

UNIVERSIDAD, INNOVACIÓN Y SOCIEDAD: EXPERIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE LA HABANA

Jorge Nuñez Jover¹
Fernando Castro Sanchez²

Resumo

A la luz de los modelos contemporáneos que dan cuenta de las interacciones Universidad, Innovación y Sociedad, en este trabajo presentamos un panorama de la evolución de la investigación científica en la Universidad de La Habana, los cambios operados en sus relaciones con los sectores productivos y las transformaciones en sus formas de institucionalización. Se argumenta que desde los tempranos 60's el modelo de investigación universitaria pretendió ser más "interactivo" que lineal u ofertista. En los 80's, dentro de un nuevo tejido de relaciones ese modelo evolucionó hacia una mayor incorporación a los procesos de innovación. Presentamos varios ejemplos de innovaciones generadas por la Universidad, los cuales, observados a la luz de los modelos surgidos en los países industrializados, permiten extraer valiosas enseñanzas para la política de investigación e innovación universitaria.

Palabras claves: Investigación. Innovación. Universidad. Pertinencia. Impacto social.

1 INTRODUCCIÓN

El debate que ha tenido lugar en América Latina y el Caribe acerca de la ciencia, la tecnología y la innovación en los procesos de desarrollo social y en particular sobre de los roles que la Universidad debe jugar en tales procesos, se ha acentuado en los últimos años a la luz del papel atribuido a los conocimientos, la innovación en las transformaciones tecnoproductivas y la vida económica y social de los países. Desde los países subdesarrollados, en particular los de América Latina, se ha venido construyendo un discurso que enfatiza el papel de la innovación y los conocimientos en la superación de la "condición periférica". Pieza clave dentro de ese discurso es el tema de la vinculación de la universidad con los sectores

¹ Professor Doutor da Universidad De La Habana. Pro-Rector de Postgraduación de la Universidad de la Habana. Universidad de la Habana, Dirección de Postgrado. calle J número 556 entre 25 y 27 Vedado, Ciudad de la Habana- Cuba CP 10400 jorgenjover@rect.uh.cu

² Estudiante de doctorado en CTS- Ciencia, Tecnología y Sociedad por la Universidad de la Habana y la Universidad de Roskilde en Dinamarca Es profesor de la Universidad de Matanzas, Cuba. fdocris@yahoo.es. Recibido em: 28/10/2005. Aceito em: 07/11/2005

productivos, asunto que se acompaña de otros debates, como el de la financiación y el de la calidad de la educación superior.

En ese contexto la universidad aparece cuestionada por su escasa pertinencia y se pide de ella un mayor esfuerzo para producir conocimientos relevantes para el entorno productivo, que pueda contribuir a su autofinanciamiento.

A pesar de que el modelo social de Cuba es diferente al modo de producción capitalista extendido en la región, esos problemas mencionados no le son ajenos. En Cuba, dentro de un contexto de severas restricciones económicas, la política científica y tecnológica (PCT) se ha orientado a la creación de un sistema nacional de innovación y se han realizado numerosos esfuerzos por conectar el conocimiento, la ciencia ya la tecnología a las demandas sociales, con éxito variable, según los casos.

En este documento comenzamos por repasar algunos de los modelos que nos pueden orientar en la comprensión de las transformaciones ocurridas en los principales países industrializados en relación con la producción social de conocimientos y en particular de las conexiones entre investigación universitaria, innovación y sociedad. A continuación consideraremos algunas de las principales transformaciones ocurridas en la investigación científica en la Universidad de La Habana (UH), con énfasis en la última década. A través de unos pocos ejemplos mostraremos el esfuerzo por avanzar hacia modelos de investigación universitaria que favorezcan un mayor impacto social de sus resultados, incluida la dimensión económica. La consideración de esos ejemplos puede contribuir al aprendizaje institucional en materia de política científica universitaria.

2 MODELOS SOBRE UNIVERSIDAD, INNOVACIÓN Y SOCIEDAD

Durante los últimos tres lustros han adquirido mayor sistematicidad los estudios sobre la ciencia e innovación tecnológica, sus condicionantes y consecuencias sociales. En mayor o menor medida la universidad aparece integrada a estos análisis, variando su significación y calidad de actor en dependencia de las diferentes perspectivas teóricas. En este apartado realizamos una caracterización general de tres de los modelos conceptuales más difundidos y utilizados, destacando sus aspectos valiosos para el examen posterior de la actividad científica e innovativa de la Universidad de La Habana.

2.1 Los modelos: Sistemas Nacionales de Innovación (SNIs), Modo 2 de producción de conocimientos y Triple Hélice de relaciones universidad- industria- gobierno

La concepción sobre Sistemas Nacionales de Innovación (SNI_s)¹ es una de las primeras respuestas de descripción – y en cierta medida de interpretación- de las transformaciones tecnoeconómicas que se inician en la década de 1970s en los principales países industrializados y que marcaron el paso de economías predominantemente extensivas a economías predominantemente intensivas. Así, la concepción de SNI_s captura el proceso de cambio desde modelos lineales de innovación³ basados en la confianza de que a más ciencia más actividad tecnológica y desarrollo socioeconómico, hacia formas múltiples de innovación (radicales, incrementales, menores) diseñadas y ejecutadas con una amplia interacción de actores⁴

Como esos cambios transcurren con bastante simultaneidad en países de contextos socioeconómicos y culturales diferentes (por ejemplo, pensemos en los casos de Estados Unidos, Alemania y Noruega), podemos encontrar más de una tendencia en la concepción sobre SNI_s. Una posición ha estado asociada a autores estadounidenses y algunos europeos (ej. Richard R. Nelson, Nathan Rosenberg, David C. Mowery, Francois Chesnais y otros) quienes centran su atención en procesos innovativos sustentados en potencialidades tecnocientíficas (protagonismo para las innovaciones radicales) y en el papel de las instituciones que las generan. Por otra parte, tenemos la variante asociada a naciones europeas de la región escandinava, cuyos principales representantes (ej. Bengt-Åke Lundvall, Charles Edquist y Anna Johnson) han destacado la relevancia socioeconómica de la innovación mediante procesos de aprendizaje, aún cuando no tenga un importante peso la potencialidad tecnocientífica de las investigaciones estratégicas sino la experticia diaria que también incrementa el conocimiento técnico y ofrece ideas para la solución de problemas.

No es casual que las definiciones de SNI_s insistan en estos aspectos de participación, interactividad y observación de las tradiciones en los procesos de innovación. Según Lundvall (2000, p.41), “un sistema de innovación está constituido por los elementos y las relaciones que interactúan en la producción, difusión y empleo de un nuevo, y económicamente útil, conocimiento y que un sistema nacional acompaña, localizándolas o enraizándolas dentro de las fronteras del estado nación”.

