnosticar el estado y la productividad de la investigación en C&T del Tercer Mundo y de Latinoamérica en particular. Por tal motivo sólo nos dan una imagen incompleta y a veces imprecisa de cómo se implementa en la práctica la investigación y la comunicación científica en el Tercer Mundo, de cómo se

"construye" la ciencia en esos países, de cómo seleccionan y desarrollan los investigadores sus estrategias científicas y su participación relativa en la ciencia local e internacional. En fin, se trata de indicadores científicos diseñados para medir la ciencia de los países centrales y, por consiguiente, no adecuados para las naciones de la periferia, especialmente las que están en vía de desarrollo.

Por otra parte, la creencia en la neutralidad de los indicadores conlleva el riesgo de legitimar las visiones pesimistas que ellos difunden sobre la productividad y calidad de la ciencia periférica. Asimismo se pueden alimentar tendencias espontáneas en nuestros grupos más abiertos a la modernidad a trazar sus estrategias investigativas no tanto en función de las condiciones locales, sino para adaptarse mejor a las formas de colaboración y de publicación características de la ciencia del "mainstream". Lo anteriormente dicho dificulta aún más el diseño de políticas viables para planificar y controlar el proceso de modernización científica. La pregunta sobre cómo aproximarse a unos estándares científicos internacionales respondiendo al mismo tiempo a los valores, intereses y necesidades regionales, abre un espacio fundamental a la reflexión teórica sobre la definición de criterios de medición de la calidad y productividad de nuestra actividad científica y tecnológica que sean al mismo tiempo pertinentes a las condiciones culturales, sociales y económicas de nuestro contexto.

INDICADORES DE C&T EN LATINOAMERICA

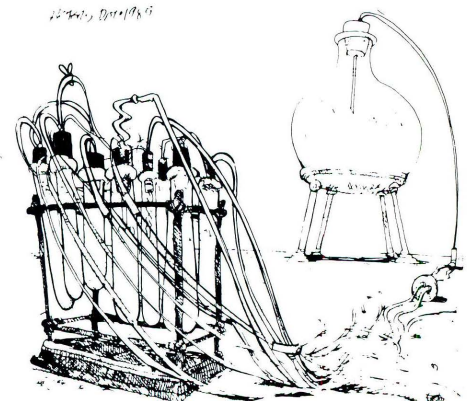
Aunque los esfuerzos realizados durante las dos últimas décadas por muchos países en desarrollo en el campo de la ciencia y la tecnología han comenzado a tener algunos resultados, sin embargo, a juzgar por los indicadores internacionales utilizados para establecer la cantidad, la calidad y la pertinencia de su producción científica, comparada con la de los

países centrales productores de ciencia, ésta sería casi despreciable [Gaillard, 1989; McLauchlan, 1988]. Si bien ya se señalan diferencias entre los esfuerzos nacionales y la cantidad de resultados obtenidos, los ordenamientos resultantes muestran que la contribución de quienes están en la parte superior de la escala es aún bastante baja y no guarda relación con la importancia relativa de su población. Los indicadores internacionales reflejan, igualmente, la escasa producción regional y el poco crecimiento que ha tenido la productividad científica, medida ésta esencialmente con criterios bibliométricos [McLauchlan, 1988].

Otro aspecto que vale la pena resaltar, sin pretender ir al fondo del problema, es que no parece ser viable en el corto o mediano plazo un acuerdo conceptual sobre la precisión y relevancia de los indicadores de ciencia y tecnología en la región, ni sobre la pertinencia de los indicadores cualitativos y cuantitativos en las condiciones locales.

