

CAPÍTULO 2

EL FUTURO NOS ALCANZA: MUTACIONES PREVISIBLES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

*Hebe Vessuri**

Colaboradores:
José Miguel Cruces
Renato Janine Ribeiro
José Luís Ramírez*

Introducción

¿Dónde estamos? ¿Adónde vamos? ¿Qué estrategias podemos usar para avanzar en el desarrollo de nuestras sociedades? Son preguntas como éstas las que están en la base del interés colectivo, a comienzos del siglo XXI, al reflexionar sobre las tendencias de la educación superior en un horizonte de 20 a 30 años. Dicha reflexión integra necesariamente la dimensión científica y tecnológica pues la ciencia y la tecnología preparan las transformaciones por venir. Este capítulo tiene como objetivo central comentar mutaciones previsibles y su incidencia sobre la educación superior y sobre nuestras sociedades en la región latinoamericana.

La introducción de la ciencia y la tecnología en las reflexiones y ejercicios sobre el futuro ha estado históricamente acompañada de la idea de progreso y de un pensamiento utópico. No obstante, en el siglo XX la cercanía de la visión típica de progreso científico respecto de la utopía condujo, paradójicamente, a la supresión, por lo menos transitoriamente, de la utopía como género literario. De hecho, hubo un largo paréntesis de sustitución de la noción de utopía por la de ciencia ficción en la literatura (Schaff, 1985). Esto, probablemente, porque el proyecto científico se percibía como tan eminente y claramente realizable que parecía mejor presentarlo en una guisa realista e histórica, y no asociada al voluntarismo inherente a la visión utópica (Kumar, 1987). No obstante, ante el aumento de las incertidumbres y lo vertiginoso de los cambios ha ocurrido un resurgimiento de las reflexiones sobre el futuro que apuntan a proponer la reconstrucción de la sociedad en términos distintos a los actuales.

* Este texto contó con la colaboración de Irene Plaz Power e Isabelle Sánchez Rose.

* NOTA DE LOS EDITORES: Los textos completos de los colaboradores en su versión original están incluidos en el CD Tendencias de la Educación Superior en América Latina y el Caribe, anexo a esta publicación. También se encuentran en el sitio Web de IESALC-UNESCO: www.iesalc.unesco.org.ve

Así es como sigue siendo muy importante imaginar futuros posibles y deseables al tiempo que se revisan tendencias. No obstante, una pregunta inquietante y por cierto relevante es ¿Cómo es que identificamos tecnofuturos posibles y deseables? Y una vez que lo hacemos, ¿cómo entendemos su extensión científica e institucional y sus implicaciones sociales? En particular, dadas nuestras características de países fundamentalmente consumidores de ciencia y tecnología, ¿qué autonomía y qué alternativas se nos ofrecen en la construcción de futuros?

Se ha argumentado al menos desde el primer tercio del siglo XX (Husserl, 1929; Schumpeter, 1939; Merton, 1948), que las teorías en las ciencias sociales pueden autoconfirmarse en la medida en que sus supuestos y lenguaje se dan por supuesto, son valorados normativamente y por lo tanto, crean las condiciones de volverse “verdaderas”. De esa forma, dichas teorías pueden “ganar” en el mercado independientemente de su validez empírica, perpetuándose en la medida en que promulgan un lenguaje y supuestos que se usan y aceptan ampliamente. A diferencia de la evolución biológica, la evolución cultural reestructura las observaciones del pasado y escribe el presente a través de las interacciones entre dinámicas anticipatorias. Las representaciones, visiones, promesas e incluso discursos éticos, tienen una enorme importancia en el desarrollo de las tendencias y las agendas de tecnofuturos. Giddens (1984) ha sugerido que la ciencia social no puede ser separada completamente de la realidad que intenta explicar, porque hay una interacción interpretativa mutua “entre las teorías sociales y aquellas actividades que componen su temática –una doble hermenéutica”. Los actores ven el mundo a través de las lentes de las teorías sociales, y las teorías sociales están construidas tomando prestadas las categorías y significados de los actores.

Con esto no hacemos más que destacar el carácter frecuentemente circular del análisis de tendencias y agendas, y la forma como algunas se cohesionan en tecnofuturos y se incrustan en tecnologías y artefactos que confirman las agendas, las cuales de esa forma resultan en profecías que se cumplen a sí mismas. Hay una especificidad del conocimiento en el mundo moderno que consiste en su habilidad de codificar significados y de esa forma reducir la incertidumbre en la representación (colectiva) del sistema social, volviéndose crecientemente selectivo en cuanto a la información a retener como relevante. A lo largo del tiempo, esto proporciona una capacidad de producir expectativas informadas de posibles futuros, que luego realimentan los procesos históricos. Es precisamente esta capacidad reflexiva y anticipatoria lo que explica la estabilidad de la trayectoria evolutiva de la economía basada en el conocimiento (Leydesdorff, 2006). Pudiéramos definir al tecnopresente como aquél que erige ciertos aspectos y problemas como los problemas principales a ser resueltos por medio de respuestas tecnológicas específicas. Conduce a un tecnofuturo que justifica su solución como revolucionaria, legitimando así los gastos de recursos (públicos y privados) en actividades específicas y consiguiendo la adhesión, en el trayecto, de múltiples agendas.

Para lograrlo, el futuro y su remedio tecnocientífico se constituyen de manera específica, para no sólo reflejar el problema implícito en el presente, sino también transmitir la impresión de inevitabilidad y dar carácter obvio a la solución del futuro. Dicha “inevitabilidad” sería producida por la imbricación de las agendas en artefactos concretos, a pesar de que puedan aparecer como libremente adoptadas a través de la eliminación de las alternativas. Usualmente, las fuerzas que están detrás de las visiones tecnológicas del futuro

van construyendo las condiciones de realización haciendo que éstas se verifiquen en los hechos. La promoción de ciertas agendas como racionales y coherentes induce de hecho un futuro tecnológico específico, tanto en escenarios y políticas como en prácticas particulares, mientras que se dejan de lado otros futuros posibles. Las representaciones, visiones y expectativas son una parte integral de ese desarrollo. Existen como un aspecto de la tecnología.

Esto sucede ya sea que nos ocupemos de la medicina, las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC), la ciencia de los materiales o las tecnologías convergentes, para dar sólo unos ejemplos. Así, en relación con la medicina, la noción de la prevención y el tratamiento individualizado se basan en una concepción de la humanidad extraída de la genética, la genómica y otras biociencias que descomponen nuestro cuerpo en partes constitutivas (por ejemplo genes, genomas, células). Otro ejemplo, también de la biomedicina moderna, son las tecnologías y artefactos del *screening* genético que ayudan a producir una percepción de que hay características “indeseables” que los individuos necesitan verificar y luego corregir, haya o no los medios para hacerlo (Birch, 2006). Las agendas particulares de científicos, compañías, universidades y pacientes pueden beneficiarse de esta orientación y direccionalidad científica. Los científicos que trabajan en estos campos en los países industrialmente más avanzados son abundantemente compensados por sus esfuerzos, tanto materialmente (i.e. acciones) como socialmente (i.e. status). A su vez, las organizaciones públicas y privadas son recompensadas a través de cambios en las instituciones de propiedad intelectual (por ej. el Acta Bayh-Dole, 1980, en los Estados Unidos) que refuerzan una comprensión individualista y propietaria de la investigación, la cual asegura la legitimidad de su apropiación privada de lo que es una propiedad intelectual valiosa. Finalmente, los grupos de pacientes son recompensados cuando logran sensibilizar la conciencia pública, con inversiones en investigación sobre su enfermedad o desorden particular, motivando a otros grupos a seguir estrategias similares.