Los elementos que integran un SNI_s son básicamente dos: las instituciones (u organizaciones) y las normas (disposiciones, reglas). Respecto a las instituciones, SNI_s otorga un lugar protagónico a las empresas pero anotando que éstas casi nunca realizan innovaciones en aislamiento sino intercambiando con otras organizaciones y creando redes de conocimientos.

La universidad es una de las más importantes organizaciones en el desarrollo de tales flujos, aceptándose su papel como fuente de actividad innovativa en la sociedad. Las normas, disposiciones y reglas también juegan un importante papel y las mismas abarcan desde los grandes fines y metas plasmadas en los documentos de políticas y accionadas con la intervención de los gobiernos hasta las rutinas que guían diariamente la producción, la distribución y el consumo (LUNDVALL, 2000).

En una etapa más reciente de los desarrollos teóricos del Concepto SNIs, se viene adoptando una perspectiva más flexible en lo referido a los niveles en que están operando los sistemas de innovación, cuyo alcance muchas veces no es el país, sino la región, la localidad, e incluso un sector (KAISER Y PRANGE, 2004). Esto constituye una respuesta inevitable a las complejidades de los procesos tecnoeconómicos actuales, transcurriendo a un mismo tiempo en ámbitos económicos que van desde lo global hasta lo local.⁵

Al igual que en la Concepción sobre Sistemas Nacionales de Innovación, el Modo 2 y la Triple Hélice reflejan esfuerzos de explicación de los complejos procesos innovativos. Pero hay diferencias. En SNIs predomina la descripción de realidades nacionales o locales ya existentes, mientras que en Modo 2 y Triple Hélice son más evidentes los objetivos de conformación teórico- metodológica, aunque sin anular la referencia al dato empírico.

También en Modo 2 y Triple Hélice es central el propósito de reflexionar los cambios desde la universidad. Veamos estos modelos.

La teoría del Modo 2 se refiere a que la producción del conocimiento científico de avanzada está sufriendo modificaciones sustanciales respecto a las formas académicas, anteriormente predominantes, identificadas con el concepto Modo 1 (GIBBONS, et al., 1994).

El Modo 1 se caracteriza por un conocimiento producido en contextos de descubrimiento, con distanciamiento apreciable del entorno de su aplicación, predominio de las formas disciplinarias de desarrollo de la ciencia; bajo la hegemonía de intereses, orientaciones y la responsabilidad del medio académico y con estructuras de actividad científica más bien jerárquicas y de larga permanencia (lentas para el cambio en la composición individual y grupal ante los giros inesperados en el proceso de investigación) y escaso o nulo nivel de reflexividad (poca participación y diálogo de actores diversos).

En cambio, en el Modo 2 la producción de conocimientos (léase innovaciones) transcurre en el propio contexto de su aplicación, un carácter más interdisciplinario en correspondencia con los problemas complejos que enfrenta la investigación; en el actúan una pluralidad de intereses y orientaciones dada la confluencia de diversos actores con responsabilidad compartida en las definiciones, la conducción y el control de la calidad de los

resultados de la actividad científica e innovativa, por lo general altamente sensibles para la sociedad. El Modo 2 se caracteriza por estructuras organizativas no jerarquizadas y más flexibles (con equipos de investigación institucionalmente plurales cambiantes en dependencia del problema, la fase de

la investigación, etc) y por la extensión e intensidad en los intercambios y reflexiones.

Es obvio que este concepto está sobre todo reflejando procesos que transcurren en las ramas más dinámicas del desarrollo de la tecnociencia actual y en regiones geográficas correspondientes a las naciones más industrializadas, pero con desarrollos posibles en puntos de la geografía mundial donde a los recursos se una determinada voluntad sociopolítica de desarrollo tecnocientífico.

Las explicaciones iniciales sobre el concepto Modo 2 han recibido determinada complementación en trabajos posteriores, ante las autocríticas de los propios autores y los señalamientos de otros investigadores (GIBBONS, 2000a y 2000b; NOWOTNY; SCOTT Y GIBBONS, 2001). Entre los elementos atendidos tenemos los siguientes:

1) El proceso de cambios característicos del Modo 2 no transcurre en el ámbito de la ciencia y la innovación, independientemente de los cambios sociales más amplios. Gibbons (2000a) habla de una “sociedad de Modo 2”, en la que se han ido configurando procesos determinantes para el nuevo modelo de innovación. Tal es el caso de las demandas de innovación incrementadas que emergen de la confluencia de tres niveles de la estructura social: el supranacional, expresado en distintas formas de integración regional y aprobación de programas marco con metas colectivas e individuales para los países; el nacional que continúa demandando producción y aplicación de innovaciones para distintas esferas sociales y el nivel representado por los mismos sistemas de ciencia e innovación, los cuales, de forma extendida de país en país han aprobado mecanismos de evaluación y financiamientos muy exigentes.

Otro proceso señalado es el del incremento en la comercialización de la actividad y los resultados de la ciencia e innovación. Gibbons (2000a) ha insistido en que al Modo 2 le caracterizan la producción de conocimientos socialmente distribuidos pero que no es la figura del productor extendido lo fundamental, sino la del actor (grupo, institución) demandante la que define qué se va a investigar (agendas), el cual puede no pertenecer al colectivo de productores directos, pero sí es un participante estable en las intensas comunicaciones y negociaciones que van moldeando el camino investigativo y ajustando lo mejor posible el producto a las necesidades de la demanda.

2) Aunque los representantes del Modo 2 persisten en la tesis de la producción de

conocimiento socialmente distribuida y, por tanto, en la idea de un más modesto alcance de la universidad frente a otras instituciones⁴, han reconocido que la universidad es un agente importante en uno de los aspectos decisivos de la actividad innovativa actual, al que denominan “configuración de diseños robustos” (GIBBONS, 2000b, p. 358-359). Según Gibbons, la ventaja comparativa en el proceso innovador radica en el logro sistemático de diseños renovadores que se anticipan a lo alcanzado por otros, generando así una corriente de nuevos productos que responden a ese diseño. La universidad es clave porque dada la fortaleza de su capital intelectual reúne las mejores condiciones para trabajar en la frontera del conocimiento.

No es una acción que pueda asumir aisladamente pero para la que se considera actor insustituible.⁶

El modelo de la Triple Hélice, idea originalmente planteada por Henry Etzkowitz y Loet Leydesdorff (1997), es parte del proceso intelectual orientado a captar la evolución de las relaciones universidad- sociedad, en un momento de “segunda revolución académica”⁷ caracterizado por la mayor intervención de la universidad en los procesos económicos y sociales. Otros dos conceptos, “capitalización del conocimiento” y “universidad empresarial”, complementan la explicación del modelo.

