

CIENCIA, INNOVACIÓN Y DESARROLLO SOSTENIBLE: DESAFÍOS E IMPLICACIONES ESTRATÉGICAS PARA LA UNIVERSIDAD

ALCINO PINTO COUTO *
ANTONIO FERNÁNDEZ DE MATOS**
PEDRO GUEDES DE CARVALHO***
MARIA DO CÉU ALVES****

*The world we created today as a result of our
thinking thus far has
problems which cannot be solved by thinking
the way we thought
when we created them.*

Einstein.

R E S U M E N

Con este trabajo se pretende realizar un análisis exploratorio del papel de la universidad en el compromiso de la ciencia con el desarrollo sostenible. La universidad, como organización singular de los sistemas de innovación de base científica y tecnológica se ve inevitablemente confrontada con la reconfiguración de las necesidades de la sociedad y del contrato social entre ciencia, universidad y misma sociedad. Estas tendencias ejercerán influencia sobre la trayectoria futura de las organizaciones universitarias, requiriendo de la universidad el ejercicio de una visión estratégica con incidencia en los dominios de la investigación y su financiamiento, de la docencia, de los recursos humanos, de la calidad, de la cooperación científica y de su relación con su entorno, en particular la región en que se inserta.

INTRODUCCIÓN

La relación de la universidad con el desarrollo sostenible antecede el surgimiento del mismo concepto. Son reconocidas las contribuciones de la investigación científica y tecnológica académica para la resolución de problemas incluidos en el núcleo estructurante de las preocupaciones del desarrollo sostenible, tales como el bienestar económico, la salud, la pobreza, la seguridad ciudadana, la biodiversidad y la protección ambiental (cf. e.g. K. Annan, 2003 y NRC, 1999).

Sin embargo, esta relación conoció, desde los años 80, un fuerte impulso revitalizador. La publicación por la *World Commission on Environment and Development*, en 1987, del informe Brundtland, *Our common future*, a *UN Conference on Environment and Development*, en 1992, en Río de Janeiro, y la *World Summit on Sustainable Development*, en 2002, en Joanesburg, revelaron marcos en el diseño de la agenda de desarrollo sostenible. Tales iniciativas posibilitaron algunos pasos en la identificación de los desafíos y en la aproximación de diferentes perspectivas en cuanto a los principios, contenidos y metodologías que deben conformar su abordaje.

* acouto@alpha2.ubi.pt

**fmatos@alpha2.ubu.pt

***pguedes@alpha2.ubi.pt

****mceu_alves@yahoo.com

En el centro del debate se encuentra el reconocimiento de que el desarrollo humano se ancla en la interacción dinámica entre la sociedad y la naturaleza y que la promoción del bienestar individual y colectivo y el abordaje de los viejos y nuevos problemas que afectan seriamente la calidad de vida de la población mundial —hambre, pobreza, enfermedad, ignorancia, desertificación, seguridad, cambios climáticos, contaminación, biodiversidad, dilapidación de los recursos— no encuentran perspectivas de ejecución, intra e intergeneracionales, fuera del marco de tal relación (Cf. Parris y R. Kates, 2003, y J. Lubchenco, 1998).

Lo que se propone es un cambio de paradigma del abordaje del desarrollo humano: la inflexibilidad de un abordaje mecánico, simple y linear, predominantemente radicada en el crecimiento económico, hacia un abordaje complejo y multidisciplinario. En él se busca que la ecuación del desarrollo se estructure en torno de objetivos normativos, globalmente compartidos y que reflejen la ponderación dinámica de las interacciones entre los sistemas social, económico y biofísico (Cf. NRC, 1999 y J. Lubchenco, 1998).

Los desafíos para la ciencia son múltiples y complejos y sobrepasan la dimensión cognoscitiva. Ellos se localizan en las dimensiones política, social y económica al contemplar, entre otros factores, el diseño de una agenda de investigación orientada a la resolución de problemas, el sistema de financiamiento y de incentivos a la investigación, las diferencias nacionales y regionales en cuanto a la interacción entre productores y utilizadores de conocimiento, las instituciones que regulan el sistema de innovación, el papel y la configuración de la política pública y las diferencias entre países ricos y pobres en cuanto a la naturaleza y magnitud del *gap* entre las ofertas y la búsqueda científica y tecnológica (Cf. e.g. J. Sachs, 2004 y W. Clark y N. Dickson, 2003).

La confrontación de la comunidad científica con los desafíos de la sociedad se han revelado, generalmente, estimulante para la ciencia y sus organizaciones. En primer lugar, se suscita la motivación intelectual de los científicos y se apela a su responsabilidad social y a una cooperación global. En

segundo lugar, estimulan la transformación y capacitación de los sistemas de innovación y de sus organizaciones y crean oportunidades de afirmación a los actores sociales con visión y capacidad de acción estratégica. Finalmente, constituyen el medio fundamental de legitimación social de la ciencia y de sus instituciones y organizaciones (Cf. A. Couto, 2000).

Sin embargo, el abordaje a nivel de las organizaciones carece de una mayor profundización en el marco de la creación de una ciencia para la sostenibilidad. La complejidad de los problemas sociales, la recomposición de la agenda de investigación y la naturaleza socialmente participativa e interactiva en que la misma es desarrollada e implementada, se reflejan a nivel organizacional.

La universidad como organización singular de los sistemas de innovación de base científica y tecnológica se ve inconteniblemente confrontada con la reconfiguración de las necesidades sociales y su incidencia en la organización y funcionamiento socialmente útil.

Lo que pretendemos con este trabajo es realizar un análisis exploratorio del papel de la universidad en el compromiso de la ciencia con los problemas y desafíos de la sociedad vehiculados por el desarrollo sostenible y las implicaciones de tal involucramiento en el desempeño y gestión estratégica de las funciones de docencia, investigación y servicios a la sociedad.

Este trabajo empieza por examinar, en la primera sección, las cuestiones conceptuales resultantes de los conceptos de sostenibilidad y desarrollo y analiza aspectos epistemológicos interpuestos por el concepto de desarrollo sostenible a la ciencia, su modo de producción de conocimientos y de compromiso con las finalidades sociales. En la segunda sección, abordamos la emergencia de un nuevo contrato social para la ciencia y la universidad, resaltando los fundamentos del contrato social para el desarrollo sostenible, sus implicaciones en la agenda de investigación, las relaciones entre investigación orientada e innovación, los efectos sobre la ubicación del potencial científico y tecnológico y las alteraciones institucionales en cuanto

a financiamiento y evaluación. En la tercera sección, exploraremos las implicaciones de naturaleza estratégica para la universidad, empezando por introducirnos sobre el papel del aprendizaje en la acumulación del conocimiento y en la creación de una base científica y tecnológica para la sustentabilidad, su incidencia en las funciones de la universidad y en las condiciones de viabilidad de las lógicas multifuncional y multidisciplinaria como fundamentos de la organización universitaria para el desarrollo sostenible. Finalmente, tejeremos algunas consideraciones finales.

DESARROLLO SOSTENIBLE: CUESTIONES CONCEPTUALES Y ASPECTOS CRÍTICOS

La literatura sobre desarrollo sostenible está poblada por una proliferación de conceptos sobre la sustentabilidad del desarrollo estimulado por diferentes perspectivas teóricas; lo que resulta en lo que podríamos ser llevados a considerar como una “anarquía semántica”.

Los fundamentos intelectuales de la sostenibilidad y del desarrollo tienen orígenes diferentes. El concepto de sostenibilidad surge en el siglo XVIII en Europa, asociado a la gestión científica de la adecuación del *stock* de recursos forestales a las necesidades de su búsqueda económica (cf. W. Grunkemeyer y M. Moss, 2004), lo que se extiende más tarde, a la gestión del mundo biofísico alrededor del concepto de ecosistema (cf. NRC, 1999).

A su vez, el concepto de desarrollo surge en el marco de la post-II Guerra Mundial, en el ámbito de la teoría económica, centrando sus preocupaciones en la cooperación económica, financiera y tecnológica entre países ricos y los países del Tercer Mundo, como instrumento de promoción de la equidad en cuanto a las oportunidades económicas y sociales (cf. W. Grunkemeyer y M. Moss, 2004).

Así, podemos inferir que la sostenibilidad se relaciona con la capacidad de desempeño positivo continuado de un sistema sujeto a choques, presiones y transformaciones: indica la capacidad de adaptación, vulnerabilidad y de resiliencia. En lo que se refiere al desarrollo, la promoción del bienestar

económico y social con preocupaciones de equidad se perfila como su principio fundamental.

Los desafíos para el desarrollo humano y para la ciencia que pone la integración de los dos conceptos, surgen de un modo más intenso en el debate científico y público, en 1972, con el Informe del Club de Roma *The limits to growth*. Los argumentos avanzados no se refieren a la necesidad de la consideración ecológica, sino a su inevitabilidad.

El informe Brundtland sistematiza y organiza este conjunto de preocupaciones en torno del concepto de desarrollo sostenible y de una agenda de cambio global. En él, se considera que “sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” (WCED, 1987: 43).