EL USO DE INDICADORES INTERNACIONALES, especialmente los contruídos a partir de bancos de datos del Science Citation Index ha sido cuestionado desde el momento de su conformación por científicos de los mismos países centrales produc-

Tomado de Mundo Científico No.93





Tomado de Agora No.13

tores de ciencia [Velho, 1990]. Las críticas se basan en los criterios de selección de la muestra que sirve de apoyo y en la no consideración de la vinculación de los intereses locales con los temas de investigación y con las estrategias de publicación de los resultados, lo cual lleva a que en ocasiones se privilegien lenguas diferentes a la "lingua franca" en el campo de la ciencia, es decir al inglés, o a que se busquen canales y medios de comunicación que no coincidan con los implícitamente aceptados como normales en los indicadores internacionales [Gaillard, 1989]. Es posible, además, que a partir del conocimiento de algunas de las conclusiones extraídas de estudios hechos mediante esos bancos de datos se generen estrategias de publicación, por parte de los investigadores, que buscan alinearse con las normas implícitas que regulan la producción de la "mainstream science", es decir, la que se torna visible a partir de esos mismos indicadores. Ello conduce a la necesidad de explicitar la base epistemológica que sostiene la creación de esos indicadores e incluso a proponer un regreso a una sociología de la dinámica de la actividad científica abandonando, o al menos relativizando, las posibilidades de la sociología de la ciencia de tipo mertoniano para dar cuenta de las formas de hacer ciencia y, en consecuencia, de "medirla" [Velho, 1990].

Sin embargo, la pertinencia de las críticas no debe esconder que la producción científica latinoamericana no es muy grande. Se requiere pues establecer las reales potencialidades adquiridas y su estructuración interna, con el fin de introducir orientaciones racionales que sirvan de referencia a los grupos de investigación para proponer proyectos pertinentes y formar e impulsar redes de relaciones que potencien los resultados en la actual situación de escasez de recursos.

Aunque cada vez está más claro que los indicadores no son una panacea, al menos en el estado actual de investigación y aprovechamiento de este tipo de medidas, también es evidente que sí constituyen un instrumento insustituible en diferentes campos de lo que podría llamarse Estudios Sociales de C&T. Los "policy-makers" entienden progresivamente que las complejas realidades que plantean nuestras actividades científicas y las urgencias del desarrollo, así como los límites estructurales de la inversión, obligan a referir a indicadores fiables las decisiones en materia de

prioridades y asignaciones de recursos en particular, y de elaboración de políticas científicas realistas en general. En síntesis, el problema de los indicadores en la región está definido por la tensión entre dos polos: De un lado están las limitaciones inherentes a los indicadores convencionales transferidos de los países centrales a realidades locales en las que no existen tradiciones y capacidades de análisis y manejo de estos instrumentos. De otro, el uso indiscriminado y cada vez más frecuente de los indicadores y estadísticas básicas en C&T.

Al examinar el dilema anteriormente planteado, no se puede desconocer que, sobre todo en las actuales circunstancias de desarrollo incipiente de los indicadores en América Latina, la adecuación y el empleo de estos instrumentos depende del interés concreto o necesidad de quien los requiere. Se podría afirmar entonces que los indicadores incorporan un interés tanto en su producción como en su aplicación, lo que tiene una repercusión innegable en la viabilidad y coherencia de las estrategias de C&T a mediano y largo plazo.

DADA LA MULTIPLICIDAD DE APRECIACIONES que existen en la región sobre los conceptos básicos que se utilizan para designar las actividades de C&T (investigación, básica o aplicada, innovación tecnológica, gestión, impacto tecnológico, etc); la dispersión institucional, la heterogeneidad de experiencias organizativas en C&T y las distintas modalidades de participación de los actores en el sector, es recomendable propiciar mecanismos que permitan obtener consensos regionales sobre los conceptos a los cuales se refieren las estadísticas básicas y los indicadores, como punto de partida para establecer formas de cooperación tales como los Bancos Regionales de Datos en C&T. Si bien los indicadores internacionales no son *per se* y de manera indiscriminada aplicables (transferibles) a nuestros países, en alguna medida nos sirven como "luces de alerta" para actuar y producir indicadores más especializados.