En el plano conceptual, Triple Hélice brinda mayores posibilidades para captar las relaciones (transiciones) y hasta las transmutaciones (intercambio de roles) que pueden ocurrir en las relaciones universidad- industria- gobierno. Los autores han introducido en el modelo cuatro procesos inmersos en el movimiento en espiral de las tres hélices. Estos son:

- a) las transformaciones en cada hélice (universidad, industria y gobierno en sí mismos);
- b) las transformaciones que ocurren por la influencia de una hélice sobre otra (ej. incidencias de la industria en la universidad y viceversa);
- c) el surgimiento de un tipo sui géneris de institución reticular o capa (overlay) abarcadora de las relaciones trilaterales, las transiciones y hasta transmutaciones de las instituciones (ej. la universidad realizando actividad empresarial); y
- d) las transformaciones en cada institución por los efectos sobre éstas del movimiento en red caracterizado con el proceso anterior y que los autores denominan “efecto recursivo” (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 1997).

Como se puede entender de lo anterior, el vínculo universidad- industria- gobierno expresa una interacción extendida que puede tener efectos no sólo económicos sino también

políticos y sociales. No obstante, la omnipresencia en la sociedad global actual de los objetivos y mecanismos económicos ha determinado que en el modelo de la Triple Hélice y en sus conceptos auxiliares predominen los aspectos económicos. El modelo de Triple Hélice se apoya en el acentuado valor económico- comercial del conocimiento, su privatización mediante legislaciones y prácticas sobre patentes y protección de la propiedad intelectual, los énfasis en la adopción del secreto tecnocientífico en las instituciones universitarias, los movimientos en espiral de la transferencia de tecnologías, la formación de firmas con o por la universidad y la adopción por muchos académicos de funciones como empresarios “para encontrar dos metas simultáneamente: la búsqueda de la verdad y la realización de ganancias” (ETZKOWITZ, 1998, p. 824).

Precisamente el concepto “capitalización del conocimiento” caracteriza las posibilidades y facultades que van adquiriendo las universidades para dar máxima realización económica y comercial a los productos de su investigación y, a la par, alcanzar niveles elevados de ingresos que pueden ser reinvertidos en el propio proceso investigativo o destinados a otras actividades por los colectivos de investigación o las instituciones.¹⁰

Ese avance de la actividad económico- comercial ha ido generando cambios de orden organizacional y axiológico en las instituciones universitarias en que está más extendida. En el aspecto organizacional lo más importante ha sido la creación de oficinas y empresas (ej. oficinas de transferencia de tecnologías, incubadoras de empresas, etc), la ampliación gradual de circuitos o franjas industriales en torno a las universidades, el desarrollo incrementado de negocios y el aumento de ingresos en colectivos e individuos. En el aspecto axiológico se observan cambios en intereses y valores de investigadores, los cuales ahora han incorporado objetivos y actividades relacionadas con la capitalización del conocimiento con tanta o más fuerza que valores tradicionales como el interés de publicación, el deseo de máxima aceptación colectiva por sus avances intelectuales y el ansia de discusión pública de los resultados científicos. Estos cambios caracterizan el avance de la “universidad empresarial”.

Hay un gran debate en torno a cuál es la correlación adecuada de las misiones y proyección social de la universidad (GIBBONS, 2000a, 2000b; ETZKOWITZ, 1998, 2002; FULLER, 2001, 2003).

No vamos a reproducir los argumentos de las distintas partes en ese debate, aunque reconocemos su importancia para el futuro de la universidad. Reconocemos que en el plano valorativo del problema resultan más convincentes todas las posiciones que enfocan a la universidad como institución con una totalidad de funciones y con misiones diversas en el desarrollo social. No es correcto suponer que hay y habrá acción empresarial y

mercantilización en la institución académica porque hay investigación que debe trascender o transmutar hacia la acción económica. Que la universidad tenga un carácter más o menos empresarial está y estará relacionado con la sociedad, los objetivos generales que se plantean en ella y los objetivos particulares que desde ella alcanzan a la educación superior.

2. 2 Lo que nos aportan los modelos

Los modelos de innovación anteriormente analizados son parte de procesos de desarrollo económico, social y cultural diferentes a los del contexto cubano, donde han transcurrido las experiencias de actividad científica e innovativa universitaria que serán abordadas en los próximos epígrafes. Por ello más que una sujeción a los enunciados lo conveniente es observar y recuperar los sentidos que están implícitos en algunos de los conceptos (DAGNINO; THOMAS Y GOMES, 2003, p.74)

¿Cuáles son esos conceptos y sus sentidos?

1)-. Es correcta la defensa que la concepción sobre SNIs hace de los espacios nacionales, regionales y locales para el desarrollo de Sistemas de Innovación. El contexto local y nacional es muy importante. Para el plano más específico de la universidad cubana vemos que es coincidente con su movimiento actual de “universalización”, consistente en la creación de sedes universitarias en todos los municipios (SUM) del país. Las sedes aglutinan al grueso de los profesionales de cada territorio, lo cual las dotará de capacidades para la gestión del conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación en los contextos locales. Existen ya experiencias en varios municipios donde los actores locales (gobiernos, SUM, delegados de ministerios, centros de investigación, etc, en sus interacciones, han promovido redes y flujos de conocimientos (CASAS, 2003) que atienden los problemas alimentarios, de salud, ambientales, entre otros, a través de la innovación.

2)-. En todos los modelos se asume un concepto amplio de innovación que abarca procesos de mayor y de menor radicalidad en cuanto a su novedad, así como en productos y procesos. Por tanto, se puede innovar con una línea nueva de resultados (ciencia estratégica), con el mejoramiento incremental de productos y procesos, y también con el cambio o perfeccionamiento de las instituciones (organizaciones) en la sociedad. Toda esta variedad de actividad innovativa es inherente a las universidades en el propósito de alcanzar una pertinencia más integral en correspondencia a su esencia sociocultural y a la variedad de problemas que caracterizan al contexto social y/o comunitario al que responden. Para el proceso de seguimiento y estudio de las innovaciones radicales resulta útil el concepto “configuración de diseño robusto”, mucho más si su sentido no queda reducido a la actividad

innovativa de las naciones más industrializadas con su marco referencial específico sobre “lo radical”, sino con referentes más amplios que también incluyen una respuesta innovativa significativa en línea con necesidades socioeconómicas y culturales propias.