No existiendo en la formalización del concepto una referencia explícita a la problemática ambiental, el informe y la agenda propuesta argumentan que la sustentabilidad del sistema ecológico es el requisito fundamental para asegurar la equidad económica y social intergeneracional.

Los desarrollos conceptuales que le siguieron oscilan, tendencialmente, entre corrientes que enfatizan una de estas tres dimensiones del desarrollo sostenible (Cf. W. Grunkemeyer y M. Moss, 2004 y J. Jesinghaus, 1999). Desde el punto de vista de nuestro abordaje, lo que nos interesa resaltar es que la sostenibilidad del sistema ecológico siendo necesaria, no es, sin embargo, suficiente para un desarrollo humano sustentable. Pensamos que la sostenibilidad del sistema económico y la sostenibilidad del sistema social son requisitos necesarios para asegurar la equidad intergeneracional y que la sostenibilidad de ambos sistemas se encuentra íntimamente asociada a la equidad intergeneracional.

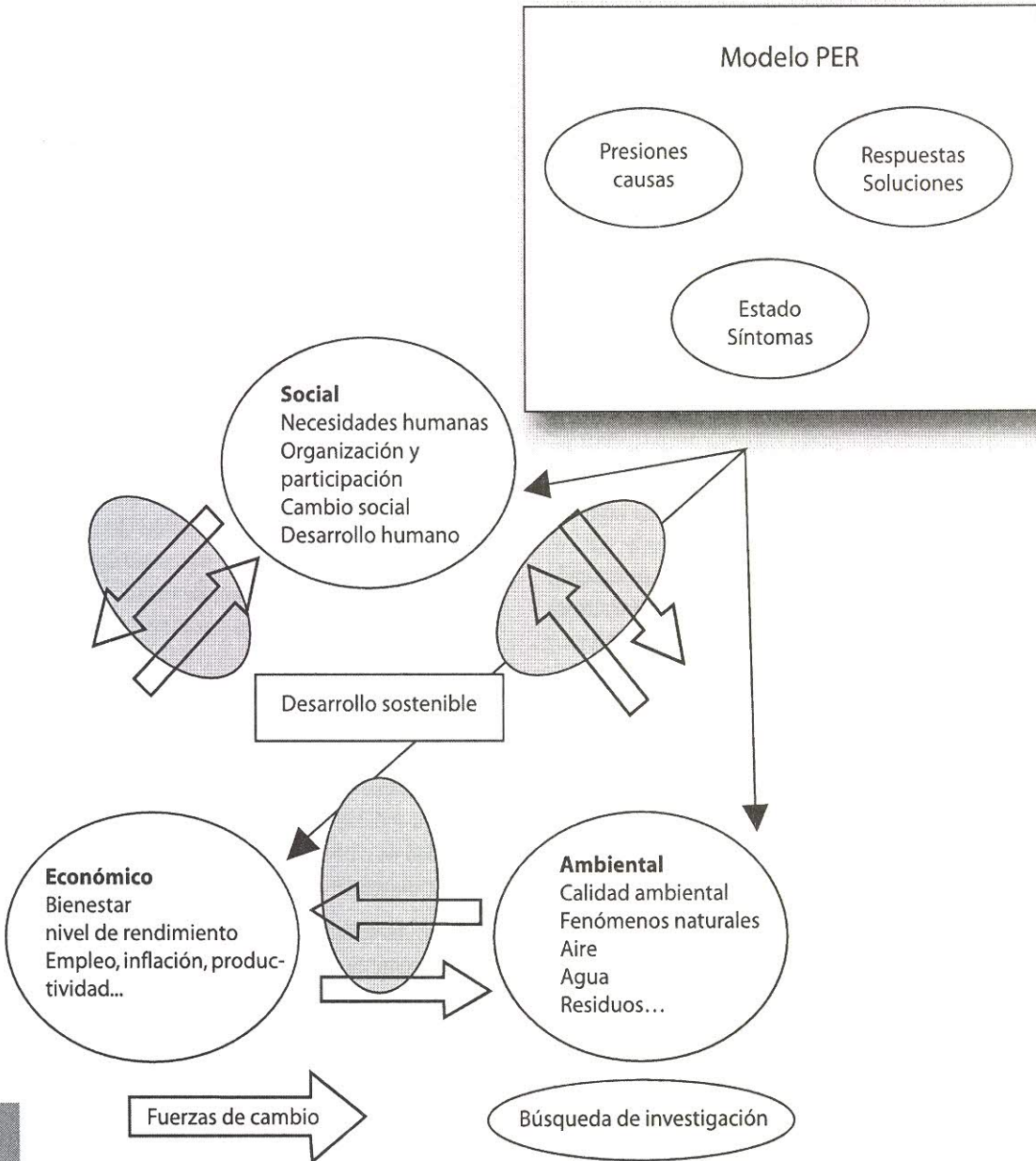
La consideración de los tres niveles de sostenibilidad económico, social y ecológico nos lleva a pensar en un sistema socio-ecológico complejo y en su sostenibilidad como un todo y no solamente en la sostenibilidad de sus componentes. (Cf. e.g. G. Gallopin, 2001).

Para el caso, examinaremos el concepto de desarrollo sostenible ubicándonos en el estadio más próximo de la decisión y de la acción, lanzando mano del análisis de trabajos de investigación en los dominios de la modelización de la evaluación, monitoreo y medición del desarrollo sostenible (cf. e.g. WEF, 2002 y J. Jesinghaus, 1999).

El modelo toma como presupuesto que cada sistema está sujeto y es generador de causas que podrán

reducir o aumentar su sostenibilidad y la de los otros. El proceso seguido consiste en la aplicación del modelo: Presiones, Estado y Respuestas (PER), normalmente circunscrito al análisis de la sostenibilidad ambiental, al examen de las fuentes de no sostenibilidad de los tres sistemas.

Fig. 1 – Un modelo de análisis de la sustentabilidad de sistemas socio-ecológicos complejos



No es objetivo de este trabajo identificar y describir los flujos y las implicaciones sistémicas asociadas a las causas y efectos de las fuerzas de cambio, sino llamar la atención sobre la complejidad conceptual y los desafíos que se nos pone desde el punto de vista epistemológico y de necesidades de investigación.

El objetivo comúnmente atribuido a la ciencia es la comprensión y explicación de las leyes naturales y de las leyes que regulan la vida social. El examen de la organización y de la práctica científica revela que tales objetivos han venido a ser acompañados con menor relevancia para el estudio de las leyes que regulan la interacción entre la sociedad y la naturaleza entre los sistemas político, social, económico, biológico, físico, químico y geológico.

Lo que impone el desarrollo sostenible es un cambio epistemológico. El concepto reclama un abordaje sistémico y un nuevo modo de definir problemas, identificar soluciones e implementar acciones cualquiera que sea la perspectiva emprendida y el nivel de análisis considerado. Gallopin (2001) concibe tal trayectoria como un cambio del *paradigma analítico* a un *paradigma integrador*: cambio que afecta los presupuestos básicos sobre la causalidad, criterios de verdad y de evaluación y principios epistemológicos de organización disciplinaria.

Sin embargo, no se trata de un proceso de laboratorio de formateo interdisciplinario de la práctica científica. Tal proceso es eminentemente social. Se requiere la integración de las representaciones y de las prácticas sociales localizadas en las diferentes esferas de la actividad. El ejercicio de paciencia es, así, enmarcado en el proceso social de aprendizaje motivado por una multiplicidad de actores sociales vinculados a necesidades, objetivos y a los contextos espaciales y culturalmente diferenciados.

Según algunos autores, la dinámica de aprendizaje social asume una dimensión estratégica para la ciencia y sus organizaciones, pues constituye el mecanismo que garantiza la producción de conocimiento científico y tecnológico socialmente útil. La premisa de que el desarrollo sostenible carece de innovación con una base científica y tecnológica implica la conexión de la producción de ideas y de competencias a la identificación, evaluación y

solución de problemas sociales (cf. e.g. W. Clarky N. Dickson, 2003 y J. Lubchenco, 1999).

CONOCIMIENTO Y DESARROLLO SOSTENIBLE: UN NUEVO CONTRATO PARA LA CIENCIA Y LA UNIVERSIDAD

Fundamentos del contrato social: papel de la política pública

La teoría de la Economía Pública reconoce que una parte importante de las necesidades sociales no son susceptibles de ser satisfechas por el mercado.

Los argumentos convencionales que justifican la intervención pública en la provisión social del conocimiento residen en las fallas de mercado identificadas por R. Nelson (1959) y K. Arrow (1962). La naturaleza del bien público del conocimiento conferida por los atributos de no-rivalidad y no-exclusión en su producción no garantiza las condiciones para que el mercado asegure un nivel deseado de conocimientos.

Otros autores agregan a la argumentación convencional el papel de las fallas sistémicas como fundamento para las intervenciones públicas. La atención se centraliza en las fallas en cuanto a provisión de infraestructuras del conocimiento del aprendizaje, de complementación dinámicas e institucionales (cf. F. Maleaba, 1997; k. Smith, 1997; y B. A. Lundval y S. Borrás, 1997).