En lo referente a los indicadores tradicionales, como éstos no dan cuenta de aspectos fundamentales relacionados con la validación social, la legitimación, la percepción de las propias comunidades y demás actores frente al Estado y el régimen político, ni en las mutuas representaciones (no explícitas) de tales actores entre sí y con respecto a sus

entornos institucionales respectivos, es necesario lograr una fórmula de compromiso entre los indicadores cuantitativos convencionales y este último género de indicadores cualitativos; fórmula en la cual hay que medir lo cualitativo técnica y conceptualmente, expresándolo a través de variables unívocas con valores dentro de un campo bien delimitado. Sin embargo, no debemos olvidar que en su naturaleza intrínseca, todo indicador responde a un determinado abordaje intelectual y a una conceptualización implícita sobre la Sociología de la Ciencia.

De lo anterior se deduce la necesidad de ajustar los indicadores estándares a las condiciones locales y de trabajar específicamente sobre indicadores contextualizados en estudios sociológicos de las dinámicas de comunidades, usuarios y demás actores del sector C&T. Esto se refiere a: (a) **indicadores de entrada** (input), que miden los factores de producción científica y técnica, recursos e instituciones del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología en términos de gasto, inversión y gestión administrativa; (b) **indicadores de salida** (output), relativos a los resultados de las actividades científicas innovativas y que corrientemente se expresan en técnicas bibliométricas (número de publicaciones, licitaciones, co-licitaciones, palabras asociadas) y (c) **indicadores de impacto**, referentes a las consecuencias sociales y económicas de la actividad científica y tecnológica, las imágenes sociales de tales actividades, los objetivos de las instituciones del sistema en cuanto a la solución de urgencias nacionales y la relación de indicadores de C&T con indicadores macroeconómicos y sectoriales [IIAECyT, 1989].

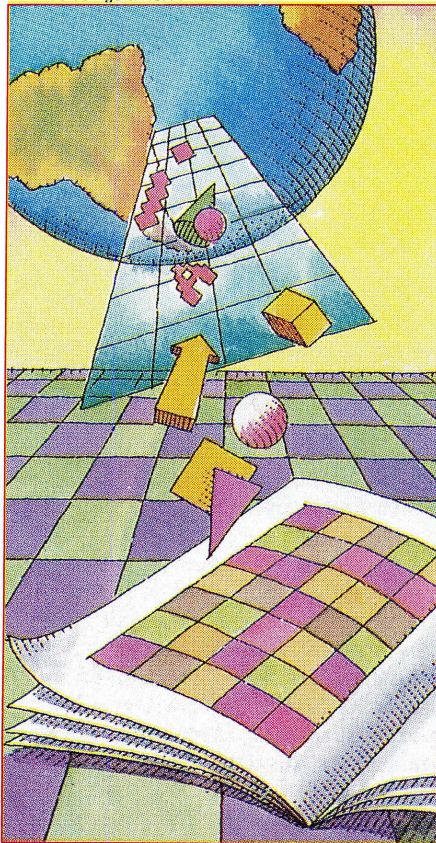
En cada uno de estos casos la contextualización debe traducirse en esfuerzos por fundamentar los indicadores en fuentes de datos primarios y estadísticas nacionales, de acuerdo con criterios de homogeneidad, comparabilidad y confiabilidad, válidos para todas las instituciones y actores del sistema. Asimismo, significa un empeño sistemático de traducción a las condiciones locales de los indicadores y estadísticas de bases de datos internacionales, de manera tal que su uso sea lo más consistente posible con las bases del sistema nacional de información en C&T. Esto comporta un concepto de **investigación sobre la investigación**, en el cual, particularmente la información sobre las actividades nacionales en C&T, se

construirá dentro de un campo intelectual acotado por tres planos: las estructuras sociales, las cognitivas y las documentales. [Polanco, 1990].

EN FIN, SE REQUIERE QUE LOS DIFERENTES PAISES adopten sistemas de acopio, conservación y determinación de estadísticas básicas e indicadores nuevos que incrementen progresivamente la capacidad de descripción y evaluación de los sistemas nacionales de C&T y propicien proyectos de investigación en estas materias en conjunto con la comunidad académica y los usuarios; que establezcan programas de capacitación y formación y que estimulen las acciones de colaboración entre bloques de países para impulsar los estudios comparativos de las dinámicas respectivas de la investigación científica, la innovación y la gestión tecnológica.