En el corazón de estas representaciones está implícita la naturaleza competitiva, estratificada de la ciencia, si bien su evolución en dirección de lo que aparece cada vez más como una estructura de poder altamente sesgada hacia cúpulas concentradas de autoridad y poder está menos presente en las discusiones y pasa en buena medida por debajo de la mesa, sin ser cuestionada. Claramente, la estructura de control científico afecta y es afectada por las representaciones del futuro. De esta forma, contribuimos a elaborar profecías que se realizan en un cierto nivel de realidad, en las cuales las políticas y decisiones prescriptas refuerzan la teoría original, “probando” su exactitud. Si reportamos sobre las biociencias en términos que corroboran las expectativas de vidas individualizadas y cuerpos privatizados, entonces nuestras descripciones pueden promover un sistema socioeconómico particular (i.e. apropiación privada) que reproduce ciertas expectativas culturales (i.e. individualismo). Si reportamos sobre las nanotecnologías como “imaginarios tecnocientíficos”, es decir, supuestos no testados y tácitos que dan forma al desarrollo del campo, estos imaginarios no son simplemente imaginarios en el sentido de que son ficticios sino que más bien definen los recursos discursivos a través de los cuales el campo llega a definirse. En sociedades con escasos márgenes de libertad como las nuestras, que no tienen una ciencia y tecnología vigorosas en esta etapa de economías globales, debe formularse la pregunta y responderla si se quiere que la investigación que se haga promueva estas agendas y, si no, cómo se puede evitar hacerlo.

¿Qué significa todo esto? ¿Por qué creemos que importa? Porque estamos sometidos a la doble hermenéutica de que hablaba Giddens, donde la creciente complejidad y el reforzamiento de la dinámica reflexiva que los medios de comunicación cada vez más rápidos permiten, lleva a un intercambio de conocimiento en el que el rol de los actores sociales es mucho más decisivo cuando describen al mundo, modificándolo a través de teorías que prescriben enfoques particulares para entenderlo, los cuales estimulan y endosan políticas y decisiones particulares. Estas preocupaciones subyacen a este capítulo en el que retomamos, entre otras, algunas de las ideas esbozadas por un conjunto de autores que han participado en el Proyecto Tendencias. Hemos escogido detenernos en el análisis de algunos temas: la estructura estratificada y jerárquica de la ciencia, la nueva convergencia tecnológica, en particular las nanotecnologías, las biociencias, y las TIC; el papel de la ciencia-e y su impacto en la educación superior; la producción y el consumo del conocimiento; y el tipo de “sistema de ciencia” que se promueve para apoyar la búsqueda de un desarrollo sostenible. La educación superior es la depositaria, escenario y eventual catalizadora de estos y otros posibles desarrollos. Los países de la región casi sin excepción viven una transición complicada, con sendas que a veces se bifurcan, otras vuelven al lugar inicial, o no conducen a ninguna parte, haciendo muy difícil la tarea de interpretar y vislumbrar caminos futuros. Un aspecto esencial es tratar de identificar entre las tendencias, aquellos rasgos de las universidades, industrias y gobiernos, incluyendo sus interfaces funcionales tales como las agencias de financiamiento o las oficinas de transferencia de tecnología, que pudieran ser reinterpretadas y redefinidas por los agentes humanos en los próximos años.

1. Transformaciones institucionales en el nuevo contexto global

Incapaz de adaptarse en la medida que requerían los cambios progresivos del siglo XX, la educación superior será testigo de una transformación radical en las décadas venideras. Por años la asimilación del conocimiento nuevo al codificado en la ciencia básica, fue generando una forma de percepción particular, según la cual este “bien,” una vez producido, era muy difícil de apropiar. Esta visión tuvo dos consecuencias importantes. La primera fue que los actores económicos no invertirían en investigación básica ante la expectativa de no recuperar su inversión; de allí la necesidad del soporte gubernamental. La segunda fue que la apropiación del conocimiento y su circulación eran “libres” para los actores económicos interesados. No había necesidad, por tanto, de mecanismos específicos que ayudaran a que el conocimiento fluyera del sector de conocimiento a los mundos económico y social.

El resultado fue que la universidad se vio por mucho tiempo como la institución para preparar el futuro a través de la producción formal de conocimiento y para formar a la élite. Además, esa élite profesional era la única en posición de decidir qué hacer y cómo juzgar la calidad y relevancia de lo que se hacía en materia de investigación científica. Paulatinamente se fue reconociendo que la realidad más allá de los muros universitarios no era tan simple y se fue poblando paulatinamente con cantidades variables de estructuras intermedias destinadas a llenar la brecha entre la investigación básica y el desarrollo. A

medida que nos acercamos al presente, fue cambiando la comprensión del proceso de innovación, pasándose de lo que se había dado en llamar el modelo lineal de la innovación a un modelo en red, con nociones como redes tecnoeconómicas, procesos de innovación distribuidos o innovaciones abiertas. En el camino las universidades, o más precisamente, grupos e individuos dentro de la educación superior, se fueron interesando en participar en los beneficios de sus insumos de investigación, contribuyendo así al cambio institucional.

Hace más de dos décadas que fueron creciendo los parques científicos y tecnológicos, incubadoras, incentivos fiscales, múltiples iniciativas para proporcionar capital de semilla, políticas de capital de riesgo, incentivos para el personal académico que se comprometiera en tales actividades. La lista de iniciativas focalizadas en tales actividades es larga, si bien todavía no satisfacen plenamente las expectativas (Laredo, 2007). En los países industrialmente avanzados se viene hablando de una “tercera misión” empresarial de la universidad, además de la docente y la de investigación, si bien históricamente las universidades latinoamericanas tuvieron una larga tradición de servicio público como una tercera misión que se definía como de “extensión”. En la redefinición actual de la “tercera misión” hay mucha ambigüedad; se habla, por ejemplo, de dimensiones tales como:

- 1) La transferencia de conocimiento incorporado en estudiantes de doctorado y graduados (transferencia de competencias entrenadas a través de la investigación a la industria y los servicios públicos orientados por misiones).
- 2) La propiedad intelectual, entendida como conocimiento codificado producido por la universidad y su gestión (patentes, copyright).
- 3) Spin-offs: transferencia de conocimiento a través del emprendedurismo.
- 4) Contratos con la industria a través de de la coproducción de conocimiento y su circulación a la industria. Su supone que es el principal marcador del atractivo de las universidades para actores económicos existentes.
- 5) Contratos con cuerpos públicos, para satisfacer la dimensión de servicio público de las actividades de investigación.
- 6) La participación en la elaboración y/o implementación de políticas (a diferentes niveles).
- 7) El involucramiento de la universidad en la vida social y cultural, fundamentalmente urbana.
- 8) La comprensión social de la ciencia, a través de la interacción con la sociedad (Schoen et al, 2006).