Así, le corresponde al esfuerzo público un importante papel en la provisión de conocimientos. Los criterios de decisión política en cuanto a la afectación de los recursos para la producción de conocimiento científico y tecnológico no siempre obedecen a criterios estrictos de racionalidad económica.

El poder de la ciencia ha justificado su inserción en el dominio de las necesidades estratégicas (cf. V. Bush, 1945). La definición de necesidades estratégicas tiene una determinación histórica contextual y ejerce una fuerza determinante en la capacitación científica y tecnológica por el formateo de la búsqueda pública de investigación. Como resalta K. Pavit (2000), con un "argumento provocador", el potencial científico y tecnológico

norte-americano se construye sobre las bases del miedo del comunismo y del cancro.¹

En otros países, como Francia y los países nórdicos, el interés estratégico se orientó hacia el imperativo de la competitividad económica. Se desarrolló una política de *pick-winners*, o tecno-nacionalismo, con-substanciada en un abordaje *top-down* en que el Estado asume la responsabilidad de la macro-planificación de las actividades del Sistema Científico y Tecnológico (SC&T) y del apoyo directo a las empresas y a las universidades con miras a la formación de una base científica y tecnológica en sectores estratégicos (cf. C. Edquist y L. Hommen, 1997).

En todo caso, el elemento importante a resaltar en la relación entre necesidades estratégicas y la creación del potencial científico es el hecho de que el Estado, por ese medio, pueda asumirse como elemento creador de mercados al asegurar una búsqueda de activos tecnológicos en un contexto en que el mercado *de perse* se muestra incapaz de hacerlo. El análisis histórico demuestra que la creación de una significativa capacidad de investigación difícilmente prescinde de la intervención pública en el apoyo a la acumulación de conocimiento.

Un nuevo contrato social y una nueva agenda de investigación

La referencia a la necesidad de recomposición del contenido de intereses estratégicos viene siendo reclamada desde el final de la década de 80 (cf. C. Freeman, 1991). Los intereses estratégicos asentados en la *Nacional and economic security* se revelan, en el contexto actual, problemáticos y socialmente cuestionables como fuente de legitimación del presupuesto público en I&D.

No solo los conceptos de seguridad nacional y económica necesitan ser reexaminados en el marco de la globalización, sino también las fuentes de amenaza a la seguridad nacional se han diversificado y se hicieron más complejas, situándose más allá de las esferas político-militar y económica: ellas también se ubican en el dominio ambiental, bien patentes en los efectos de desastres ecológicos como Chernobyl y en los conflictos bélicos en torno del acceso y uso de los recursos naturales.

El imperativo de repensar el contrato social entre ciencia, universidad y sociedad ha sido remarcado por un número creciente de investigadores e instituciones internacionales (cf. e.g. P. Caracosta y U. Muldur, 1998; y J. Lubchenco, 1998). Se defiende un contrato que tenga soporte en una agenda de investigación orientada a los problemas sociales que el siglo XXI enfrenta. Viejos problemas sociales se agravaron y otros emergieron: los problemas del hambre, enfermedades y urbanos (e.g. vivienda, transporte, contaminación ambiental, pobreza, crimen, infraestructuras, energía) se acentuaron significativamente y a éstos se agregan otros como el ordenamiento territorial, la desertificación del medio rural, la gestión de los recursos hídricos, la cohesión social y territorial y el envejecimiento y la estabilización de la población.

Sin embargo, el establecimiento del contrato social y la definición de la agenda de investigación implican un reajuste entre lo que la ciencia y sus organizaciones tienen para ofrecer y lo que la sociedad necesita y está dispuesta a pagar. Esta cuestión crucial carece todavía de un largo camino de concertación y cooperación internacional.

Kofi Annan (2003) en su llamado a la movilización de la comunidad científica en torno de los problemas que afectan a la comunidad internacional, identifica la concentración de la capacidad de financiar la investigación y del capital científico y tecnológico acumulado como uno de los obstáculos al desarrollo sostenible, apelando al *ethos of science* y a la cooperación científica como forma de superación.

A su vez, J. Sachs (2004) resalta que los gastos en tecnologías orientadas al desarrollo sostenible corresponden a una pequeña proporción del presupuesto militar y que solamente una reducida parte de estos gastos es dirigida a las necesidades de salud, energía y ambientales de la población mundial más pobre. J. Sachs sugiere alteraciones en el sistema de gobierno global y un diálogo continuo entre la comunidad científica y las organizaciones de la sociedad civil de tal forma que se incremente el conocimiento sobre la naturaleza y la dimensión de los riesgos y las opciones que se anteponen a la humanidad.

Como afirma Lubchenco (1998), una mejor comprensión de las capacidades de la ciencia y de los beneficios de su uso socialmente útil son vitales para la generación de expectativas de que las inversiones significativas en investigación sean esenciales para la superación de los desafíos que las comunidades internacionales, nacionales, regionales y locales enfrentan.

Las iniciativas de ámbito global, nacional y regional y la movilización de la ciencia han contribuido a la identificación de áreas que presentan

desafíos relevantes para el conocimiento científico y tecnológico.

Fig. 2 – Investigación e innovación en la transición hacia el desarrollo sustentable

Una consecuencia de un contrato social para la ciencia y la universidad es la vinculación de sus agendas de investigación a la resolución de problemas sociales de orden práctico (cf. A. Couto, 2000).

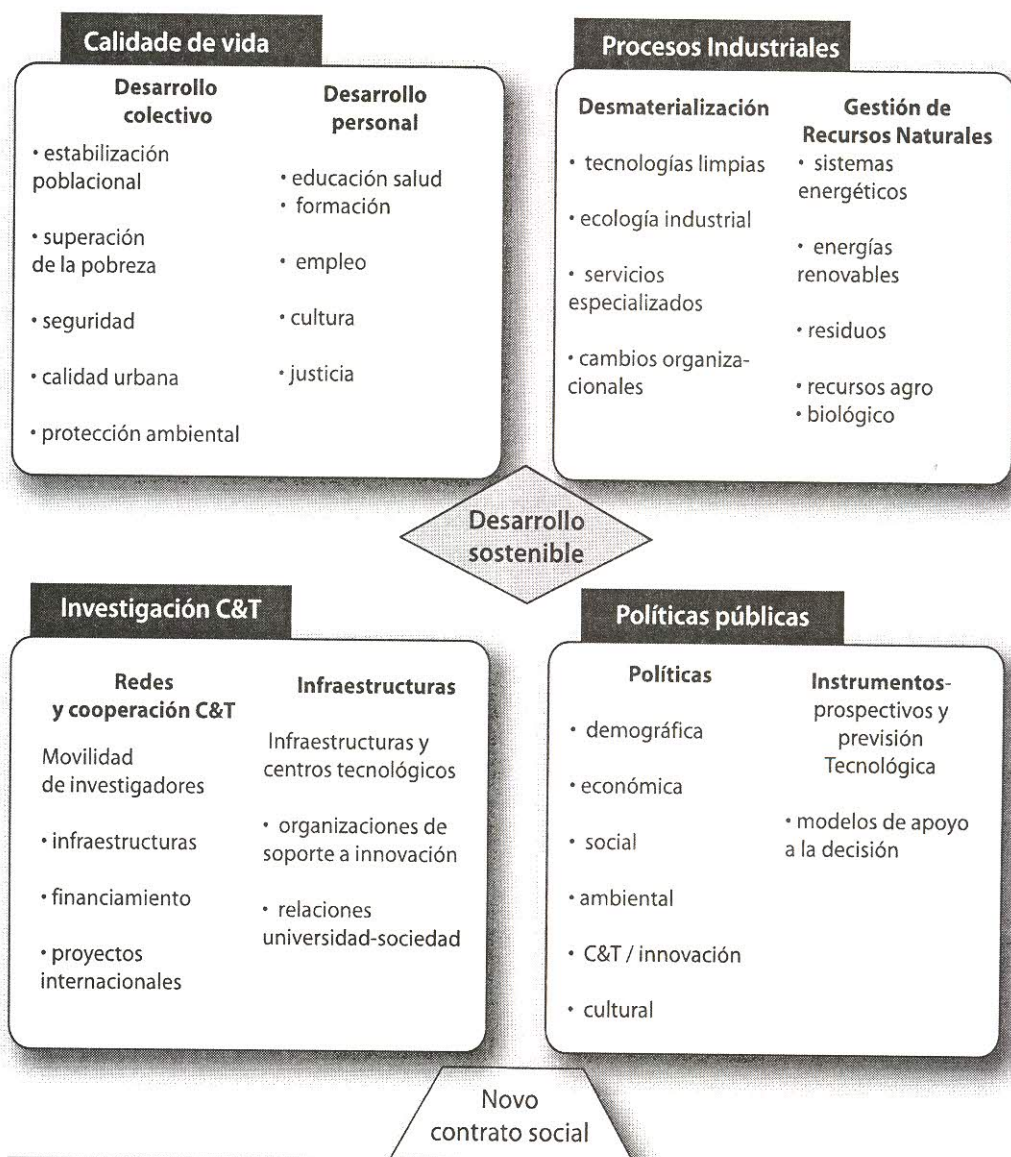


Fig. 2 – Investigación e innovación en la transición hacia el desarrollo sustentable

La cuestión tradicionalmente puesta a la ciencia es si esta aproximación a resolución de problemas prácticos no penaliza su vocación institucional de organización centrada en la investigación científica y tecnológica fundamental. Se trata de una temática que ha merecido un candente debate, centrado en los diferentes modelos de organización de las actividades científica, tecnológica y de innovación (cf. e.g. H. Brooks, 1993).