3)-. Los diferentes modelos enfatizan el carácter interdependiente (no lineal) de los procesos innovativos. El carácter interdependiente de la innovación, su desarrollo a través del constante intercambio, marcan cada vez más la dinámica económica, social y cultural en nuestros días.

Como muestra Triple Hélice, ese es un camino ascendente de imbricación y hasta transmutación institucional. La universidad, otrora institución caracterizada como “torre de marfil”, está llamada a incorporarse a este tipo de entornos que superan la acción aislada en favor del trabajo en redes y la formación de alianzas estratégicas. Observar la interdependencia implica la selección constante del actor similar o diferente con quien se interpretará, enfrentará y resolverá o viabilizará el problema- proceso innovativo. Los estudios sobre ciencia e innovación en instituciones universitarias pueden y deben ofrecer una imagen del estado de esos cambios, y esa es una de las intenciones de este trabajo.

4)-. El enfoque sobre SNIs coloca al aprendizaje como un factor clave de la innovación. Esto apunta a la importancia de la continuidad de acciones que aseguren la asimilación de las habilidades inherentes al comportamiento innovativo. Las universidades tienen a su favor el poderoso recurso de la educación continua para formar y renovar esas habilidades. Por esto, las actividades de capacitación, pregrado y postgrado, se convierten en vehículos importantes de las actividades de ciencia e innovación.

5)-. En nuestra opinión, el concepto Modo 2 también ayuda en la explicación de la actividad científica e innovativa de las universidades. El trabajo interdisciplinario, la cooperación interinstitucional, en redes; el compromiso compartido, las interacciones, y las nuevas modalidades de gestión y control de la calidad, aparecen como imperativos en la relación universidad- sociedad.

3 UNIVERSIDAD E INNOVACIÓN: EL CASO DE LA UNIVERSIDAD DE LA HABANA

3.1.- Construyendo un modelo interactivo universidad-innovación-sociedad

La Universidad de La Habana (UH) fue fundada en 1728. Durante más de 200 años fue el único Centro de Educación Superior y la principal institución científico y cultural de Cuba.

Sin embargo es con la Reforma Universitaria de 1962 que la investigación científica y el posgrado se convirtió en parte de la misión de la universidad. La Reforma fue parte de un proceso mucho más amplio, desencadenado luego de 1959 que bien pudiera denominarse de

creación de una “Política Social del Conocimiento”, que incluyó transformaciones educativas profundas y la creación de bases institucionales nuevas para la producción, apropiación, difusión y aplicación del conocimiento.

Con posterioridad a la Reforma, en un período de poco más de diez años, surgieron decenas de centros de investigación, dentro y fuera de la Universidad; se consolidó la investigación científica como una de las actividades fundamentales de los departamentos universitarios y componente esencial de los planes de estudio; se desarrollaron relaciones de cooperación con instituciones científicas extranjeras de primer nivel y se destinaron a la investigación miles de graduados universitarios en todas las ramas del conocimiento (RODRÍGUEZ, 1997).

Notable fue la contribución de las Escuelas de Verano respaldada por las Sociedades de Amistad con Cuba de Europa Occidental y Canadá. Esos esfuerzos permitieron canalizar la ayuda altruista de numerosos científicos interesados en colaborar con las nacientes instituciones científicas cubanas.⁹

En la propia década de los 60's comenzó la formación de doctores y maestros en ciencias, tanto en Cuba como en el extranjero. Hacia principios de la década de los 70 existía ya el germen de muchos de los colectivos de investigación actuales y había surgido una generación de jóvenes líderes científicos que han desempeñado después un papel importante el desarrollo de la Universidad. Grupos de larga ejecutoria, como el Centro de Estudios Demográficos, el Laboratorio de Investigaciones en Electrónica del Estado Sólido, el Centro de Investigaciones Marinas, el Laboratorio de Fisiología de la Caña de Azúcar, entre otros, surgieron en estos años (Idem).

Hacia 1976, con la creación del Ministerio de Educación Superior, se adoptó la decisión de que sus Facultades de Tecnología, Pedagogía, Ciencias Médicas y Agropecuarias, así como las filiales universitarias en otras provincias y el Centro Nacional de Investigaciones Científicas se convirtieran en centros independientes. En su evolución posterior, la Universidad de La Habana se ha transformado en un gran complejo de 15 Facultades y 14 Centros de Investigación o Estudio en las ramas de Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias de la Educación, Ciencias Sociales y Económicas y Humanidades. Participan en la investigación científica más de 1200 docentes e investigadores. La investigación científica ocupa un lugar importante dentro de los planes de estudio de los programas de pregrado y se articula a través de 69 programas de maestría y 20 programas doctorales. La UH gradúa cada año unos 600 maestros en ciencia y 100 doctores (Fuente: Dirección de Posgrado de la UH).

El esfuerzo universitario ha estado conectado en las transformaciones en las PCT Nacional. El período que va de 1959 a 1976 ha sido calificado desde el punto de vista de la PCT nacional como una etapa de “promoción dirigida” de la ciencia orientada a crear una base científica inexistente en el país (García Capote, 1996) En aquella época el esfuerzo estuvo centrado en la creación acelerada de instituciones científicas y la formación de personas con alta calificación.

Pero habría que notar, incluso desde aquellos momentos, que el modelo de investigación universitaria que se prefiguraba era distinto a aquel que se ha dado en llamar modelo ofertista o “modelo de oferta lineal” (DAGNINO; THOMAS; GOMES, 2003: 59).

El modelo que se empezó a insinuar desde entonces era de carácter mucho más interactivo. La explicación puede estar en el “tejido de relaciones” (Ibid) dentro del cual se producía aquel esfuerzo de institucionalización. Todas las instituciones que surgieron entonces, como el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (1965), por citar un caso, fueron creados, desde sus inicios para atender las demandas sociales y dentro de la lógica del carácter orientado de las investigaciones a la solución de problemas nacionales, lo que determinó el predominio de la investigación aplicada y fundamental orientada, así como la investigación (RODRÍGUEZ, 1997).

Entre los actores que las teorías examinadas antes reconocen como relevantes para la innovación, podría decirse que en Cuba, desde los años 60's, el Estado y la incipiente comunidad de investigación fueron construyendo interacciones, así como compartiendo valores y objetivos que dotaron a la investigación científica universitaria de una clara voluntad de atención a las demandas sociales. Un nuevo impulso tomarían en los años 80's.

El actor cuya presencia ha sido más omisa y parece seguir siéndolo hasta hoy es el de las empresas y en general las instituciones vinculadas a la producción y los servicios. Como se apreció en el recorrido por las teorías examinadas, la empresa se asume como actor central del sistema de innovación, conducta que no se observa de manera generalizada en Cuba (podría decirse que una de las hélices está recortada y con ello sus efectos sobre las restantes hélices).