En todo caso, parece claro que éstas son sólo manifestaciones de una transición hacia algo radicalmente diferente que pudiera hacerse visible en los próximos años, vinculada a los cambios en la base y estructura jurídica y en las formas de guardar, tratar y producir el nuevo conocimiento a partir de las transformaciones que inducen las nuevas tecnologías. Paradójicamente, en estos momentos en que la humanidad accede como nunca a herramientas universales de comunicación, cuando aumentan drásticamente las posibilidades de apertura, archivo y uso de la información, educación, salud, etc., en una palabra, cuando se revoluciona la inteligencia, la memoria, la inventiva humana, nos enfrentamos con un pesado lastre de marginalidad y exclusión de contingentes importantes

de la humanidad, que pone en riesgo la efectivización de un futuro mejor claramente posible si se superan los obstáculos del presente.

Actualmente varios países se han lanzado a una búsqueda desenfadada del lucro con todo el entusiasmo de los conversos; Europa del Este, China, India y en nuestra región México son ejemplos. ¿Qué va a pasar con las tendencias a la comercialización de la vida universitaria en el mundo y en particular en América Latina? La universidad pública está siendo presionada para reorientar sus actividades y sus recursos a la producción de bienes privados intercambiables en el mercado. Se viene imponiendo en las políticas públicas y prácticas universitarias la orientación hacia el mercado como fin último y como modo de supervivencia de las instituciones de educación superior, introduciendo una serie de conceptos y nociones cuya adopción resulta problemática y a veces traumática. Ingentes masas de seres humanos en esos mismos países están siendo expulsados de sus tierras por la competición con la agricultura industrializada y deambulan en las calles de las ciudades sin posibilidades de retorno al campo ni de integración a la moderna sociedad tecnológica, pues no tienen acceso a una educación efectiva. Su nivel de carencias y falta de perspectivas no sólo genera un infierno en la tierra para ellos sino que los convierte en una fuente de inseguridad que permea toda la vida urbana.

Es probable que en los próximos años, con algún eco de lo que ocurrió en pleno auge de la Primera Revolución Industrial, surjan “refugios” del pensamiento en la sociedad, lugares que den espacio y tiempo para el pensamiento profundo y crítico, en contraste con la tasa cada vez más acelerada y la publicación masiva de *papers* de importancia cada vez más puntual cuando no triviales. Cuando recientemente Serres (2007) planteó que “las nuevas tecnologías nos condenan como especie a volvernos más inteligentes,” este filósofo se refería a la revolución de la información que repercute y cambia nuestra relación con el mundo y genera una transformación cognitiva y cultural en las facultades de la memoria, la imaginación y la razón, que se externalizan y así liberadas crecen vertiginosamente. La convergencia de este proceso con el de la globalización, la degradación ambiental, la sociedad de alto riesgo y la brecha creciente entre quienes aprenden y los otros, que crearán gradualmente una demanda de instituciones que busquen entender lo que sucede en la naturaleza y en la sociedad, hará que probablemente el “aprendizaje lento y profundo” renazca espontáneamente en los próximos años.

Por varias décadas el uso de recursos laborales fue persistentemente desestimulado en el mundo desarrollado; si bien el crecimiento de la productividad del trabajo fue un elemento importante que contribuyó al aumento continuado en el ingreso neto *per capita*, se alcanzó un nivel crítico. Por un lado, la sustitución de trabajo por capital ha estado acompañada por un aumento continuado en el uso de energía y de materias primas, que condujo a una sobreexplotación de los recursos ambientales. Por el otro, las estrategias de negocio fueron impulsadas por consideraciones de ahorro de mano de obra hasta el punto en que la ganancia de productividad a nivel del negocio es crecientemente neutralizada por un aumento en los costos de la sociedad. Uno de los ejemplos más claros es el desempleo en los países industrializados, donde la fuerza de trabajo se vuelve redundante pero a costas de un aumento de los beneficios del desempleo. Los requerimientos financieros de los arreglos de seguridad social incrementaron aún más los costos indirectos de la fuerza de trabajo, intensificando las tendencias hacia el ahorro de fuerza de trabajo. Además, como en Alemania y en Francia, este mecanismo ha llevado a una pérdida considerable en la

competitividad en mercados extranjeros a medida que la tecnología sofisticada se instala crecientemente en países con bajos salarios.

El uso inadecuado de los recursos disponibles –relativamente poco aprovechamiento de la fuerza de trabajo, demasiado uso de los recursos ambientales- claramente no coincide con las preferencias de la sociedad: la gente espera para sí y para sus hijos más trabajos y un ingreso estable, por un lado, y también una mejor calidad de vida, por el otro. Aunque los modelos económicos han tendido a ver los logros tecnológicos como factores exógenos, debe reconocerse que éstos son esencialmente el resultado de incentivos que se originan en los sectores público y privado. Además, la tecnología es hecha por los humanos, y en este sentido, la inversión continuada en capital humano es crítica. Las ineficiencias fundamentales que están en la base de los problemas económicos y sociales que aquejan a la región latinoamericana pueden mejorar o empeorar en las próximas décadas. El dilema es si el cambio se dará en términos que reproduzcan o no el exclusivismo (exclusionismo) del pasado y del presente porque serían cada vez más insustentables.

A pesar de experiencias parcial o totalmente fallidas de diversificación y diferenciación de la educación superior en el pasado, es preciso seguir pensando estrategias que no reproduzcan la estratificación y rigidización sistémica que acompañó a muchas de esas experiencias. Sin duda serán estrategias complejas que buscarán resolver y superar la crisis pedagógica y la restricción espacial al locus específico y limitante del salón de clases, en camino a una utilización pertinente y eficiente de los instrumentos y dispositivos pedagógicos del futuro. Los contenidos se harán crecientemente accesibles en línea, y la educación no será ya “transmitir conocimientos o saberes” sino que ella misma será reinventada. Sus principales desafíos están ligados a las evoluciones previsibles de la sociedad que necesita el desarrollo de nuevas aptitudes de comportamiento (espíritu de iniciativa, capacidad de trabajar en equipo, polivalencia, movilidad, etc.) cuya importancia se acrecentará en el mundo del trabajo en detrimento del modelo educativo de los países desarrollados desde finales del siglo XIX. El contenido de la educación se ha vuelto cada vez más abstracto con poca relación con el conocimiento práctico, funcionando como filtro de selección social. En América Latina, el Caribe y el resto del mundo periférico, ex colonias o no, se agudizarán los intentos de construir sus propias instituciones de educación superior imitando los modelos del mundo desarrollado y tratando de compartir su mismo estilo y estándar de vida, en lugar de buscar resolver sus problemas prácticos siendo más originales y creativos. Pero también crecerán los intentos de inventar una nueva cultura, opuesta a la violencia y deseosa de proteger la naturaleza.