Para N. Rosenberg y R. Nelson (1996), la cuestión relevante no es si los avances del conocimiento científico son accionados por estímulos orientados por la curiosidad (*curiosity-driven*), generados en el interior del universo científico, o si se encuentran su impulso en el universo de problemas prácticos (*problem-driven*). El problema sería si las indagaciones suscitadas contribuyen o no a la profundización del conocimiento fundamental de los fenómenos.

La inserción del debate desde el punto de vista de la política pública, lleva a L. Brascomb (1998) a proponer la integración de las políticas científicas y tecnológicas en el marco de la política de investigación. En su entender, *el quid* de la cuestión se sitúa en la contribución al avance del conocimiento. Este es determinado por la inversión intelectual en la formulación y el refinamiento de teorías y conceptos en un horizonte temporal dilatado, independientemente del origen de los estímulos. De este modo, los conceptos de investigación tecnológica e investigación científica básica constituyen componentes de la política de investigación; incorporando así, las culturas de investigación científica y de investigación tecnológica en el ámbito de la cultura de investigación.

B. A. Lundvall (1992) y B.A. Lundvall y S. Borrás (1997) sitúan el debate en el marco de la conceptualización de los sistemas de innovación, argumentando sobre la necesidad de una división de trabajo entre las organizaciones; las que desarrollan actividades rutinarias (*learning-by-producing*) —empresas, y las que se involucran en actividades no rutinarias (*learning-by-searching* y *learning-by-exploring*) organizaciones de investigación. Esta especialización institucional es un requisito fundamental para la vitalidad de los sistemas de

innovación en la medida en que aseguran la creación de la diversidad y la radicalidad de nuevas oportunidades tecnológicas como fuerzas de transformación.

Así, el *gap* tecnológico no es considerado necesariamente disfuncional. La disfuncionalidad se encuentra asociada al débil poder de distribución del conocimiento y de su valorización social revelado por los sistemas de innovación. Si se aceptan esos presupuestos, la resolución de los problemas sociales depende de la base tecnológica de las organizaciones y de las interacciones, o mecanismos de transferencia tecnológica, entre las organizaciones que actúan en los mercados públicos y privados y las organizaciones de investigación.

La historia de la relación entre ciencia y necesidad social revela que el problema crítico para la investigación científica y tecnológica no es su compromiso con finalidades sociales, sino la existencia de la autonomía en la definición de los métodos de abordaje y de los objetivos y de un horizonte temporal dilatado (*bottom-up process*). Los avances en la biotecnología, biomedicina y la creación de dominios transdisciplinarios como la bioinformática, la bioquímica, la óptico-electrónica y la nanotecnología reflejan la vitalidad impulsora de los problemas sociales, especialmente en las áreas social, de la salud y ambiental (cf. A. Couto, 2000).

Los desafíos y problemas que el desarrollo sostenible se propone abordar son de naturaleza práctica. Pero su relevancia social, los desafíos epistemológicos que suscita y la necesidad de creación de conocimientos en los dominios de la interacción de los sistemas social y biofísico, hacen que la investigación fundamental se presente más importante y necesaria que en el pasado (Cf. Annan, 2003; c. William y N. Dickson, 2003 y J. Lubchenco, 1998).

Efectos en la ubicación geográfica de las competencias científicas y tecnológicas

El contrato social no es neutral desde el punto de vista de la ubicación sectorial y geográfica de las capacidades científicas y tecnológicas y de sus beneficios económicos y sociales (cf. A. Couto, 2000). Sin embargo, son las preocupaciones con los efectos, en cuanto a la ubicación geográfica del poder científico y tecnológico, que más atención ha merecido en el marco de la creación de una base científica y tecnológica de soporte al desarrollo sostenible. Las razones anotadas son diversas.

Primero, un abordaje histórico revela que el modelo de contrato social establecido en el período posterior a la II Guerra Mundial alteró profundamente la agenda de investigación y vinculó las estrategias de afirmación científica y tecnológica de las organizaciones de la ciencia, especialmente de las universidades, a los objetivos nacionales. La capitalización de las oportunidades creadas por el modelo diseñado pasó a estar dependiente de la capacidad de ajuste de las estrategias de investigación al perfil de solicitud de la búsqueda pública.

El éxito del ajuste se relaciona fundamentalmente con dos factores: las competencias científicas y tecnológicas instaladas y la capacidad de respuesta organizacional a las necesidades tecnológicas públicas. Tal situación significa que la ubicación geográfica del potencial científico y tecnológico resulta tanto de factores históricos relacionados con la localización de las universidades como de su desempeño científico y tecnológico.

Segundo, la organización geográfica del potencial científico y tecnológico parece basarse en una paradoja. La existencia de una elevada descentralización geográfica de estructuras de enseñanza superior contrasta con una concentración del desempeño científico y tecnológico y, en mayor grado, de las capacidades de uso y valoración económica y social de los activos científicos y tecnológicos (cf. M. Zitt y otros, 1999).

La interdependencia entre producción y uso aparece como un factor explicativo de los beneficios sociales de la ciencia y de la tecnología y su gestión

socialmente eficaz depende de un sistema de innovación con alto poder de distribución del conocimiento. Así, el retorno social de la inversión en investigación no es determinado apenas por la creación de conocimiento, sino también por su difusión y absorción. Finalmente, es atribuido un importante papel al contexto local en la transición hacia una sociedad sostenible. La *Agenda 21 Local* constituye una expresión de tal importancia estratégica.

Algunos autores resaltan que la base de conocimiento de soporte al desarrollo sostenible exige la integración de diferentes tipos de conocimiento: basado en la ciencia, tradiciones, historia local y prácticas empíricas y que el proceso tiene lugar a nivel local y regional (cf. e.g. ICSU, 2002).

Sin embargo, pensamos que la relevancia de la cuestión no se sitúa apenas a nivel de la utilización del conocimiento, sino también en la integración de la agenda local en la agenda global, en la forma como los problemas locales y la experiencia acumulada influyen la agenda de investigación.

Estos aspectos son críticos frente a las asimetrías geográficas, sea en cuanto al poder científico y tecnológico, sea en cuanto a la capacidad de valoración de la base del conocimiento local. En el primer caso, la agenda de investigación conoce una elevada probabilidad de ser determinada de acuerdo con los intereses y problemas de las regiones y países que concentran el esfuerzo de investigación. En el segundo caso, las diferencias en la capacidad de valorización social del conocimiento pueden conducir a situaciones en que la valorización externa de activos locales se traduzca en un drenaje de recursos y beneficios.

Las universidades tienen un papel importante en la regulación de estos fenómenos, porque constituyen, en muchos casos, el actor social con mayores competencias de evaluación de los activos locales, más capacitado para proceder a su integración en un proceso de valorización social local y de intermediación de lo local con el mundo exterior.

Por estas razones, la inserción de la universidad en redes de cooperación científica internacional o foros, de largo espectro de actores sociales,

orientados a la dinamización de una cultura de sostenibilidad emerge como instrumento fundamental (cf. J. Sachs, 2004).

Financiamiento de la investigación y de la evaluación

El financiamiento de la investigación es de vital importancia en los cambios del marco institucional en que se desarrollan las relaciones entre la ciencia, la universidad y la sociedad. Esto es evidente en el contrato social propuesto por el Informe Bush – *Science, the Endless Frontier*, en 1945, al proponer un significativo aumento del esfuerzo de inversión en ciencia y tecnología a cambio de su vinculación con las finalidades nacionales en los dominios de la seguridad, salud y competitividad económica (V. Bush, 1945).

El modelo propuesto radica en un compromiso de abordajes *top-down* y *bottom-up*. El financiamiento de la investigación sigue el modelo de la contractualización (*top-down*) según el principio *mission-oriented*. A la universidad y otras organizaciones les corresponde el poder de iniciativa en cuanto a la presentación de los proyectos de investigación (*bottom-up*).

En este modelo de aproximación de la ciencia con el seguimiento de las necesidades sociales, Bush garantiza la prioridad de la misión de la ciencia, la conducción de la investigación básica sin intenciones de uso práctico, condicionando el financiamiento a la lógica competitiva del escrutinio de los elementos de la comunidad científica (*per review system*). Esta condición parece resolver la convicción presente en el informe de que el conocimiento y el uso son objetivos conflictivos.