Los nuevos retos deben enfrentarse a partir del reconocimiento de especificidades regionales, de las posibilidades de mutuo apoyo; en síntesis, de la cooperación entre los centros regionales que más han avanzado en la construcción de una mínima infraestructura científica y la periferia de ese centro que tiene intereses comunes, similares preocupaciones y

Tomado de Agora No. 14



las mismas necesidades por resolver. Las propuestas, en el caso de los indicadores, comienzan a ubicarse en el dominio de la cooperación así entendida, para encarar problemas definidos con autonomía, buscando la generación de redes de relaciones que potencien la obtención de resultados tendientes a la solución de necesidades específicas [Gaillard, 1989; Velho, 1990; Vessuri, 1986]. De todas formas los estudios sobre la ciencia y la tecnología en los países en desarrollo comienzan a señalar la necesidad de considerar una multiplicidad de aspectos y de elementos culturales que pueden potenciar o retardar el acceso a la modernización y que no coinciden con los que tuvieron vigencia en los países hoy productores de ciencia [Gaillard, 1986; Goudineau, 1986; Raj y Goudineau, 1986], así como de condiciones ideológicas, políticas, institucionales que se oponen al reconocimiento social de la importancia de la investigación [Arvanitis, 1986].

EL CASO BRASILEÑO

A manera de ejemplo y para ilustrar al lector sobre el uso de indicadores en el sistema de ciencia y tecnología, exponemos a continuación el caso brasileño, que merece ser tenido en cuenta. De acuerdo con Rubens Queiroz [Queiroz, 1990], experto brasileño en el tema, los organismos de C&T del Brasil tienen una organización institucional descentralizada y existe una tendencia a que las decisiones de planeación y diseño de políticas se acerquen a un funcionamiento dentro de un consenso mínimo entre los actores del sistema. Esto último es particularmente válido en relación con la oferta y demanda de información (estadísticas básicas e indicadores dedicados en sectores específicos) que circula y se genera alrededor de las siguientes actividades: planeación de la inversión pública en C&T; evaluación y aprobación de esta planeación; diseño de las estrategias del sector privado frente a la inversión pública y a las tendencias internacionales; evaluación y fiscalización, por parte de la comunidad científica y tecnológica, de la adecuada aplicación de los recursos y de la eficiencia de su propia ejecutoria de acuerdo a estándares internacionales.

El modelo brasileiro de organización flexible para el desarrollo y uso de los indicadores del sistema de C&T depende en última instancia de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Presidencia de la Unión. Esta infraestructura constituye el soporte que ar-

ticula el funcionamiento del mercado de actividades, servicios y productos de C&T. En ella los interlocutores interactúan libremente con base en criterios exclusivamente técnicos, ya que existe un consenso sobre la "validez universal de las estadísticas e indicadores" (la cual está de terminada por la demanda internacional) y, en consecuencia, sobre la viabilidad de su aplicación. Bastaría hacer ciertos **ajustes locales** a estos indicadores para asegurar su validez en la realidad del sistema nacional de C&T; incluso en situaciones en donde intervienen indicadores cada vez más complejos y especializados.

La propuesta organizativa de las estadísticas e indicadores en C&T en el caso brasileño, se refuerza finalmente con una política de formación técnica que, teniendo en cuenta las condiciones del entorno, se propone coordinar, regular, racionalizar y calificar los recursos ya existentes dentro de los organismos del sistema. El plan de formación integra temáticas sobre la validez global de los indicadores y aspectos del debate internacional sobre su reformulación atendiendo a las condiciones de los contextos locales. Igualmente se ha fijado como meta desmitificar la elaboración y el uso de indicadores, discutiendo con los estudiantes los problemas del debate internacional sobre la fundamentación técnica y epistemológica de los indicadores y sobre los procesos históricos de su construcción; analizando casos de estudio relativos al uso de indicadores en la evaluación de programas y proyectos en algunos de los sectores convencionales de C&T y comparando sistemas de países diferentes, en particular cuando se trata de medir los efectos diferenciales de la inversión pública y privada.