América Latina y el Caribe, desde su estado actual de atraso relativo y absoluto, dan muestras concretas de querer establecer las bases para el logro de mayor competitividad internacional, apoyadas en el diseño e implementación de instrumentos legales en los cuales los sectores empresarial, estatal y académico pudieran convergir uniendo esfuerzos en lo que pudiera calificarse como *un sistema de innovación*, que se expresaría en cada país (CEPAL, 2002). Se reconoce que la generación y adopción de la tecnología y el logro y mejora consiguientes de la competitividad internacional constituyen procesos de naturaleza sistémica; el sistema de innovación depende de un conjunto de sinergias y externalidades de varias clases, más allá de las reacciones maximizadoras de las firmas frente a los cambios de incentivos (*idem*). En efecto, en la mayoría de los países de la región se argumenta a nivel del discurso, que hay una necesidad de desarrollar prácticas de

innovación tecnológica como una forma de mejorar sus sistemas productivos ampliando las bases para los intercambios entre los diferentes sectores y agentes económicos; se propone especialmente hacer que cada sociedad se convierta en un espacio económico más competitivo en diferentes mercados, tanto a nivel nacional como internacional. Sin embargo, aunque la innovación ha sido una práctica común de algunas firmas o laboratorios, e incluso es tema de estudio y debate en centros de investigación y trabajo, no ha sido un tema asumido explícitamente por la mayoría de los aparatos legales en los países de la región.

El interés reciente de algunos gobiernos de introducir prácticas de innovación tecnológica tiene un carácter diferenciado, siendo notables mayores avances en países como: Brasil, México, Argentina, Chile, Costa Rica y Venezuela, en cuanto a crear condiciones para su inducción y pensar en aumentar más el alcance de los agentes socioeconómicos envueltos. Esto puede apreciarse en el establecimiento de contextos legales y estructurales que posibilitan la implementación. Este interés se ha manifestado principalmente en los últimos cinco años, lo cual indudablemente parece deberse a la necesidad de aumentar las capacidades de competitividad económica y modernización de los mecanismos de producción. No obstante, todos los países enfrentan dificultades en sus respectivas capacidades de realización de la IyD, y para la vinculación entre las comunidades científicas y los empresarios e industriales. Por el otro lado, hay poca tradición de acercamiento entre las comunidades de investigadores y los problemas locales de sus respectivos países. Esto, sin tomar en cuenta que la inversión interna con respecto al PIB de cada país ha sido tradicionalmente baja.

En el Consejo del MERCOSUR en su reunión del 5 de mayo de 2005, en Asunción, Paraguay, se consideró útil instituir un Comité de funcionarios gubernamentales de alto nivel responsables de los temas de ciencia, tecnología e innovación. También se consideró la necesidad de profundizar estudios hacia una política común en estas cuestiones en esta agencia multilateral. En su primer artículo, el Consejo del MERCOSUR decidió crear la “Reunión de Ministros y altos funcionarios de Ciencia, Tecnología e Innovación del MERCOSUR”, con la función de proponer al Consejo por medio del Grupo del Mercado Común, medidas dirigidas a la coordinación y cooperación en el campo de la ciencia, la tecnología y la innovación dentro del MERCOSUR (Cruces, 2008). Falta saber si estas medidas no llegan demasiado tarde y si están suficientemente respaldadas por los compromisos necesarios de parte de los gobiernos y sociedades de la región.

2. ¿Cambios en el sistema de control y autoridad en el campo científico? Tendencias del acceso abierto

El sistema de control y autoridad en el campo científico ha cambiado su naturaleza en el tiempo y en la geografía mundial. Las tendencias observables sugieren una transformación significativa en los arreglos existentes. La divisoria entre ciencia hegemónica o de “corriente principal” y ciencia “periférica” que se afianzó en el siglo XX refleja una realidad contingente que supone formas específicas de organización y control. La estructura de prestigio y el consiguiente ejercicio del poder en la ciencia toma diversas

formas: dirigir un importante laboratorio es una de ellas, editar una revista líder es otra, coordinar un comité que adjudica fondos de investigación es una tercera. La superación de la divisoria e inequidades existentes requiere transformar la estructura jerárquica de la ciencia que hoy rige.

Como las pretensiones de la ciencia son universales, es decir, suponen que sus resultados se aplican en igualdad de condiciones en todas partes, los científicos suelen extender con facilidad este principio básico a cuestiones de método e incluso a nivel de valores y criterios para juzgar su producción, instalándose así un campo competitivo global sobre la base del universalismo. Sin duda las publicaciones son percibidas como el mecanismo más importante para regular el sistema internacional de competición científica. Ellas corporizan una cantidad sustancial de poder porque forman la base para la gestión de las carreras científicas en todas partes y están constantemente en las mentes de los científicos, aunque sólo sea para monitorear el progreso de sus competidores.

Hasta la última década del siglo XX la transición en América Latina desde un rol principalmente nacional a otro internacional todavía podía pensarse como un cambio gradual y no como una discontinuidad abrupta. Hasta entonces, los dos escalones –nacional e internacional- definían una pendiente que había que remontar, no una barrera a superar, con variaciones según el campo del conocimiento. Sin embargo, después de la Segunda Guerra Mundial, algunas casas editoriales comerciales fueron bastante ágiles en moverse más allá del escenario nacional para alcanzar el estado de compañías multinacionales. Paralelamente, el agudo aumento en la cantidad y tamaño de las universidades en el mismo período marcó el surgimiento de un mercado mundial para las publicaciones científicas. El escalón internacional ha pasado a funcionar cada vez más como el principal árbitro de la calidad mientras que el nacional incluye mezclas más complejas de evaluación, vinculado a cuestiones de política que han sido parte de la escena en el nivel nacional, ya que muchos gobiernos tratan de domesticar el poder de la ciencia para mejorar el bienestar de su país.

La naturaleza concentrada de la autoridad en la ciencia internacional se fue reforzando en las últimas décadas. Esto incidió no sólo en las revistas, sino más insidiosamente aún, en los temas que pasaron a estar también estratificados de acuerdo con una escala internacional de prestigio. Desde los años de 1960, el *Social Citation Index* (SCI) aunque en un comienzo se limitó a unos pocos cientos de títulos, pudo ofrecer con credibilidad lo que parecía una buena representación de la “ciencia nuclear”. Con basamento en evidencia estadística, la lista de títulos usada por el SCI rápidamente pasó a gozar de una gran credibilidad. Con su mecanismo numérico de contabilidad, el SCI creó esencialmente una barrera entre las dos categorías –nacional e internacional. Separó radicalmente lo que caracterizó como la “ciencia nuclear” o “de corriente principal” del resto de las publicaciones científicas y asumió para sí la tarea de decidir qué publicaciones podían o no ser incluidas en la lista del SCI. También en este caso se autocumplió la profecía. Las grandes editoriales han mantenido un control firme sobre el tamaño y la naturaleza de la ciencia nuclear. Se ha argumentado que esencialmente éste fue uno de los principales roles del SCI en los últimos cuarenta años. Una compañía privada –Thomson Scientific (antes conocida como Thomson ISI)- unilateralmente y en buena medida sin tener que rendir cuentas, ha venido decidiendo cuántos títulos de revistas incluir en su lista básica y todo el mundo ha aceptado sus decisiones. Cada vez más los bibliotecarios

empezaron a hacer sus pedidos de compra para sus bibliotecas a partir de las listas del SCI, con lo cual los patrones de compras comenzaron a convergir, generando un mercado rígido.