El modelo de financiamiento propuesto por Bush se ha mantenido. Las modificaciones del contrato social adoptado son visibles en el predominio creciente del objetivo de la competitividad económica. De otro modo, es esta finalidad la que predomina en los países europeos, particularmente en la Comunidad Europea. Los diferentes marcos comunitarios han mantenido la lógica de financiamiento competitivo y de evaluación por los pares. Sin embargo, se observa un elemento de cambio

importante en el proceso de evaluación con implicaciones potenciales en el financiamiento. Este está relacionado con las alteraciones estructurales en la producción de conocimientos identificados por M. Gibbons y otros (1994) y que entendemos que tiene mayor importancia analítica en el contexto del desarrollo sostenible.

Se constata, según los autores, que la representación linear del modo de producción de conocimiento propuesto por Bush – *Modo 1*, se confronta con la situación de un nuevo modo de producción de conocimiento emergente – *Modo 2*. Este modelo se caracteriza por la presencia de un conjunto de atributos, tales como la producción de conocimiento en el contexto de la aplicación, la transdisciplinaridad, heterogeneidad de los actores sociales involucrados, la diversidad organizacional, la transparencia y reflexividad (ética, social y ambiental).

El *Modo 2* no solamente concibe una representación de la producción de conocimiento sustancialmente más compleja, que comprende un abanico bastante amplio y diversificado de búsquedas intelectuales y sociales de conocimiento, sino que hace desaparecer la tensión inherente entre los objetivos cognoscitivos y prácticos. La investigación debe ser conducida con finalidades de comprensión y de uso.

En este contexto, la evaluación de la calidad de la investigación deja de centrarse apenas en el rigor del método científico y comprende también su relevancia social. El escrutinio más allá de ponderar el juicio de los pares, tiende a incluir también la evaluación del valor social atribuido en función de las diferentes búsquedas sociales (cf. P. Caracostas y U. Muldur, 1998).

DESARROLLO SOSTENIBLE, APRENDIZAJE Y ACUMULACIÓN DE CONOCIMIENTO: IMPLICACIONES ESTRATÉGICAS PARA LA UNIVERSIDAD

Como vimos, una de las ideas motoras de los abordajes del desarrollo sostenible es la llamada a la producción y uso intensivo del conocimiento en el contexto de aplicación, relacionando tal objetivo con la necesidad de un nuevo contrato social para la ciencia y la universidad.

Este llamado interpone inevitablemente, desafíos a la universidad como expresión singular de una organización que centra sus actividades en la producción y utilización de conocimientos. ¿Qué consecuencias resultan de tal llamado para la universidad? ¿Qué papel y centralización espera la universidad en el marco del desarrollo sostenible? ¿Cuáles son las implicaciones estratégicas relevantes, desde el punto de vista organizacional?

El abordaje de estas cuestiones requiere, en primer lugar, la comprensión del proceso de acumulación de conocimiento y de las fuerzas que la determinan y, en segundo lugar, de las configuraciones de su incidencia en el ámbito de las funciones y actividades de la universidad.

Aprendizaje y acumulación de conocimiento

R. Nelson y P. Romer (1996) conceptualizan el desarrollo humano como producto de la interacción entre el universo físico y el hombre. Para caracterizar este universo físico, los autores lanzan mano del concepto de objetos (*hardware*), que comprende el mundo biofísico y los bienes tangibles producidos por el hombre: entiéndase, genéricamente, como todo lo que no es humano. El atributo distintivo del hombre se basa en la capacidad cognitiva: en la capacidad de crear y acumular conocimiento y utilizarlo como elemento de transformación de las realidades social y física y de las interacciones entre éstas.

La conceptualización de conocimiento es operacionalizada con recurso a la formulación de dos conceptos: ideas (*software*) y capacidades (*wetware*)².

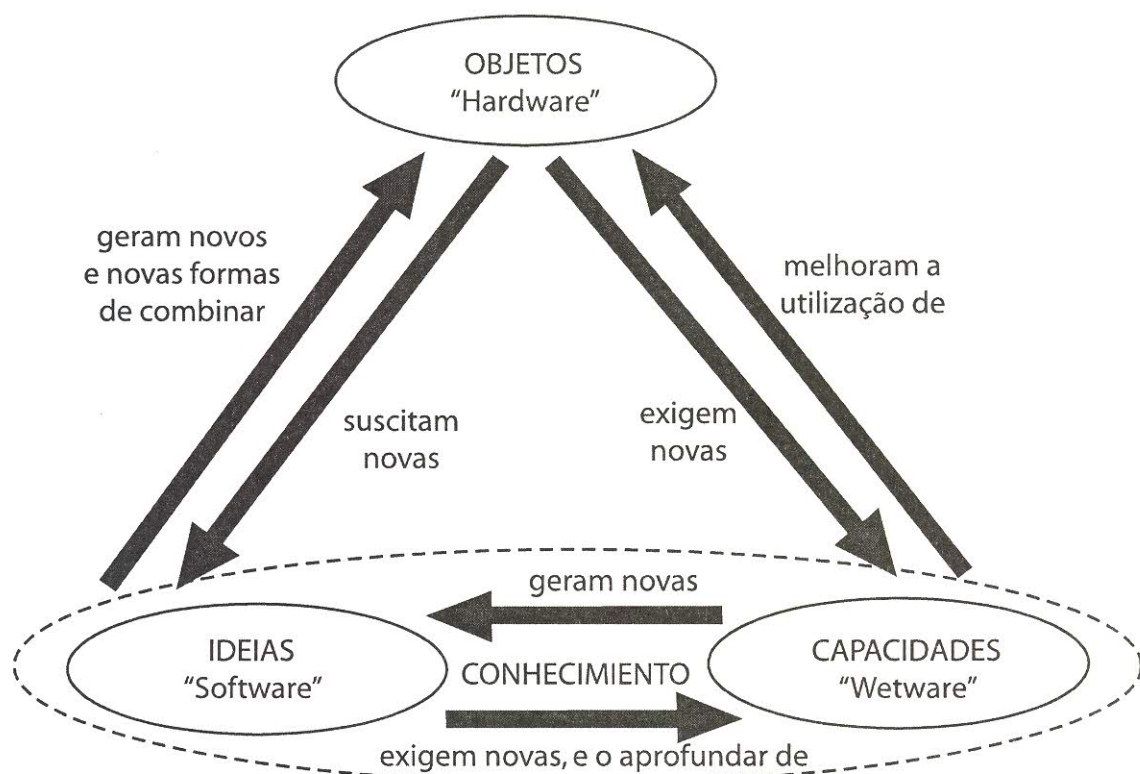
Las ideas consisten en un conocimiento codificado; en información compactada, por ejemplo, en libros y CDs, de acuerdo a códigos y estructuras de lenguaje que le confieren un formato padronizado y una existencia no incorporada en los individuos. Las capacidades comprenden el conocimiento tácito, entendido como capacidades asimiladas y desarrolladas por los actores sociales sujetos a desempeños cognitivos diferenciados³.

Considerado el conocimiento como el recurso fundamental del desarrollo, el cambio y el incremento de la calidad de vida apenas ocurre con su proceso de acumulación social; es decir, con la creación, difusión y uso. El aprendizaje es el elemento crítico y motor del proceso de acumulación, pues solo ella garantiza la combinación conjunta de ideas y de las capacidades imprescindibles al uso socialmente eficaz del conocimiento.

El marco de análisis propuesto por R. Nelson y P. Romer para la comprensión del proceso de acumulación de conocimiento se revela ventajoso desde el punto de vista de la conceptualización del papel del aprendizaje, del conocimiento y de la universidad de la transición para un futuro sostenible.

En primer lugar, considera el universo biofísico como elemento integrante del proceso de acumulación de conocimiento y, como tal, como factor de cambio y prosperidad. En segundo lugar, la operacionalización del conocimiento en dos categorías interdependientes, no sustituibles en el proceso de acumulación, pero sujetas a formas de producción, difusión y uso, introduce profundas implicaciones de la teoría económica, de naturaleza social y de la política pública. Finalmente, constituyendo la universidad una organización centrada en el aprendizaje y en la producción y uso de las diferentes categorías de conocimiento, la consideración de los supuestos enunciados no deja de tener implicaciones en cuanto a las trayectorias de involucramiento de la universidad con el desarrollo sostenible.

Fig. 3 – Interacciones entre conocimiento (ideas y capacidades) y objetos



Fuente: P. Conceição y otros (1998)

Universidad: misión, funciones y relaciones con la sociedad

Es difícil mirar, en perspectiva, la representación de la misión y del ejercicio de las funciones de la universidad en su relación con la sociedad fuera del contexto de triangulación de las relaciones universidad-sector privado-gobierno. La misión convencional atribuida a la universidad consiste en su contribución a la expansión del *stock* público de conocimientos: ideas y capacidades⁴ en contrapartida del financiamiento público.

En la figura 4, encontramos una representación de estas relaciones.

Esta construcción abstracta es confrontada con movimientos concretos más complejos del desarrollo de interacciones intra e inter universidad y sociedad.