UN ASPECTO INTERESANTE DE RESALTAR es el esfuerzo tendiente a resolver las cuestiones prácticas de formación de expertos y organización de los recursos disponibles y las discusiones teóricas sobre la delimitación conceptual de los indicadores con el fin de describir y contribuir a mejorar las racionalidades de nuestros sistemas informes de C&T. No deben olvidarse los "ajustes locales" a los indicadores convencionales cuando se aplican a nuestras propias realidades, ya que no podemos utilizar eficientemente tales indicadores sin tener en cuenta que las actividades modernas de C&T que se prefiguran en nuestros países, sufren todos los días la influencia de factores estructurales del entorno tales como tradicio-

nes, culturas premodernas y paramodernas y de formas anacrónicas y contemporáneas de institucionalización y profesionalización de disciplinas y profesiones.

La construcción de una capacidad de investigación y aplicación de los indicadores en cualquiera de nuestros países, no podría dejar de considerar los conflictos y tensiones que la situación antes mencionada produce a nivel de la organización de los productores y usuarios. De ahí que la "búsqueda de consenso" a la cual se refiere la experiencia brasileña, pasa inevitablemente por una reflexión fundamental, no solamente sobre las bases epistemológicas de la relación entre indicadores y realidad, sino también sobre cuestiones mucho más amplias como ciencia y contexto en los centros y en las periferias, la mundialización de las ciencias, la transferencia tecnológica, las dinámicas de las comunidades científicas, los procesos de institucionalización, etc. Los esfuerzos teóricos y organizacionales sobre los indicadores (su producción y aprovechamiento), tampoco serían efectivos ni favorecerían la búsqueda de racionalidad de las políticas científicas y tecnológicas, si no consideraran las negociaciones implícitas y explícitas de intereses entre los productores y usuarios dentro del sistema de C&T.

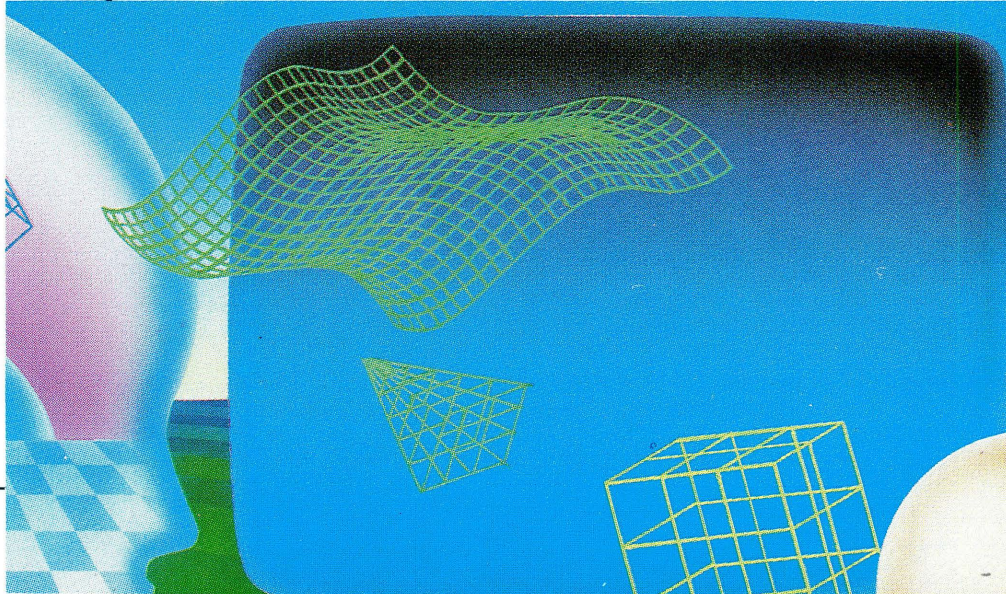
Aunque la experiencia brasileña no explica cómo podría producirse un consenso sobre los indicadores en este marco de tensiones y conflictos, en el que las diferencias empiezan cuando se consideran las delicadas materias relativas a la calidad de los indicadores, las estrategias para su obtención y su conservación y aprovechamiento, su esquema organizacional puede ser bastante favorable a este propósito, dado que involucra mecanismos abiertos (descentralizados y poco