Justamente el desarrollo de la alternativa del *Open Access* o Acceso Abierto, puede interpretarse como una respuesta al proceso por el cual la pendiente se convirtió en una barrera (Guédon, 2007). Las estrategias dirigidas a estimular el Acceso Abierto pueden entenderse en función de esa estructura de control. Es difícil imaginar, excepto retóricamente, cómo la promoción del Acceso Abierto pudiera divorciarse de la búsqueda de una estructuración diferente del poder en la ciencia. Esta cuestión es particularmente importante para los países emergentes y en desarrollo de la región latinoamericana. Los debates y tensiones en torno al SCI hacen más creíble el argumento que una de las principales funciones del SCI es adjudicar el orden jerárquico de las revistas de manera tal que se preserve la estructura actual, cartelizada de la publicación científica. Este papel raramente se discute, escondido como está por todas las funciones bibliográficas y cuantitativas del SCI. Pero sin el SCI, la estructura concentrada del poder científico no existiría como lo hace, y no hubiera durado tanto. Obviamente la comunicación científica internacional ha quedado sometida al control de algunas revistas de unos pocos países occidentales, instaurándose una carrera por tratar de publicar en revistas pertenecientes al conjunto de títulos definidos y controlados por Thompson Scientific. Rápidamente la evaluación por pares, las asignaciones de subsidios, el apoyo para asistir a conferencias internacionales, todo fue cayendo bajo mecanismos complejos regidos por este particular sistema de filtro. Pero esto no es todo. También la manera como la gente cita está sesgada por el prejuicio antipaís en desarrollo. El problema no es trivial.

Algunos países fuera de la “corriente principal” hacen esfuerzos en distintas direcciones para resolver o minimizar estos problemas. Brasil es uno de ellos en nuestra región. El Portal de información científica creado y mantenido desde el año 2000 por CAPES/MEC (Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior del Ministerio de Educación de Brasil, por sus siglas en portugués), es una biblioteca virtual de fácil acceso a la información científico-tecnológica mundial, ofrecido por el Gobierno brasileño a los Programas de Postgrado vinculados al sistema educativo del país. De esta forma, más de 1.3 millones de profesores, investigadores, estudiantes de pre y postgrado, y el personal técnico-administrativo de instituciones de todas las regiones de Brasil, tienen acceso gratuito al Portal vía Internet, intermediado por la Red Nacional de Investigaciones (RNP). Los costos de esta herramienta para el desarrollo científico nacional, los cubre el Estado brasileño. Entre el 9% y el 10% del presupuesto de CAPES es destinado anualmente al mantenimiento y desarrollo del Portal, correspondiendo al año 2006 US\$ 32 millones (Guimarães, 2007). La continuidad de este esfuerzo en los próximos años muy probablemente asegurará a Brasil una consolidación de la curva de crecimiento de su producción y productividad científica.

Paralelamente a este costoso esfuerzo de internacionalización en términos convencionales, Brasil ensaya otras vías, como Scielo, una biblioteca electrónica que nació cubriendo una colección seleccionada de revistas científicas brasileñas, y que busca el desarrollo de una metodología para la preparación, archivo, disseminación y evaluación de la literatura científica en formato electrónico. A medida que el proyecto se desarrolla, se añaden nuevos títulos a la colección de la Biblioteca. Scielo permite la implementación de bibliotecas digitales en la Web de colecciones de revistas científicas en texto completo.

Como resultado de las políticas de integración regional, ya hay en funcionamiento varios portales Scielo que proporcionan acceso a revistas académicas de Brasil y de otros países de América Latina, el Caribe, España y Portugal, apoyando la visibilidad de una literatura que de otro modo sólo sería accesible dentro de las fronteras de esos países. Scielo responde a una fuerte política institucional. Ofrece un ejemplo que descansa en un compromiso gubernamental sostenido. Al igual que con portales como Scielo, la decisión de muchas universidades y otras instituciones de investigación de agregar valor a los depósitos o archivos de *papers* arbitrados, y con el esfuerzo de países como Australia, Holanda y Reino Unido, además de Brasil, de desarrollar repositorios nacionales, ya es posible pensar en la remoción de las barreras o por lo menos en su reducción, mejorando la infraestructura comunicacional del sistema mundial de la ciencia. De perseverar en esta orientación, se corregirían muchas iniquidades e injusticias debidas a las barreras de conocimiento que se erigen hoy entre el “centro” y la “periferia”.

Otra iniciativa complementaria es la que se adelanta con la coordinación de la UNAM de México, a través de Latindex, un sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, producto de la cooperación de una red de instituciones que funcionan de manera coordinada para reunir y diseminar información bibliográfica sobre las publicaciones científicas seriadas producidas en la región. El sistema busca difundir, hacer accesible y elevar la calidad de las publicaciones científicas seriadas producidas en la región, a través de los recursos compartidos. Para ello, coordina acciones de acopio, procesamiento, diseminación, uso y producción de la información científica y pone a disposición de sus usuarios tres productos básicos de información: el *Directorio*, que proporciona los datos normalizados de una amplia variedad de revistas académicas o de interés académico. A la fecha contiene más de 14,500 registros; el *Catálogo*, con información descriptiva y de contenido adicional a la que ofrece el Directorio para títulos seleccionados y clasificados según criterios internacionales de calidad editorial previamente probados y convenidos por el Sistema Latindex; y el *Enlace* a revistas electrónicas, actualmente en construcción, que en su primera etapa brinda acceso directo a más de 2,400 revistas con texto completo en línea.

Con iniciativas como éstas se está procurando una internacionalización de diferente signo respecto del actual, no subordinada a la dicotomía entre ciencia de corriente principal y ciencia periférica, y de ampliar una función importante, entre otras, la del acceso a la información y la comunicación. El surgimiento del movimiento del Acceso Abierto –AA- (*Open Access*) abre perspectivas novedosas ya que juega diferentes roles con diferentes categorías de científicos. Para todos, ya sean de países ricos o pobres, el AA da más oportunidad de construir sobre el trabajo de los predecesores y colegas/competidores de todo el mundo. Los científicos en cuanto lectores están bien servidos por el Acceso Abierto, y para los científicos en países pobres, si las conexiones de Internet están disponibles con suficiente ancho de banda, la brecha de la información bajo la cual trabajan tenderá a disminuir con el crecimiento del AA. Una revista de AA de cualquier proveniencia tiene más oportunidades de ser usada en todas partes que una revista con peaje, y el poder creciente de varios motores de búsqueda Google, y en particular Google Scholar, Yahoo y otros sólo incrementará las posibilidades en este respecto y de hecho comienzan a nivelar el campo de juego que las bibliografías de alto costo (como las del SCI) distorsionaron. Para el mundo en desarrollo, esto significa que las revistas AA podrán cruzar la divisoria más fácilmente que antes, ya que aunque pueden no estar listadas en el SCI, y en general no lo

están, su presencia en listas de AA, y su disponibilidad en portales bien organizados comenzará a compensar las limitantes que las barreras del sistema cartelizado de la ciencia ha montado, en particular en torno al SCI.

El AA abre las vías a la investigación en torno a la dinámica de la innovación en ámbitos enormes e interdependientes como son los de la sociología, la economía o incluso la gerencia, además de los de las ciencias duras y la propia tecnología. La noción de AA ha dejado de ser considerada como una simple metáfora que anuncia el motor de relaciones societal y organizacionalmente transformadas. Así, la posibilidad de compartir los conocimientos y los recursos, por ejemplo, entre estructuras en directa competencia mutua, que ayer parecía difícilmente concebible, está mucho más cerca de su realización, simplemente por la vía de tomar al AA en un sentido no restringido del término.