Algunos autores prosiguen a la lectura histórica de la evolución de la universidad enfatizando su reposicionamiento en las dinámicas de innovación, sea de naturaleza territorial, sea sectorial. Según H. Etzkowitz y otros (2000), el movimiento de cambio se traduce en una secuencia de revoluciones. La primera marca la transformación de la universidad centrada en la docencia (*teaching university*)

en la universidad centrada en la investigación (*research university*): un modelo de universidad matriz humboldtiana, focalizada en las sinergias entre las funciones de docencia e investigación. La segunda revolución, en curso, se caracteriza por el surgimiento de la universidad emprendedora (*entrepreneurial university*), cuya misión incluye explícitamente, también objetivos económicos y sociales.

Las mutaciones descritas favorecen la aceptación, por parte de las universidades, de innovaciones en el dominio de la transmisión del conocimiento – capacidades e ideas. A los medios convencionales de transmisión de conocimiento, como el capital humano, las publicaciones, las conferencias y el intercambio de recursos humanos entre las universidades y empresas, se asocian la comercialización de activos intelectuales, la promoción de la capacidad empresarial académica y contratos de investigación.

Fig. 4 – Misión de la universidad en sus relaciones con la sociedad

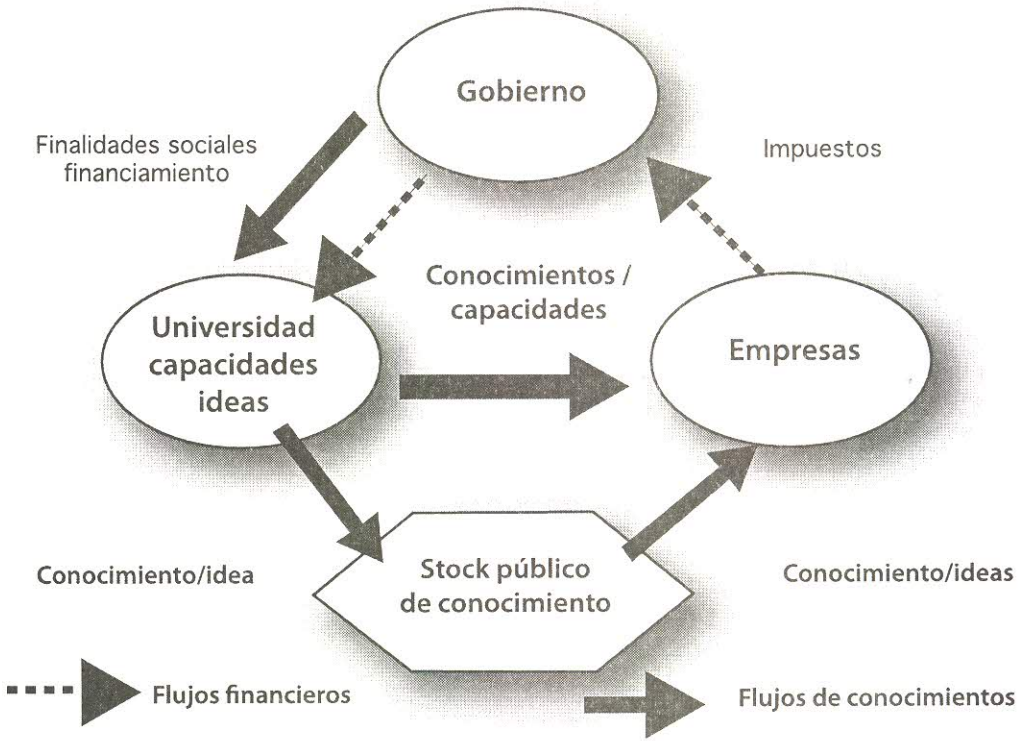


Fig. 4 – Misión de la universidad en sus relaciones con la sociedad

La trayectoria descrita expresa una creciente "hibridación" de la universidad con la sociedad. Sin embargo, la teoría de las revoluciones responde fundamentalmente a una necesidad de conceptualización de la evolución de la universidad. No

todas las universidades admitieron como principio fundamental la simple obtención del avance del conocimiento y la función de investigación ocurre secuencialmente a la docencia en su ciclo de vida.

De hecho, desde el siglo XIX, la preocupación de proveerse de la base económica local y regional como una infraestructura científica y tecnológica estuvo en el origen de la creación de muchas universidades. La búsqueda de bases científicas para las crecientes innovaciones suscitadas por el desarrollo de la industria favoreció la creación de universidades vocacionales para el ejercicio de actividades de investigación en el contexto de su aplicación.

Casos históricos como los *Land grant colleges* norteamericanos orientados al desarrollo científico y tecnológico de base económica agrícola, el MIT creado con objetivos de promoción de la re-calificación científica y tecnológica del tejido industrial de Boston y la creación, en el Reino Unido, de las *redbrick universities* en regiones con capacidad industrial instalada, como Manchester, corresponden a trayectorias inducidas por el compromiso de la ciencia con el imperativo económico y social: ilustrando la relatividad de una teoría general sobre los fundamentos y la evolución de las universidades (cf. A. Couto, 2000).

Se observa en estas experiencias diferenciadas en el abordaje de las funciones aceptadas por las universidades y en el modo como reflejan la incidencia de

los respectivos principios fundadores. Se constata que, generalmente, las instituciones universitarias se amparan en tres funciones: docencia, investigación y servicios a la comunidad (extensión), sin embargo, la centralización de la cual disfrutaban en la misión de la universidad y el modo como se articulan, conocen diseños multivariados que configuran dinámicas de aprendizaje y de acumulación de conocimientos diferenciados.

Reexamen de las funciones de la universidad centrado en el aprendizaje

El abordaje centrado en el aprendizaje se revela prolífero para captar la dinámica de acumulación de conocimiento de la universidad. La acumulación pasa a depender no apenas de las experiencias de aprendizaje asociadas a cada función específica, sino también, y de una forma relevante, del modo como se articulan e integran las tres funciones, especialmente sugiere más investigaciones sobre las áreas de intersección entre las diferentes funciones.

La figura 5 pretende representar la estructura funcional y los mecanismos de aprendizaje formales asociados, con base en las teorías de aprendizaje propuestas por B. Å. Lundvall y B. Johnson (1994).

Fig. 5 – Estructura funcional y tipos de aprendizaje

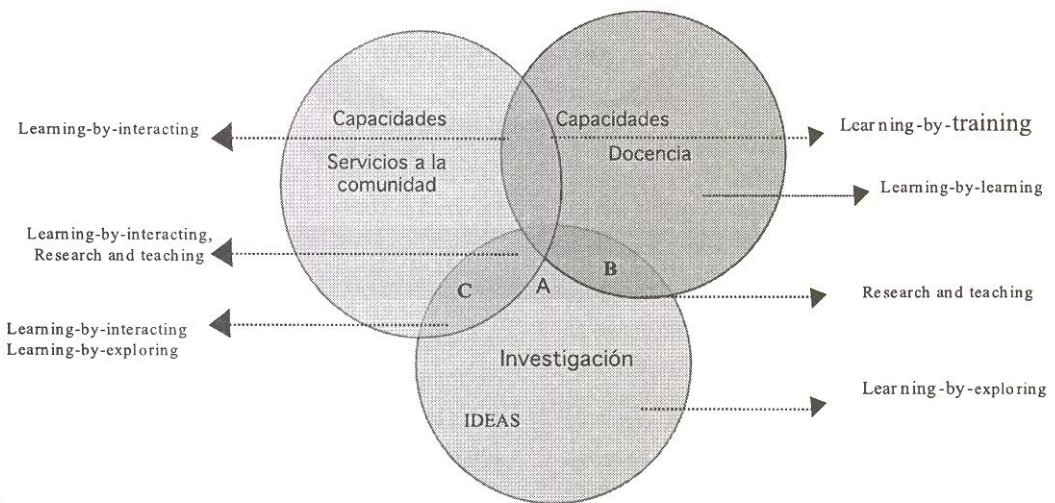


Fig. 5 – Estructura funcional y tipos de aprendizaje

Todas las actividades desarrolladas por la universidad en el marco de sus funciones son motivadas por dinámicas de aprendizaje, pues exigen la combinación de ideas y capacidades y cuanto a la complejidad de los problemas y de las tareas en cuestión.

Docencia

La contribución de la docencia para la acumulación de conocimiento se procesa por la creación de capacidades. El mecanismo de aprendizaje de soporte consiste en el aprendizaje formal por la educación, también designado por *learning by learning*. Según P. Conceição y M. Heitor, (1999), la educación universitaria resulta de la interacción de la transmisión de conocimiento codificado, o ideas, por los docentes con las aptitudes individuales de los estudiantes. Las diferencias de desempeño en el aprendizaje resultan, *ceteris paribus*, de las capacidades de interpretación y utilización de las ideas.

Pero la cuestión es más compleja, principalmente cuando orientada hacia la comprensión de problemas. La relación establecida entre las ideas transmitidas y las aptitudes de los estudiantes está sujeta a la acción de intermediación de un conjunto complejo de variables.