burocratizados) para la relación entre productores y usuarios de la información en C&T. Además, este modelo se sustenta en un programa de formación en el cual se ofrecen amplias posibilidades de reflexión y de reestructuración de la matriz de indicadores adoptada en el sistema. Ello es una garantía para el éxito de tareas tales como el desarrollo de indicadores, la construcción de bancos y bases de datos, la eventual formación de un Instituto Nacional de Estadísticas y el establecimiento de redes y otras formas de cooperación regional en este campo.

HACIA EL FUTURO

Teniendo en cuenta los planteamientos anteriores y dada la actualidad que cobra la indagación sobre los indicadores de C&T para la constitución de un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología en el país, se hace necesario crear las condiciones para que los grupos formales e informales que están en vías de conformar una Red Nacional de Estudios Sociales en C&T, la asuman sistemáticamente como parte de un programa a largo plazo para el fomento y orientación de la capacidad investigativa en el sector. Solamente a través del intercambio de experiencias que sobre esta materia exista entre los distintos grupos nacionales y mediante la confrontación con especialistas extranjeros, será posible avanzar en la creación de relaciones estables entre estos grupos y en la transferencia al país del debate internacional sobre indicadores y sobre las estrategias de investigación y publicación en C&T en países en desarrollo. Para crear las condiciones que favorezcan en nuestro país el proyecto de construcción de sistemas nacionales de indicadores explotando la cooperación internacional, Léa Velho ha sugerido recientemente [Velho, 1990] al-

Tomado de Agora No. 13



gunos mecanismos operativos entre los cuales cabe mencionar los siguientes: propiciar encuentros regionales y nacionales entre científicos, analistas y administradores de C&T por áreas temáticas, en los cuales se discutan los comportamientos específicos de investigadores, por ejemplo en cuanto a la publicación de sus resultados; vincular a las comunidades y sociedades científicas en proyectos concertados de indicadores de C&T; validar los resultados de tales esfuerzos y elaborar, a partir de allí, metodologías globales para producir indicadores aplicables a varios campos; utilizar para este fin las experiencias de análisis comparativos que puedan existir entre países de la región, así como los estudios bibliométricos y los recursos disponibles en materia de bases de datos. Con respecto a estos estudios siempre es indispensable tener en cuenta que las estrategias más viables serán aquellas que se apoyan en varios tipos de indicadores (no exclusivamente bibliométricos o de salida). No basta el dato para "objetivizar" la actividad. La información que ofrece un determinado indicador bibliométrico debe ser complementada con otros géneros de información, entre los cuales es muy importante el punto de vista de los propios actores de la diná-

mica investigativa y de los observadores de la misma desde las disciplinas sociales, históricas, etnológicas y políticas. Nada más pertinente que la recomendación final del artículo antes referido de Velho: "No olvidar que en el estado actual de la cuestión, el uso de los indicadores bibliométricos cuanto más nos ofrece un enfoque limitado de la capacidad científica de América Latina. Esto es, ciertamente, una base muy frágil para la toma de decisiones políticas en ciencia. De ahí que se deba tener extremo cuidado al formular cualquier recomendación política solamente a la luz de indicadores bibliométricos" [Velho, 1990].