Este factor que explica la insistencia que la actual etapa de la PCT cubana, denominada de “ciencia e innovación tecnológica”, coloca en la empresa como actor de la innovaci6n.

Es posible considerar que desde la Reforma Universitaria de 1962 y hasta inicio de la década de los 80's, la UH había alcanzado, en varias áreas del conocimiento, una cierta “capacidad pre-innovativa” (CASTRO, 2003) expresada en la existencia de algunos centenares de doctores, decenas de centros y grupos de investigación y una comunidad de valores y objetivos con los principales actores políticos del país que permitió en los 80's nuevos

planteamientos de política científica universitaria, tendentes a fortalecer el impacto social de las investigaciones y en particular la utilización de sus resultados en la producción de bienes y servicios.

3.2 Cambios en la PCT Nacional y Novedades en la Agenda de Investigación Universitaria

El bajo nivel de aplicación de los resultados científicos, la dispersión y falta de integralidad de muchos de los esfuerzos que se realizaron hasta entonces, fueron objeto de crítica en los años 80's y con ello se introdujeron algunas novedades en la PCT nacional. Entre ellos la creación de Programas Científicos – Técnicos Nacionales, Ramales y Territoriales, numerosos centros de investigación fueron adscritos a los ministerios que debían interesarse por sus resultados, se impulsó el movimiento social denominado Forum de Ciencia y Técnica (CIEM/PNUD, 2004, p. 24-25), se crearon centros de investigación y/o producción (con facilidades para el escalado y la producción) y surgieron los Polos Científicos (redes de instituciones científicas,

educacionales, de salud y productivas encargadas de impulsar programas de investigación nacionales, territoriales, etc.). El más conocido y destacado de todos es el Polo Científico del Oeste de La Habana, eje de la industria biotecnológica y médico farmacéutica cubana. Los polos en general, y éste en particular, encarnan bien el propósito de alentar la innovación a través de las interacciones, la integración, la cooperación alrededor de objetivos compartidos.

De modo que hacia los ochentas llegaron a la universidad nuevas señales del contexto, demandando mayor contribución social, en particular productiva, a la investigación universitaria. A partir de 1985 aumentó la vinculación de la UH con los principales programas nacionales de desarrollo, y en ese contexto fueron surgiendo nuevos centros de investigación, partiendo generalmente de grupos ya existentes, con el propósito de dotar a estos colectivos de mayor capacidad para aplicar sus resultados científicos. Aparece así un conjunto de centros de “nuevo tipo” vinculados directamente a programas nacionales de desarrollo industrial que reclamaban un importante respaldo científico- técnico. Estos centros se orientaron a “cerrar el ciclo” investigación – producción con una organización multidisciplinaria e incorporando capacidades productivas o mediante vínculos muy estrechos con la industria. Surgen entonces el Instituto de Materiales y Reactivos (IMRE), el Centro de Biomateriales, el Centro de Antígenos Sintéticos, el Centro de Productos Naturales, el Centro de Bioquímica de las

Proteínas y el Instituto de Farmacia y Alimentos. Todos ellos han contado con inversiones centrales significativas y atención diferenciada del Gobierno Central.

El estilo de trabajo que se pidió a estos centros incorporó también el reclamo de un alto grado de consagración a las tareas científicas, concebidas como importantes para el país. Es común a todos esos centros su inmersión dentro de un tejido de relaciones que incorpora actores sociales diversos y plantea demandas más directas a la investigación, generando nuevas trayectorias sociotécnicas (vacunas, láseres, biomateriales, medicamentos, etc.). Ahora en mayor medida que antes los campos de relevancia se definieron en el intercambio entre actores académicos y extrauniversitarios.

En la medida en que la crisis económica del país se profundizó, luego de la caída de la URSS, el propósito de aumentar el efecto práctico de las investigaciones se enlazó con la idea de obtener por esa vía recursos financieros para la universidad.

De los análisis surgieron 10 direcciones principales de trabajo que definían nuevas agendas de investigación: medicamentos, diagnosticadores, biomateriales y equipos médicos, nuevos materiales, biotecnología y alimentos, medio ambiente, computación, estudios económicos, historia y cultura, sociedad y política, salud humana, estudios sobre la educación y la ciencia.

En cada una de estas direcciones se precisaron líneas de investigación priorizadas con el propósito de utilizar más eficientemente los limitados recursos, concentrar la producción científica universitaria y elevar su impacto sobre los problemas más importantes para el país.

Se establecieron también lineamientos para la captación de recursos materiales y financieros, basados, entre otros en la venta de servicios científicos-técnicos, software y pequeñas producciones especializadas de alto valor agregado, así como la transferencia de tecnologías.

Quizás no sea exagerado decir que se generaba una suerte de “segunda revolución académica”.

La dimensión comercial ha demandado de los grupos y centros de investigaciones el aprendizaje de asuntos en los cuales antes no habían incursionado: estudios de mercado, análisis de costos, evaluación de proyectos, gestión de la calidad, estrategias de comercialización, contratos, propiedad intelectual, licencias, publicidad, entre muchos otros.

Ocurre así una transformación en la racionalidad y la cultura de varios de los líderes científicos e investigadores. El trabajo multidisciplinario con economistas, juristas, especialistas en mercadotecnia, que laboran en la propia Universidad, ha constituido un respaldo importante.

La aparición de una Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación, organizada a través de consultorías, surgida en la segunda mitad de los 90s, ha servido de interfaz para atender demandas sociales, incluidas las empresariales, y también para comercializar dentro y fuera del país las innovaciones que veremos más adelante.

3.3 Las Innovaciones y sus Lecciones¹¹

En este apartado mencionaremos algunos desarrollos tecnocientíficos de interés. El *tisuacryl*, por ejemplo, es un producto creado en el centro de Biomateriales de la UH, fundado en 1991.

Desde los 80's, en la Facultad de Química se trabajó en investigaciones y desarrollo de materiales de aplicación clínica de alta demanda nacional con precios muy altos en el mercado internacional. Los Biomateriales son productos altamente cotizados en los países industrializados. El mercado mundial de tales productos superó en el 2001 los 120 mil millones de dólares.