Éstas van desde la ponderación de valores sociales y éticos a componentes más técnicos de definición de planes y contenidos curriculares, prácticas pedagógicas y elaboración y disponibilidad de materiales.

La concentración de la docencia en torno a problemas, como requiere el abordaje del desarrollo sostenible, introduce también desafíos importantes en el diseño de metodologías y programas y en la organización multidisciplinaria del plan curricular. Esta es reconocida como una de las mayores barreras por la resistencia de la cultura disciplinaria existente y por el manifiesto déficit de capacidades en la aproximación y tratamiento de problemas caracterizados por la complejidad sistémica (cf. P. Conceição y M. Heitor, 1999).

En lo que se refiere a los dominios de la intersección de la docencia con las otras funciones, señaladas en la figura 5 por B, A, D, éstos exigen atención específica. Analizaremos la intersección A, más tarde

en el ámbito de la prestación de servicios a la comunidad. La intersección de la investigación con la docencia – B, *research and learning* – corresponde a la contribución de la investigación al desarrollo de materiales de docencia y al incremento de las competencias de enseñanza de los docentes. El área D representa el aprendizaje *learning-by-training* impulsada fundamentalmente por la búsqueda social de formación a lo largo de la vida con los cursos o actividades de capacitación de corta y media duración. En el caso de las universidades centradas en la docencia, las relaciones con la comunidad pueden ser orientadas también hacia el reajuste de los planes y programas curriculares suscitados por el hecho de que emergen nuevos problemas o se reconfiguran los problemas existentes.

Investigación

A través del aprendizaje *learning-by-exploring*, la universidad no solamente contribuye a la creación de nuevas ideas, de nuevo conocimiento codificado, sino también al incremento de las capacidades de los investigadores.

La transición hacia el desarrollo sostenible, exige, como vimos anteriormente, un nuevo abordaje de la interacción sociedad-naturaleza. Este nuevo abordaje depende significativamente de nuevas ideas y nuevos conceptos.

Identificamos áreas mobilizadoras de nuevo conocimiento como la calidad de vida individual y colectiva, procesos industriales y tecnologías limpias y modelos de apoyo a la toma de decisión. Los avances en estos dominios implican no solo la creación de nuevo conocimiento, sino nuevas ideas en cuanto a la reorganización del conocimiento existente en un marco multidisciplinario y orientado a la aplicación.

Conceptos como *sustainability science* (cf. W. Clark y N. Dickson, 2003) e *industrial ecology* (cf. J. Ehrenfeld, 2002) reflejan los esfuerzos de corrientes científicas que abrazan los desafíos del desarrollo sostenible, proponiendo modelos de organización multidisciplinaria de la ciencia, sea en los dominios de la investigación, sea de la docencia, como modo de abordaje de problemas complejos.

Tal como nos referimos anteriormente, también en la investigación el cambio de un paradigma disciplinario hacia uno multidisciplinario encuentra barreras impuestas por la resistencia de la cultura disciplinaria y por el desarrollo de la investigación fuera del contexto de aplicación. El principio multidisciplinario encuentra su fundamento, o por lo menos es sustancialmente valorizado, en el abordaje de problemas prácticos, pues la aplicación y la naturaleza de los problemas a resolver determinan el diseño de los circuitos multidisciplinarios.

El cambio de paradigma exige innovaciones institucionales: uno de los dominios se refiere a los incentivos y a la evaluación del desempeño de los investigadores y docentes universitarios; normalmente el ajuste de las instituciones que resultan de la compleja estructura de recompensa, remuneración y evaluación formateada por los principios de las *norms of science* (cf.P. Stephan, 1996). El otro está ligado a la arquitectura de los centros de investigación en una lógica multidisciplinaria, hecho que tendrá inevitablemente influencia en los tipos de aprendizaje, en los contenidos de la agenda y de los trabajos de investigación y en la participación en redes de investigación.

¿A qué nivel deben ser introducidas estas innovaciones? ¿Cómo se debe proceder en su gestión descentralizada? Son cuestiones con profundas implicaciones estratégicas para el sistema universitario y para las universidades. Es necesario un tratamiento más detallado por su importancia vital para la estrategia organizacional, la gestión y la renovación de capital humano que afecta la investigación y el involucramiento de los investigadores en una agenda de sostenibilidad.

Servicios a la comunidad (extensión)

La importancia de los servicios a la comunidad, también designados como extensión o transferencia tecnológica, parece acrecentada en el contexto del desarrollo sostenible. Dada la necesidad de respuesta a las búsquedas sociales de ciencia y tecnología orientadas hacia la resolución de problemas, esta dimensión práctica exige una proximidad de la universidad a los utilizadores de conocimientos. Así, los servicios a la comunidad pueden ser entendidos

como la plataforma logística de soporte a las conexiones con los utilizadores de conocimiento.

Los servicios a la comunidad constituyen también espacios de aprendizaje. Como canal privilegiado de contacto con la sociedad, permite el desarrollo de procesos de aprendizaje interactivo con actores sociales: empresas, organismos públicos, organizaciones no gubernamentales, entre otros.

Este proceso de aprendizaje es crucial para la universidad en su contacto con los actores sociales que, aunque sean portadores de necesidades de innovación de base científica y tecnológica latentes, manifiestan, en la generalidad de los casos, frente a la naturaleza embrionaria y difusamente percibida de soluciones innovadoras, dificultades de explicitación de sus búsquedas tecnológicas. Así, las relaciones con los diferentes actores económicos y sociales posibilitan la acumulación de competencias de lectura prospectiva de señales emitidos por los diferentes segmentos de la búsqueda de ciencia y tecnología.

Un factor que agrega importancia a los servicios de transferencia de tecnología se une a la naturaleza integradora del conocimiento para la sostenibilidad. La integración no se pone solamente al interior de la universidad, por la multidisciplinaria o transdisciplinaria, sino que se trasborda hacia el exterior al reclamar por la importancia de los saberes tradicionales y del conocimiento contextualizado en la resolución de problemas con los entornos localizados.

La universidad como institución multidisciplinaria y multifuncional

La incidencia de las relaciones con la comunidad se torna más compleja cuando se intercomunica con las funciones de la docencia y de la investigación — Modelo A. Desde el punto de vista de la perspectiva del desarrollo sostenible significa la integración dinámica de las lógicas multidisciplinaria y multifuncional cuyo soporte son los diferentes procesos de aprendizaje. Los requerimientos parecen ser severos para asegurar una estructura organizacional multifuncional y multidisciplinaria.

P. Conceição y M. Heitor (1999) resaltan que, en un marco de estancamiento, o mismo de reducción del financiamiento a la universidad, un enfoque significativo en los servicios a la comunidad o de transferencia tecnológica corre el riesgo de conducir a la penalización de las otras funciones.

Así, parece recuperarse los argumentos de que la organización y el funcionamiento de las actividades de extensión exigen elevada capacidad de financiamiento de largo plazo y un calificado *stock* de capital humano, especialmente cuando involucra la gestión y la comercialización del capital intelectual o el desarrollo de tecnologías con trayectorias sujetas a elevado grado de incertidumbre (cf. e.g. L. Mejía, 1998).

En contrapartida, H. Etzkowitz y L. Leydesdorff (2000) argumentan que en el marco actual de pulverización de organizaciones de base científica y tecnológica, la docencia constituye el elemento vital de formación de ventaja competitiva de la universidad cuando articulado con las funciones de investigación y de desarrollo económico y social.

Este postulado encuentra fundamentos empíricos. Muchas universidades que comparten situaciones de liderazgo pedagógico, científico y tecnológico, a escala global, desarrollan una elevada interacción de las funciones de docencia, investigación y promoción del desarrollo económico y social, con incidencia intensa y directa en la afirmación y sostenimiento del protagonismo económico y social de las regiones en donde se ubican (cf. e.g. OECD, 1999 y N. Rosenberg y R. Nelson, 1996).

Estas trayectorias tienen su lugar en contextos diferenciados. Esto significa que su desligamiento y evolución no dependen de la existencia de un determinado patrón de parámetros. Tanto es así que en contextos similares se observan desempeños diferenciados: instituciones con el mismo nivel de autonomía revelan diferente capacidad de respuesta a desafíos comunes. Los estudios sobre las trayectorias de éxito resaltan el hecho de que éstas dependen significativamente de la capacidad de percepción y valoración de las oportunidades generadas por la política pública (cf. e.g. OECD, 1999).

Las posiciones arriba mencionadas reflejan el hecho de que la transformación del sistema universitario esteja motivado por una creciente diversidad institucional marcada por su especialización funcional. La naturaleza multifuncional es vista cada vez más como un atributo del sistema universitario que propiamente de un modelo universal de organización de la universidad.

Si la elevación de nuevos desafíos para la universidad requiere de dinámicas institucionales y organizacionales para enfrentar el cambio, una cuestión que se nos pone es la de saber en qué dominios debe incidir la acción estratégica de la universidad frente a desafíos impuestos por las transformaciones originadas y por su compromiso con la sostenibilidad del desarrollo.