3. La nueva convergencia tecnológica

Las llamadas “tecnologías convergentes” forman parte de la dinámica contemporánea del desarrollo científico-técnico. Con este nombre se hace referencia a la combinación sinérgica de diferentes tecnologías transformadoras: (a) nanociencia y nanotecnología; (b) biotecnología y biomedicina, incluyendo la ingeniería genética; (c) tecnología de la información, incluyendo comunicación y computación avanzada y (d) ciencias cognitivas, incluyendo la neurociencia cognitiva (nano–bio–info–cogno, NBIC). Constituyen la combinación del conocimiento para la manipulación de la materia viva con la inerte (ETC, 2003), teniendo como objetivo final, impactar directamente a sectores estructurales de la economía, lo político, social y ambiental.

En la visión del grupo de expertos de la Comisión Europea sobre la ola de nuevas tecnologías cuyo relator fue Nordmann (2004), el paradigma de la convergencia se ha modificado con la llegada de la nanotecnología, ya que con ella la materia, compuesta de moléculas, puede reconstruirse prácticamente de nuevo a través de la nanoescala. En la escala nanométrica, la materia manifiesta propiedades diferentes a las tradicionalmente conocidas a escala macroscópica. El aprovechamiento de estas propiedades en la implementación de dispositivos, en la formación de nuevos materiales, en sus métodos de manufactura y en su producción, es tan sólo uno de los propósitos de este paradigma emergente que se plantea transformar a las sociedades en el curso de las próximas décadas. La convergencia de las tecnologías transformadoras se basa fundamentalmente en la unidad material en la nanoescala y en la integración tecnológica a partir de ella.

Tales promesas se reflejan en el foco declaradamente “futurista” de buena parte de la retórica de la nanotecnología, con la elaboración de largas listas de posibles aplicaciones que son tan amplias como para erigirla en la cura de prácticamente todos los males de la humanidad, y como soporte del futuro crecimiento y felicidad humanos. Estas visiones reflejan que lo social es parte integral de la nanotecnología. Es decir, con relación a “futuros tecnopropectivos” como el que ofrecen los proponentes de la nanotecnología el futuro es movilizado en el desarrollo de la tecnología y su gobernabilidad, creando “direccionalidad” y convenciendo a otros de lo que “el futuro traerá”. Como tales, las varias

narrativas de la nanotecnología aparecen como siendo profunda e irrevocablemente sociales, políticas y filosóficas.

Reconociendo su enorme potencial, varios países o grupos de países han avanzado en la formulación de propuestas para desarrollar intensamente las Tecnologías Convergentes. Actores poderosos imaginan a la nanotecnología como una reorganización paradigmática de las técnicas de investigación y las habilidades en la nanoescala con potencial para inducir amplias y transformadoras implicaciones sociales, económicas y políticas (Roco y Bainbridge, 2005). Las visiones sociales, culturales, morales, políticas y económicas que acompañan las promesas y amenazas están dando forma, de maneras desiguales y complicadas, a las agendas y trayectorias de investigación que determinarán la forma eventual de las nanotecnologías.

La investigación pública y privada en este campo está desarrollándose a pasos gigantescos, y por el momento se encuentra fuera del control de las regulaciones de los gobiernos o del escrutinio de la sociedad, incluso cuando existen programas y proyectos gubernamentales. Es particularmente importante que tanto los gobiernos como la sociedad civil tengan una comprensión y ejerzan un monitoreo, pues de otra forma los productos de las tecnologías convergentes serán trasladados al mercado en procesos poco transparentes y democráticos de revisión, evaluación y regulación (ETC, 2003). Por eso es necesario, desde el punto de vista de la educación superior y el análisis social, examinar e interpretar la nanotecnología y otros campos relacionados que comparten con ella la dinámica genérica social, económica y política, no solamente como un campo emergente de investigación y experimentación científica, sino también como estando constituida a través del despliegue de una gama de repertorios discursivos de promesa y expectativa. Se apunta a mover la discusión desde intentar *ver en* el futuro a *ver cómo* es que se construye y se gerencia el futuro en tanto abstracción temporal en discursos controvertidos, quiénes elaboran esos discursos y bajo qué condiciones, como prerequisite para la construcción de estrategias de desarrollo de la región latinoamericana.

Si bien entre las promesas que se dicen válidas para los países en desarrollo están las posibles aplicaciones de nanotecnología relacionadas con las metas del Milenio, tales como el almacenamiento de energía, producción y conversión, mejora de la productividad agrícola, tratamiento y remediación de agua, diagnóstico de enfermedades y monitoreo, sistemas de lanzamiento de drogas, procesamiento y almacenaje de alimentos, contaminación del aire y remediación, construcción, monitoreo de la salud, detección y control de vectores y pestes (Salamanca-Buentello et al, 2005), no todo son promesas. En el discurso “inevabilista” dominante, pareciera que las políticas públicas y los sistemas de gobernabilidad en los países en desarrollo, enfrentarán nuevos y difíciles desafíos a sortear para poder generar y utilizar este nuevo conocimiento e introducirlo o adaptarlo a metas sociales o económicas.

Se prevé que la producción de nuevos materiales basados en las nanotecnologías y otras tecnologías convergentes puede tener efectos nefastos en las economías de los países en desarrollo al permitir la sustitución de materias primas por productos más económicos y libres de condicionamientos geográficos y/o climáticos, incrementando las diferencias entre los países del Norte y del Sur. Algunos estudios (ETC, 2003; Meridian Institute, 2006) anotan que las relaciones económicas y sociales desiguales entre los países del Norte y del Sur pueden verse afectadas aún más con la introducción de nuevos materiales, como por

ejemplo textiles mejores que el algodón, que afectarían la producción de *commodities* de un número muy grande de países. Basta con observar que de un total de 141 países en desarrollo, 95 de ellos dependen de sus *commodities* para por lo menos el 50% de sus ingresos por exportaciones (CFC, 2005).

En los países de la región es posible encontrar, además de las comunidades científicas y de los tomadores de decisiones en el ámbito de las políticas públicas, otros actores directamente interesados así como diferentes organizaciones, que tienen un papel cada vez más importante en la discusión y definición de políticas y naturalmente en la construcción de una conciencia pública sobre el impacto de la tecnología. Muchos de estos actores, sin embargo, no conciben claramente los impactos del nuevo conocimiento, y como consecuencia, se toman crecientemente decisiones de política pública en base a información incompleta, fragmentada y pobre, o por la influyente presencia de instituciones y “expertos” inadecuadamente preparados para comprender y enfrentar los desafíos que imponen las tecnologías transformativas y convergentes. En ese terreno las funciones de la Universidad y de la educación superior son cruciales en la etapa de transición.

Enfrentar los “desafíos de la convergencia” tecnológica supondrá la coordinación de esfuerzos entre las universidades, el sector productivo y los gobiernos para desarrollar instrumentos adecuados de regulación y monitoreo orientados a asegurar la protección de la población y de la naturaleza. Una cuestión de la mayor importancia es la relativa a los riesgos de la nanotecnología. Se evidencia una percepción difusa de los riesgos en la investigación y la utilización de la nanotecnología, y existe en consecuencia una gran dispersión de recomendaciones para generar las competencias que pudieran permitir enfrentarlos. Con frecuencia, la comunidad científica no concibe los riesgos como una dimensión inherente a la actividad de investigación que realiza, y cuando los percibe, los identifica como una problemática de orden ético que debe ser asumida por los organismos correspondientes.