El Centro de Biomateriales orienta su trabajo al desarrollo tecnológico y producción de Biomateriales poliméricos y biocerámicos. El *tisuacryl* es un adhesivo sintético para pegar tejidos y sellar heridas cutáneas y de la cavidad bucal de origen traumático o por operaciones, sin emplear sutura. Esta llamada "cola biológica" tiene como principales ventajas el ahorro de tiempo e hilo quirúrgico, no requiere curaciones, es más estética al minimizar el tamaño de las cicatrices, disminuye el riesgo de infecciones, es biodegradable y evita las inflamaciones y queloides. Es un producto avalado por las normas ISO 9002 y cuenta con registro médico en la Unión Europea. Algo semejante ocurre con el *APAFILL-G* que es un granulado sintético de hidroxipatina para restauraciones óseas en cirugía maxilo facial y estomatología.

El centro tiene unos 6 productos terminados y 9 más en perspectiva. El trabajo que allí se realiza ejemplifica muy bien las bondades del esfuerzo coordinado, en red, multidisciplinario, donde las investigaciones de laboratorios, el escalado, la evaluación, la producción y comercialización son concebidos desde el inicio como elementos de un proceso único. El contexto de aplicación y un concepto del trabajo científico, del tipo que la teoría del "modo 2" defiende, rigen todo el proceso. Los Biomateriales son un buen ejemplo de actividad tecnocientífica (NÚÑEZ, 1999, ECHEVERRÍA, 2003) donde el trabajo interactivo entre los científicos, ingenieros y el personal de salud, caracteriza todo el proceso.

El *Biobras-16* es un producto de alto valor agregado perteneciente a una familia de del crecimiento vegetal obtenido por especialistas en síntesis orgánica de la

Facultad de Química a partir de la modificación química de productos naturales. Biobras-16 aumenta entre un 10 % y un 25 % el rendimiento y mejora la calidad de la cosecha; favorece el desarrollo de las plantas en condiciones adversas tales como estrés salino, hídrico y térmico y puede sustituir, en diversos procesos a varias de las fitohormonas conocidas.

Aquí también el contexto de aplicación aparece como determinante de todo el proceso de producción de conocimientos. La evaluación de la calidad de estas investigaciones incorporan las clásicas formulas del peer review y numerosas tesis de maestría, doctorado y publicaciones han hecho posible el trabajo de síntesis de análogos de los brasinoesteroides. Pero la evaluación de estas investigaciones incorpora el registro fitosanitario, la optimización y escalado de la síntesis, el establecimiento de métodos de control de la calidad, diseño y puesta en funcionamiento de una capacidad productiva a pequeña escala y obtención de la licencia para producir. También incorpora el diseño de una estrategia para la aplicación del producto a la agricultura cubana y para su exportación, lo cual ha exigido estudios de mercado, registro de marcas y patentes, obtención de licencias para exportar, intercambios con empresarios, acuerdos con firmas comerciales, etc. Como dice Bruno Latour “La tecnociencia tiene un interior porque tiene un exterior. Hay un rizo de retro alimentación positiva en esta inofensiva definición: cuanto más grande, más sólida, más pura sea la ciencia en el interior, más lejos tienen que ir los otros científicos en el exterior”(1992:151).

La tecnología del láser se trabaja en el Instituto de Materiales y Reactivos de la UH hace 20 años. Jóvenes físicos recién graduados en la URSS comenzaron a explorar diferentes aplicaciones en las áreas de cirugía, oftalmología, corte y grabado de soldadura. A partir de 1996 retomaron el desarrollo de sistemas láser y fabricaron un equipo para la limpieza de obras de arte, registrado en la Unión Europea y vendido a varios países. A partir de 1999 comenzaron los trabajos para crear un esquema empresarial que permitiera adquirir los componentes en México y vender equipos en ese país. Como parte de un convenio con el Instituto Politécnico Nacional de Tampico se desarrolló una lanceta láser para la extracción de sangre que hace menos doloroso y más aséptico el proceso. Una vez registrado en Cuba, podrá utilizarse en nuestro sistema de salud. Se trabaja en proyectos para aplicaciones de láser a la remoción o limpieza de espinas de nopal (la planta de la tuna) y su fruto, ambos altamente consumidos en México. Las próximas aplicaciones se orientarán a la biotecnología, los biomateriales y la nanotecnología.

Lo que parece común a los ejemplos citados es lo siguiente:

- a) todas las innovaciones han sido posibles por la existencia de un acumulado “preinnovativo”, expresado sobre todo en la formación de recursos humanos de alto

nivel y procesos de institucionalización de la ciencia desarrollados durante varias décadas;

b) el “contexto de aplicación” aparece conduciendo todo el proceso de producción social de conocimientos. Entre las preguntas de partida están: ¿ciencia para qué? ¿ciencia para quién? ¿Cuál es la factibilidad económica? ¿Qué beneficios/ingresos producirá?;

c) las interacciones entre actores diversos y la incorporación de diferentes racionalidades (científicas, comerciales, sociales, etc) han moldeado las trayectorias tecnocientíficas. Los cambios examinados no van en la dirección del “científico empresario”, porque el objetivo no es el lucro individual, pero sí el del científico que asimila una visión integrada del proceso de investigación, producción, comercialización, empleo social de los productos y acepta un concepto de evaluación de la calidad del trabajo científico que dista de ser tradicional;

d) los actores fundamentales han sido la comunidad de investigadores universitarios (que también ejecutan tareas de docencia o de otros tipos) y el Estado, sobre la base de una comunidad de valores y objetivos compartidos;

e) la investigación, la innovación y el aprendizaje marchan juntos. Y ello en varios sentidos.

En primer lugar porque la calidad de la educación científica terciaria y la educación de posgrado son las que han hecho posibles esas innovaciones. Y en segundo lugar porque la difusión de estos productos a la sociedad (por ejemplo las aplicaciones del biobras-16 en la cosecha de hortalizas) requiere del aprendizaje social por parte de los productores. Todos esos desarrollos innovativos se acompañan, como suele ocurrir, de aprendizajes que a su vez retroalimentan a las investigaciones y las innovaciones.

3.4 La innovación más radical: construyendo diseños robustos¹²

¹

El más reciente y probablemente más brillante éxito de la ciencia de la UH ha sido la creación de una vacuna contra el *Haemophilus influenzae* tipo b (Hib) a partir de un antígeno sintético. El Hib es una bacteria que constituye la primera causa de enfermedades invasivas en el niño a nivel global, en niños por debajo de los 5 años. La vacunación contra el Hib comenzó en los 70's con una vacuna que demostró ser efectiva a partir de los 18 meses de vida. Surgió luego una nueva generación de vacunas llamadas conjugadas, en las que el mismo polisacárido capsular se unía químicamente a través de un proceso llamado conjugación, a una proteína de origen bacteriano. A finales de los 80's se concluyeron ensayos clínicos con vacunas

conjugadas contra el Hib de diferente composición. Todas demostraron ser muy eficientes, altamente seguras y con pocos efectos adversos. Estas vacunas se utilizan con éxito en los países desarrollados. Pero a más de una década de la introducción de las vacunas conjugadas sólo unos 38 mil de las 2,2 millones estimados de casos anuales, son prevenidos por la vacunación: sólo el 2 % de los niños del mundo con riesgo de contraer la enfermedad están protegidos los precios limitan una mayor accesibilidad.