REFERENCIAS

BRUNNER, José Joaquín (1989). **Recursos Humanos para la Investigación Científica en América Latina**, FLACSO-IDRC, Editorial Universitaria, Santiago.
 CHARUM, J., ARBOLEDA, L.C. (1990): **Documentos preparatorios del Seminario- Taller sobre el Problema de los Indicadores Científicos en Colombia y Latinoamérica**. Colciencias- Academia Colombiana de Ciencias-U. Nacional de Colombia- U. del Valle (manuscrito).
 CHATELIN, Y. (1986). Les politiques scientifiques et la bibliométrie, In **Pratiques et politiques scientifiques**, Bulletin

de liaison No.4, ORSTOM, Paris.
 GOUDINEAU, Y., ARVANITIS, R., GAILLARD, J. (1986): *Stratégies de développement et communautés scientifiques nationales. Positions et projets d'enquêtes*, In **Pratiques...**, op cit. IIAcEYT (1989): **Observatorio de la actividad científica y tecnológica. Los indicadores de C&T en México** (Anteproyecto). Instituto Iberoamericano de Estudios sobre C&T, México.

MCLAUCHLAN, Patricia (1989): **Indicadores comparativos de los resultados de la investigación científica y tecnológica en América Latina**, Grade, Lima.

POLANCO, Xavier (1985): Science in developing countries. An epistemological approach on the Theory of science in context, **Quipu**, Vol.2, No.2, pp 303-318.

POLANCO, X. (1990): **Conferencias dentro del Seminario- taller sobre el problema de indicadores**, op. cit.

RAJ, K. et GOUDINEAU; (1986), Science et technologie en Asie, In **Pratiques...**, op. cit.

VELHO, Léa (1990): **How to improve the legitimacy and validity of science and technology output indicators: the case of scientific publications in Latin America**. CNPq- Brasil (Manuscrito).

VESSURI, Heve (1986): La evaluación de la capacidad científica de América Latina ante el desarrollo de las nuevas tecnologías, **Acta Científica Latinoamericana**, No.37.

CIENCIA PERIFERICA Y COMUNICACION ENTRE CIENTIFICOS (1)

LIGIA PARRA ESTEBAN

Centro VOC de Investigación de la Comunicación entre Científicos



CIENCIA PERIFERICA, POR OPOSICION A CIENCIA CENTRAL, es el término con el cual algunos autores designan la ciencia que producen los países en desarrollo. Como muchos otros, es un término controvertido, usado por unos y rechazado por otros. Su origen está relacionado con la métrica de la ciencia o cienciometría, nueva área del trabajo de investigación que ya muchos consideran más importante que la moderna Econometría. La métrica de la ciencia estudia la ciencia misma en su crecimiento y desarrollo a través de la historia humana. En 1983, en San José de Costa Rica, durante el I Taller de Métodos Cuantitativos y Pronóstico Tecnológico para Política Científica, Derek J. de Solla Price en **Role of Science Indicators in Science Policy Formulation**, señalaba que en esa fecha se había llegado a la tercera generación de estudios cienciométricos. La primera generación, según Price, comenzó en 1939 con los estudios pioneros de John Desmond Bernal, **The Social Function of Science**; la segunda emergió en 1960 cuando empezaron a aparecer

los estudios bibliométricos, de los cuales el autor más sobresaliente es Eugene Garfield, **Citation Indexing, Its Theory and Applications in Science, Technology and the Humanities**; y la tercera comenzó en 1970 cuando los estudios cienciométricos se apartaron de los bibliotecólogos para enfocar su atención hacia la administración y gerencia de los recursos económicos de las naciones en ciencia y tecnología. La cuarta generación de estudios cienciométricos, creemos nosotros, se inició a partir de los 80 y está basada en las telecomunicaciones y en la integración de tecnologías para la comunicación entre científicos. Tal vez, los pioneros de esta nueva era han sido Ira H. Fuchs y Greydon Freeman (1981), quienes al unir, por medio de un modem sus computadores, iniciaron BITNET (2), la red de computadores académicos más grande del mundo que hoy en día conecta a más de 700 centros de educación superior y de investigación en países de Norte América, Asia, Medio Oriente y Suramérica. Con la aparición de BITNET, la tradicional comunicación entre científicos a través de la imprenta, empezó a cambiar e