En general, se dan por supuesto las narrativas que actores clave despliegan en su intento de dar sentido a la dinámica social de las tecnologías emergentes. Se ha argumentado que científicos y tecnólogos han desarrollado un conjunto de teorías informales acerca de lo que es la nanociencia. Pero ya hay debate respecto a cómo debiera posicionarse, cómo se materializan las preocupaciones públicas, las lecciones que pudieran aprenderse de la controversia de los transgénicos conocidos como OGM, etc. Pareciera que mientras que estas teorías informales carecen de soporte sistemático empírico, no obstante dirigen la expectativa y promesa tanto en las deliberaciones de políticas como en la innovación y la IyD. Representantes de ONG reclaman una mayor atención a las implicaciones de la nanotecnología para los países en desarrollo y las economías emergentes.

Es necesario considerar más sistemáticamente cómo la nanotecnología pudiera contribuir a reducir la pobreza y cómo los procesos de innovación globales pudieran vincularse con procesos locales en los países en desarrollo. Algunas economías emergentes están luchando con temas de nanotecnología. Por un lado, las instituciones políticas apuntan a atraer compañías extranjeras. Por el otro, necesitan desarrollar marcos legales que proporcionen protección a la población y que también aseguren estabilidad legal a las compañías. Las principales cuestiones aquí se refieren al ambiente, la salud y la seguridad al igual que a los derechos de propiedad intelectual. En general, los actores en economías

emergentes están en posición diferente que aquéllos en los países altamente desarrollados. La academia, por ejemplo, tiene menos posibilidades de hacer estudios de salud ambiental y seguridad y/o de tener una comunicación efectiva con el público. Las economías emergentes a menudo dependen del liderazgo del extranjero y la conciencia pública de los desarrollos en nanotecnología es muy bajo (Renn & Walter, 2008).

Algunas organizaciones han señalado la necesidad de aplicar el principio precaucionario a la nanotecnología. Pero, ¿qué constituye un enfoque precaucionario? En años recientes, enfrentados con la creciente escala de cambios e impactos humanos en el ambiente, y con la creciente conciencia de su complejidad, se ha vuelto cada vez más claro que la ciencia y el conocimiento humano en general no pueden proporcionar evidencia definitiva por adelantado respecto de todas las formas de daño posibles. Tal evidencia puede ser intrínsecamente inalcanzable o llegar demasiado tarde para evitar daño ambiental serio e irreversible. Frente a la necesidad de los decisores de políticas ante la incertidumbre, tratando de equilibrar propósitos y objetivos divergentes la precaución ha surgido como un principio amplio que favorece la protección ambiental en el caso de la incertidumbre.

El meollo del concepto se puede entender como *contrarrestar la presunción a favor del desarrollo* que predominó durante mucho tiempo (Cooney, 2005). En todo caso, pareciera importante encontrar el equilibrio entre este principio aplicado por medio de la evaluación sistémica de los riesgos de largo plazo, y una aproximación ética de verdaderos beneficios a corto plazo. Los países latinoamericanos deben considerar que el principio precaucionario requiere que los gobiernos tengan a su disposición recursos humanos y una infraestructura eficiente de investigación y servicios de laboratorios y para ello deben decidir sobre la construcción de capacidades para su implementación. La importancia de un análisis abierto y transparente de esos imaginarios sociotécnicos, proyecciones y repertorios culturales es doblemente significativa, si se considera que la nanotecnología potencialmente desafía nociones profundamente enraizadas de humanidad y naturalidad, entre otras a través de nociones como la “nueva invisibilidad material” o la “increíble pequeñez” de la nanoescala.

La convergencia observable también en la "nueva bioinformática" podría ser de especial interés en la región, debido a su menor costo de inversión y a la sinergia que puede generar en el trabajo en redes. La biotecnología como uso de los sistemas biológicos a los cuales se les puede reprogramar siguiendo la voluntad del hombre, y en donde por primera vez los descubrimientos biológicos toman un lugar protagónico en el escenario de los grandes mercados mundiales constituye uno de los desarrollos tecno-científicos más espectaculares de décadas recientes. En la era actual el prefijo Bio se ha popularizado a niveles nunca antes conocidos, esto se explica por la penetración de las técnicas de la biología moderna en la sociedad. La tendencia que arrancó a mediados de los años 70, cuando se pudo visualizar el impacto que la biotecnología y la manipulación genética en general podrían tener en nuestras vidas, se ha ido reafirmado en los últimos años con hechos concretos de servicios y productos biotecnológicos. El catálogo de biotérminos va incrementándose desde biotecnología, pasando por bioética, bioenergía, bioremediación, bioprospección, biomatemáticas, bioinformática, bioingeniería, bioseguridad, hasta llegar a biodiplomacia; todos ellos reflejan una visión utilitaria de la biología y su impacto en la sociedad (Ramirez, 2008).

4. Producción y consumo del conocimiento

La transición hacia la sostenibilidad requiere cambios radicales en la manera como producimos y consumimos. Entendemos mejor ahora que el logro de la sostenibilidad se vincula no sólo al mejoramiento de la situación ambiental, sino también a cómo aprender a vivir mejor y a cómo mejorar la calidad de nuestras estructuras sociales. Más aún, cuando se reconoce claramente que no es posible lograr las reducciones necesarias del impacto ambiental y el consumo de recursos por medio de soluciones exclusivamente técnicas dirigidas a mejorar la eficiencia de los procesos productivos y a hacer más verdes los productos.

¿Por qué esto? La investigación muestra que el impacto ambiental agregado continúa elevándose debido a niveles crecientes de población y de afluencia. Hay diferencias enormes entre los niveles de consumo *per capita* de las sociedades ricas y pobres en el mundo. En las naciones industriales el consumo de bienes domésticos, energía y otros materiales ha alcanzado niveles agregados muy elevados, que están ejerciendo presiones tremendas sobre el ambiente y las bases de recursos naturales. La “geografía distorsionada del consumo” indica que el consumo general del quinto más rico de la población mundial es 16 veces el del quinto más pobre. El cambio es crucial en la escala individual, organizacional (dentro de, y entre organizaciones) e igualmente en la escala social (entre sistemas funcionalmente autónomos, con su propio código operacional).

En décadas recientes, se ha dedicado bastante atención y recursos a enfoques orientados tecnológicamente a reducir la contaminación y aumentar la eficiencia del uso material y energético. Estos esfuerzos son críticos, pero en términos de lograr la transición a la sostenibilidad, es necesario desarrollar una comprensión más holística de los sistemas de producción y consumo. También se ha focalizado el interés en los beneficios potenciales de cambios más sistemáticos que abarcan cambios en la producción y el consumo, y las relaciones que vinculan el acto de producir y el de consumir. Una ejemplificación aproximada de esos cambios puede encontrarse en el nivel de la innovación de las funciones, que incluye sistemas de uso compartido, ofertas de pago por uso, y ventas funcionales, que pudieran sintetizarse bajo el nombre de sistemas de producto-servicio. Como ilustración sirven casos como los de la gestión integral de pestes, el uso compartido de automóviles y los centros de lavado de ropa de base comunitaria en Suecia. Éstos se volvieron parte de la planificación urbana, con estándares de eficiencia energética y de agua y proporcionando funciones de lavado a millones de hogares.