Los hechos anotados anteriormente no dejan de influir en la trayectoria futura de las organizaciones universitarias. La existencia de políticas públicas y la recomposición del concepto de interés estratégico no liberan la universidad de la elevación del comportamiento estratégico, con incidencia en los dominios de la investigación y su financiamiento, la docencia, los recursos humanos, la calidad, la cooperación científica y el relacionamiento con su involucramiento, en particular, con la región en la cual está inserta.

CONSIDERACIONES FINALES

La universidad tiene recursos intelectuales, de naturaleza interdisciplinaria, que los debe combinar de tal modo que se proyecte su impacto en la sociedad. Los procesos de cambio se caracterizan por estados de transición permanente lo que impone la reflexión sobre el futuro. La universidad posee atributos singulares para afirmarse como instancia de reflexión y de búsqueda de soluciones que contribuyan a la superación de los desafíos actuales.

Se espera una reorientación de la agenda de investigación hacia nuevos objetivos y la reasignación de recursos centrada en la resolución de viejos y nuevos problemas sociales. La salud, el ambiente, los procesos industriales limpios, la desmaterialización de la economía, los modelos de apoyo a la decisión son dimensiones que vienen ganando una

mayor representación relativa en la ponderación de la política pública y en el financiamiento de la investigación.

La cuestión que se nos antepone es si estamos frente a una ventana de oportunidades, susceptible de llevar a la afirmación de nuevos protagonismos y de estrategias competitivas por parte de las universidades o de conducir al esfuerzo de la jerarquía de competencias existente. Si el actual panorama tiene como perspectiva un único mundo de la ciencia comprometido con un futuro sostenible o si este "desideratum" contiene en sí factores de exclusión.

A las universidades también les corresponde una respuesta y su capacidad de acción estratégica podrá minimizar, no eliminar, las diferencias en cuanto al esfuerzo nacional en investigación y desarrollo y a la agresividad de las políticas nacionales de investigación científica y tecnológica.

BIBLIOGRAFÍA

- Annan, Kofi, 2003. "A challenge to the world's scientist", *Science*, vol. 299:1485
- Arrow, W. B., 1962. "The economic implications of learning-by-doing", *Review of Economic Studies*, 28, pp 155-73.
- Bass, Stephen, 2003. Research partnerships for sustainable development: a keystone of the Johannesburg plan" *Opinion*, International Institute for Environment and Development
- Branscomb, L., 1998. "From science policy to research policy", in L. Branscomb e J. Keller (eds.), *Investing in Innovation*, Cambridge, MA, MIT Press: 112-141.
- Brooks, H., 1993. "Research universities and social contract for science", in Branscomb, L.M., *Empowering Technology*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Bush, Vannevar, 1945. *The Endless Frontier: A Report to a President*, New York, Arno Press, [1980].
- Caracostas, P y Muldur, U., 1998. *Society, The endless frontier. A european vision of research and innovation policies for the 21st century*, Luxembourg, European Commission Studies
- Clark, William y Dickson, Nancy, 2003. "Sustainability science: the emerging research program", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 100 (14): 8059-8061.
- Conceição, Pedro y Heitor, M., 1999. "Re-examining the role of european universities in the learning economy: Prospects for organizational diversification, multidisciplinary approaches, and changes towards the sustainable development", Paper prepared for the European Socio-Economic Research Conference, Brussels, April 28-30.
- Conceição, Pedro y otros, 1998. "A inserção da universidade no sistema de inovação na perspectiva da economia do conhecimento", *Novas Ideias para a Universidade*, Lisboa, IST Press: 143-162.
- Couto, A. P., 2000. *Universidade e sistemas regionais de inovação. Da periferia para o centro da dinâmica económica?*, Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior.
- Edquist, C. y Hommen, L., 1997. "Government technology procurement and innovation theory", *European Integration (ISE)*, TSER Programme, DGXII, EC.
- Ehrenfeld, John, 2002. "Industrial ecology – becoming a new field?", *AIChE 2002 Annual Meeting*, November 3-8, Paper T2-21d.
- Etzkowitz, H. y otros, 2000. "The future of the university and the university of future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm", *Research Policy*, 29(2): 313-330.

- Freeman, Chris, 1991. "Technology, progress and quality of life", *Science and Public Policy*, 18(6): 407-418.
- Gallopín, Gilberto, 2001. Science and technology, sustainability and sustainable development, Economic Commission for American Latin and the Caribbean, LC/R.2081.
- Gibbons, M. y otros, 1994. *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*, London, Sage Publication.
- Hardi, P. y otros, 1997. "Measuring sustainable development: review of current practice", Occasional Paper, 17, Industry Canada.
- ICSU, 2002. Science and technology for sustainable development, Consensus report and background document Mexico city Synthesis Conference, May 20.23, Series on Science for Sustainable Development, 9.
- Jesinghaus, Jochen, 1999. Environmental pressures indices handbook: The indicators. Introduction to the political and theoretical background, European System of Environmental Pressure Indices Project, draft.
- Lubchenco, Jane, 1998. "Entering the century of the environment: a new social contract for science", *Science*, Vol.279: 491-496
- Lundvall, B-Å e Borrás, S., 1997. The globalising learning economy: Implications for policy innovation, TSER Programme, DGXII, EC.
- Lundvall, B-Å e Johnson, B., 1994. "The Learning economy", *Journal of Industries Studies*, 1(2): 23-42.
- Lundvall, B-Å. 1992. "Introduction", in B-Å Lundvall (ed), *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter: 1-22.
- Malerba, Franco, 1997. "Public policy and industrial dynamics: An evolutionary perspective", *Innovation Systems and European Integration (ISE)*, TSER Programme, DGXII, EC.
- Mejía, Luis, 1998. "A brief look at a market-driven approach to university technology transfer: one model for rapidly changing global economy", *Technological Forecasting and Social Change*, 57: 233-235.
- Nelson, R. R. e Romer, P., 1996. "Science, economic growth and public policy", in Smith, B. L. R. e Barfield; C. E. (eds), *Technology, R&D, and the Economy*, Brookings, Washington, D.C.
- Nelson, Richard, 1959. "The simple economics of basic research", *Journal of Political Economy*, 67: 297-306.
- NRC. 1999. *Our common journey. A transition toward sustainability*, National, Research Council, Washington, D.C., National Academy Press.
- OECD. 1999. *The Response of Higher Education Institutions to Regional Needs*, Paris, OECD.
- Parris, T. y Kates, R., 2003. "Characterizing a sustainability transition: goals, targets, trends, and driven forces", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 100 (14): 8068-8073.
- Parris, T. y Kates, R., 2003. "Long-term trends and sustainability transition", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 100 (14): 8062-8067.
- Pavitt, Keith, 2000. "Academic research in Europe", *SPRU Electronic Working Papers Series 43*, University of Sussex, Brighton.
- Rosenberg, N. e Nelson, R.R., 1996. "The roles of universities in the advance of industrial technology", in Rosenbloom; R. S. e Spencer, W. J. (eds.), *Engines of Innovation*, Harvard Business School Press, Cambridge, MA.
- Sachs, Jeffrey, 2004. "Sustainable development", *Science*, Vol. 304: 649
- Smith, Keith, 1997. "Systems approaches to innovation: some policy issues", *Innovation Systems and European Integration (ISE)*, TSER Programme, DGXII, EC.
- Stephan, Paula, 1996. "The Economics of science", *Journal of Economic Literature*, Vol. XXXIV, September_ 1199-1235.
- WCED, 1987. *Our common future*, New York, Oxford University Press.
- Wef, 2002. 2002 Environmental sustainability index, <http://www.ciesin.columbia.edu/indicators/ESI>, acceso 13.06.2004.
- Zitt, M. y otros, 1999. "Territorial concentration and evolution of science and technology activities in the European Union: a descriptive analysis", *Research Policy*, 28(5): 545-562.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Este artículo ha sido traducido por la profesora Luiza Gonçalves para la Revista "Perspectivas Rurales", en su número doble 15-16, dedicado al tema Educación superior, ambiente y sostenibilidad.

- 1 Los presupuestos generosos para la investigación en los dominios de la defensa y de la salud y los argumentos políticos que los sostuvieron hicieron que, con los importantes recursos orientados a estas dos áreas, se beneficiasen del predominio de la legitimación política a un estricto análisis económico financiero (cf. A. Couto, 2000).
- 2 La traducción de los conceptos elaborados por R. Nelson y P. Romer, *hardware, software y wetware*, corresponde a la misma que es utilizada por P. Conceição (1998).
- 3 Un tipo importante de conocimiento tácito es el capital humano, en su acepción de capacidades individuales. Pero el conocimiento tácito también se operacionaliza a nivel de otros actores como organizaciones, regiones y países (cf. e.g. A. Couto, 2000).
- 4 La consecución de esta finalidad debe hacerse con respecto a los principios centrales de las *norms of open science communities*, como la independencia intelectual y la cultura de cooperación; elementos en los cuales reposa su integridad institucional (cf. e.g. R. Rosenzweig, 1999 y p. Conceição y otros, 1998).