Desde los años 80's científicos holandeses demostraron la posibilidad de obtener la vacuna por vía sintética. El reto estaba en transformar la posibilidad académica de obtener una pequeña cantidad de antígeno sintético con una tecnología capaz de producir el antígeno de millones de dosis de vacuna y que ese proceso pudiera competir con el ya establecido. Durante los 90's varias universidades y laboratorios de compañías productoras de vacunas lo intentaron, sin poder rebasar la fase de estudios clínicos en humanos.

En 1989 se inició en la UH el proyecto que perseguía la búsqueda de una alternativa a las vacunas conjugadas. Para ello se estableció una estrecha colaboración entre el laboratorio de antígenos sintéticos de la UH y el Centro Nacional de Biopreparados del Polo del Oeste de la Capital. Más adelante se incorporó el Instituto Finlay del propio Polo y la Universidad de Ottawa, Canadá. Posteriormente se sumó el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, el Instituto de Medicina Tropical Pedro Kouri y la delegación del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Camaguey.

Poco a poco el procedimiento tecnológico pudo ser optimizado (las reacciones químicas se redujeron de 65 a 23), los ensayos clínicos dieron resultados favorables hasta aplicarse a niños, con excelentes resultados.

Como resultado de este esfuerzo de unos 15 años que contó con la cooperación de diversas instituciones y fue liderado por un pequeño laboratorio de la Universidad de La Habana, finalizaron los estudios que demostraban que la vacuna Anti-Hib desarrollada a partir de un antígeno totalmente sintético es muy segura y eficaz. El registro sanitario se realizó en Cuba en el 2003.

Hoy en día se trabaja en la producción a gran escala de esta vacuna que por lo pronto ahorrará al país 3 millones de dólares anuales que se empleaban para la importación de vacunas contra el Hib. El resultado fue publicado en la revista Science [305,522(2004)] y el Task Force de ONU que elaboró el documento "Innovation: Applying knowledge in development" (2005) lo reflejó extensamente.

4 REFLEXIONES FINALES

Comenzamos esta contribución examinando algunos de los modelos que sobre la relación entre la investigación, la innovación y la sociedad han sido elaborados a partir de las experiencias de los países industrializados. Esos modelos y las experiencias que los respaldan contienen no pocas ideas sugerentes que antes destacamos.

La experiencia de la UH, al menos en lo que concierne a los ejemplos considerados, permite también extraer algunas conclusiones. Anotaremos algunas de ellas:

1) La investigación relevante para el desarrollo debe tener muy en cuenta el contexto de su aplicación. Ello no reduce el valor científico de la investigación. El contexto, la trama de relaciones en que se inserta la práctica científica, puede generar agendas de investigación y trayectorias tecnocientíficas que permitan nuevas exploraciones de la frontera científica y tecnológica produciendo investigaciones relevantes en términos científicos y cuya aplicabilidad puede desbordar los límites del contexto que los generó. La vacuna contra el Hib lo muestra claramente. Es hora de superar las dicotomías entre básico/aplicado, ciencia/tecnología, evaluación académica/evaluación en razón del contexto, etc. Es tiempo de colocar la pertinencia social en el centro de nuestros valores.

2) La investigación relevante exige alto nivel académico, reclama educación científica de buen nivel, incluida la del posgrado. El aprendizaje es esencial.

3) El trabajo multidisciplinario, en redes, la cooperación, son imprescindibles.

4) Los sistemas de evaluación de la ciencia universitaria tienen que rebasar el exclusivo privilegio del peer review e incorporar criterios diversos, estimulando el trabajo orientado a la solución del problema sociales. Lamentablemente aún no contamos con indicadores que nos hablen de la significación y apropiación social del conocimiento. Posiblemente una de las tareas a acometer con la renovación de la gestión universitaria del conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación, sea la elaboración de tales indicadores.

5) Sociedad es mucho más que mercado. La ciencia atiende exigencias comerciales, pero sobre todo, necesidades sociales. Las agendas de investigación también tienen que ser conducidas por el objetivo de promover la más amplia apropiación social del conocimiento, y sus beneficios, en procura de la equidad y justicia social.

Hace poco nuestra amiga, la profesora uruguaya Yudith Sutz, propuso que “la gran transformación” que debe operarse en nuestras universidades en su vínculo con la innovación y la sociedad podría orientarse por el “concepto brújula” de “universidades de desarrollo” (en lugar del concepto de universidad empresarial). Nos parece un buen candidato. En efecto

creemos que es preciso trabajar por universidades comprometidas con la innovación y esa innovación debe tributar el desarrollo social. El “modelo interactivo” que comenzó a construir la UH desde los 60’s a la par que acumulaba fuentes “capacidades pre- innovativas”, apunta en esa dirección.

NOTAS EXPLICATIVAS

3 El empleo inicial del concepto se relaciona con Freeman (1988), en un estudio sobre particularidades del desarrollo innovativo de Japón (“Japan: a new system of innovation”).

4 Entre los más reconocidos: empresas, universidades, institutos públicos de investigación, centros de gestión de la información, agencias gubernamentales de políticas, usuarios, etc).

5 Podemos representarnos a una gran empresa, de determinado sector, con filiales interconectadas realizando actividad innovativa en países diferentes y para procesos de desarrollo económico diferentes, en un caso de magnitud nacional y en otro caso con un alcance regional.

6 Estudios recientes muestran que lejos de disminuir su presencia en los resultados investigativos e innovativos, la universidad ha incrementado ese papel por sí misma o como integrante fundamental en conglomerados de organizaciones e instituciones (GODIN; GINGRAS, 2000; LAREDO; MUSTAR , 2004).

7 Mediante este concepto los autores distinguen el momento de transformaciones actuales en la universidad de aquel otro que siguió a la incorporación de la investigación como función acompañante de la enseñanza, y que se identificó como Primera Revolución Académica.

8 A esta escalada le es inherente una variedad de formas en las relaciones universidad- empresa y en la transferencia de conocimientos y tecnologías. Las trayectorias de esos dos procesos han tendido, en los últimos años, hacia formas en que las universidades (los investigadores) van tomando la iniciativa de crear empresas propias relacionadas con el auge innovativo en un determinado campo y, por tanto, asumen el control principal del proceso de comercialización aún cuando en los programas de investigación (innovación) haya participación de instituciones industriales y/o del gobierno.

9 Entre muchos, se puede seleccionar un ejemplo. El doctor Alexandro Gandini, químico de origen italiano, quien había realizado un doctorado en Inglaterra que culminó con el descubrimiento de la polimerización, pseudocatónica, creó en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (fundado en 1965) un grupo de investigaciones en polímeros formado por varios profesores jóvenes de la Escuela de Química de la Universidad de La Habana que centró inicialmente sus actividades en compuestos furánicos, pensando en la abundancia de materia prima como el furfural proveniente del bagazo de la caña. Aquel grupo de investigadores se encuentra hoy en diferentes centros de investigación del país con resultados notables en aplicaciones de los polímeros a la electrónica, polímeros biodegradables, polímeros conductores, sin abandonar la línea de los furanos (Jacques Rieumont, comunicación pública, 27.05.2005).

10 En Cuba, el sistema nacional de innovación ha sido declarado, pero difícilmente puede considerarse construido. Existen eso sí, como prescriben las teorías relativas a los sistemas de innovación, conformaciones regionales y sectoriales. Por ejemplo, parece claro que existe un sistema de innovación biofarmacéutico que ha permitido construir un sector de “Economía del Conocimiento” en el país (LAGE, 2000).

11 Las informaciones fueron ofrecidas por los líderes de los colectivos de investigación: Rubén Alvarez, Francisco Coll y Carlos Rodríguez. Un artículo de este último (Rodríguez, 1997) sirvió de guía para comprender la evolución de la política científica universitaria.

12 Agradecemos la detallada información suministrada por el Dr. Vicente Verez Bencomo, líder del grupo que creó la vacuna, que sirvió de base para la elaboración de este apartado.

REFERENCIAS

CASAS, R (Coord.) **La formación de redes de conocimiento: una perspectiva desde México.** Anthropos, Barcelona, 2003.

CASTRO, F **La universidad en los nuevos contextos de innovación: experiencias europeas y estadounidense.** Tesis de Maestría en la Universidad de Roskilde, Dinamarca. 2003.

CIEM/PNUD. **Investigación sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo Humano en Cuba.** ENPSES, La Habana, 2004.

DAGNINO, R; THOMAS, H; GOMES E. “Los fenómenos de transferencia y transducción de conceptos como elementos para una renovación explicativa- normativa de las políticas de innovación en América Latina”, en: **Innovación tecnológica, universidad y empresa.** DEI/ALTEC. Editado por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). Madrid, 2003.

ECHEVERRÍA, J. **La Revolución Tecnocientífica.** Madrid; Fondo de Cultura Económica, 2003.

ETZKOWITZ, H. The norms of entrepreneurial science: cognitive effects of new university- industry linkages”, en: **Research Policy**, v. 27, n. 8. Elsevier Science (pp 823-833, 1998.

_____. Incubation of incubators: innovations as a triple helix of university- industry- government network. **Science and Public Policy**, v. 29, n. 2, p.115- 128, 2002.

ETZKOWITZ, H; LEYDESDORFF, L. **University and the Global Knowledge Economy.** a Triple Helix of University- Industry- Government Relations. Pinter Publishers, London, 1997.

FREEMAN, Ch. Japan: a new system of innovation. **Technical Change and Economic Theory** (Dosi, G, ed.). Pinter Publishers, London, pp 330- 348, 1988.

FULLER, S. Guía crítica para el Nuevo lenguaje de la sociedad del conocimiento: cómo no deshacer el camino andado. In: LÓPEZ CERREZO, J. A.; SÁNCHEZ RON, J. M. (Eds.). **Ciencia, Tecnología, Sociedad y Cultura en el Cambio de Siglo** Biblioteca Nueva. Organización de Estados Iberoamericanos, Madrid, 2001.

FULLER, S. The university: a social technology for producing universal knowledge. **Technology in Society.** 25. pp 217- 234, 2003.

GARCÍA CAPOTE, E. Surgimiento y evolución de la política de Ciencia y Tecnología en Cuba (1959-1995). In: GARCÍA, E; FALOH, R (Eds.). **Seminario Taller Iberoamericano de Actualización en Gestión Tecnológica** Habana, GECYT, 1996.

GIBBONS, M. Mode 2 society and the emergence of context- sensitive science. **Science and Public Policy**, v. 27, june. Beech Tree Publishing. pp 159- 163, 2000a.

_____. Changing patterns of university- industry relations. **Minerva**, v. 38, n. 3. Kluwer Academic Publishers. pp 352- 361, 2000b.

GIBBONS, M; LIMOGES C, H; NOWOTNY, S; SCHATZMAN; M, TROW. **The new production of knowledge: the dynamics of science and research contemporary societies.** London: Sage. 1994.

GODIN, B; GINGRAS, Y. The place of university in the system of knowledge production. **Research Policy**, v. 29, n. 2. Elsevier Science, pp 273- 278, 2000.

KAISER, R; PRANGE, H. The reconfiguration of National Innovation Systems: the example of German biotechnology. **Research Policy**, v. 33, n. 3. Elsevier Science. pp 395- 408, 2004.

LAGE, A. Las biotecnologías y la nueva economía: crear y valorizar los bienes intangibles. **Biotecnología Aplicada.** , v. .17, n.1, Habana, 2000.

LAREDO, P; MUSTAR P. Public sector research: a growing role in innovationsystems. **Minerva**, v.42, n. 1. Kluwer Academic Publishers. pp 11- 27, 2004.

LATOUR, B. **Ciencia en Acción: cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la Sociedad.** Barcelona: Editorial Labor, 1992.

LUNDVALL, B-A. Los Sistemas Nacionales de Innovación: relaciones y aprendizaje, en: **Los Sistemas de Ciencia e Innovación Tecnológica.** Editado por el Ministerio de la Industria Básica (Cuba). La Habana, 2000.

NOWOTNY, H; SCOTT, P; GIBBONS, M.. **Re- Thinking Science: Knowledge and the Public in Age of Uncertainty.** Cambridge: Polity Press, 2001.

NÚÑEZ, J. **La ciencia y la tecnología como procesos sociales: lo que la educación científica no debería olvidar.** La Habana: Editorial Félix Varela, 1999.

RODRÍGUEZ, C. Universidad de La Habana: Investigación científica y período especial. **Revista Cubana de Educación Superior**, v. XVII, n. 3. Editada por CEPES, La Habana, pp 13- 16, 1997.

UN MILLENNIUM PROJECT. **Innovation: applying knowledge in development.** Task Force on Science, Technology, and Innovation, 2005.