En las actividades de innovación se ha venido reconociendo cada vez más la importancia del aprendizaje y de las instituciones. Los actores sociales, las interacciones y las instituciones son componentes importantes en la conceptualización de los procesos de innovación (Malerba, 2005). Los procesos pueden involucrar la co-evolución de varios elementos tales como la tecnología, la base de conocimientos, el aprendizaje, la demanda, las firmas, las organizaciones no empresariales, y las instituciones. Se observan claras referencias en el comportamiento de diferentes sistemas sectoriales tales como el rol del conocimiento, actores e instituciones, con claras implicaciones para el tema de la producción y el consumo sostenibles. El reclamo de cambios en el nivel sistémico es direccional en un sentido e ideológico en otro, ya que prescribe acciones deseadas de parte de los actores sociales para producir y consumir. ¿Qué es lo que subyace a estos cambios a

nivel del sistema? ¿Cuál es la naturaleza y dinámica del cambio que envuelve la transformación en patrones de producción y comportamiento del consumidor? ¿Y qué rol juegan las instituciones en esta transformación?

Tukker y Tischner (2006) distinguen tres niveles de cambios hacia el consumo y producción sostenibles: 1) optimización del sistema, que incluye mejoras de los sistemas existentes de producción y consumo sostenibles con herramientas existentes, como el eco-diseño de productos y servicios, la información a los consumidores acerca de alternativas ambientalmente robustas y patrones de consumo, 2) el rediseño de la capacidad de provisión del sistema para hacerlo menos pesado, a menudo, con base en la innovación de funciones, por ejemplo, en lugar de satisfacer la necesidad de movilidad por medio de la propiedad del vehículo privado, se ofrece un sistema de movilidad integrado, en el cual el público usa el transporte público donde ello es posible, y sistemas de vehículos compartidos como opción de respaldo, aunque todavía se actúa dentro del marco contextual y de mercado; 3) innovación de sistema, donde no sólo son optimizados sistemas de productos, servicios y producción y se encuentran nuevas formas de satisfacer necesidades de consumo dentro de marcos e infraestructuras institucionales existentes, sino que se desarrollan e implementan nuevas infraestructuras, sistemas de planeación o incentivos, que promueven estilos de vida más sostenibles. Pareciera así que la innovación de función sistémica depende del grado de cambios en toda la cadena de valor producto –servicio y no meramente de la provisión de la función.

El Programa de Naciones Unidas para el Ambiente (División de Tecnología, Industria y Economía) tiene numerosas actividades para promover tecnologías y prácticas de gestión ambientalmente sensatas, y construir vínculos mundiales entre los líderes industriales y los expertos en tecnologías de producción limpias y eficientes. Esos esfuerzos pudieran ser muy aumentados comprometiendo a un segmento más amplio de la comunidad de ciencia y tecnología a trabajar en estas cuestiones. Por ejemplo se necesitan análisis sociológicos para entender cómo la propaganda y los medios populares influyen en las elecciones de los consumidores y en la “brecha de las aspiraciones” (por ejemplo, la distancia entre lo que la gente tiene realmente y lo que sienten que necesitan). Se requieren estudios de ciencia política y de economía para desarrollar mecanismos eficientes de monitoreo y/o control de niveles agregados de consumo y uso de recursos. Insumos de la ecología y la biogeoquímica permitirían desarrollar una perspectiva sistémica de cómo fluyen la energía y los materiales a través de lugares particulares y ciclos de producción/consumo. Y por supuesto, los químicos, físicos y otros científicos básicos son necesarios para continuar avanzando en tecnologías para la “descarbonización, desmaterialización y detoxificación de los ciclos de energía y materiales.

Esta cuestión puede proporcionar oportunidades interesantes para revertir los roles tradicionales de compartir conocimiento entre los países en desarrollo y los industrializados (vistos típicamente como unilaterales, influjo Norte-Sur de información). Se necesitan las perspectivas del Sur para ayudar a analizar comportamiento y valores vinculados al consumo, y ayudar al Norte a desarrollar políticas y prácticas para reducir niveles de consumo excesivos. Algunas cuestiones en la investigación del consumo/producción necesarios en los próximos años son (ICSU-ISTS-TWAS, 2005):

- ¿Cómo se crean las “necesidades” materiales? ¿Cuáles son los determinantes primarios que impulsan el comportamiento superfluo, de consumo excesivo? ¿Cómo pueden cambiarse valores que estimulan un consumo insostenible?
- ¿Qué tipos de políticas han sido efectivas en desacoplar las mejoras en el bienestar del consumo creciente de energía y materiales?
- ¿Cuáles son los principales patrones y tendencias de cambio social, económico y ambiental relacionados con sistemas de consumo/producción? ¿Cuáles son las vulnerabilidades de sistemas de consumo/producción importantes a estos cambios?
- ¿Qué nuevas herramientas y metodologías se necesitan para estudios comparativos robustos de sistemas de producción/consumo?
- ¿Cuáles son los roles de las instituciones, las nuevas tecnologías y la innovación en influenciar la dinámica de sistemas de consumo/producción?
- ¿Cuáles son las implicaciones para el desarrollo sostenible de las tendencias incipientes como el consumismo verde, los cambios de la dieta, el etiquetado más estricto de productos, etc.?

5. Ciencia y ética. Aprender a manejar los riesgos e incertidumbres

El mundo actual nos presenta algunas libertades antes nunca vistas pero también un grado de inseguridad potenciada. La nueva situación del conocimiento forma parte de este panorama ambiguo y conflictivo. Por un lado, la ciencia ocupa una posición central en nuestra sociedad como jamás la tuvo antes. De ella se espera y se obtiene la solución a innumerables problemas y una ganancia de productividad que va desde el tratamiento de enfermedades hasta la mayor parte de la calidad de lo que los seres humanos fabrican, plantan o crean. No obstante, al mismo tiempo, su apropiación social genera una serie de problemas, pues si bien en ciertos casos reduce la desigualdad social e internacional – sirviendo de poderosa herramienta para vencer problemas crónicos de grupos sociales y nacionales-, en otros los acentúa.

Nuestra inseguridad hoy es la de quien comienza a sentir que puede estarse enfrentando con límites insuperables. Es verdad que siempre alguien alertó a la especie humana respecto de los peligros de superar los límites que Dios o la naturaleza nos fijaron. Es posible que esté aquí, también, la raíz de nuestra libertad actual. Las identidades enclaustradas del pasado dejaban pocas opciones a las personas. Nuestro tiempo, por el contrario, ha abierto un abanico inédito de elecciones, muchas de las cuales asocian lo que hasta hace pocas décadas parecía contradictorio. Parece útil, a este respecto, recordar la conferencia Asilomar y su éxito en identificar, evaluar y en última instancia mitigar los riesgos percibidos del ADN recombinante en la década del 70. En esos años hubo un llamado a una moratoria voluntaria de parte de un grupo de científicos norteamericanos hasta evaluar mejor el estado de la nueva tecnología y sus posibles riesgos. La conferencia de Asilomar, que incluyó a científicos de todo el mundo, abogados, representantes de la prensa y funcionarios gubernamentales consideró si levantar la moratoria y en tal caso en qué condiciones la investigación podía proceder con seguridad. Finalmente se decidió que la investigación sobre el ADN recombinante debería seguir, pero bajo estrictos

lineamientos, que luego fueron promulgados por los *National Institutes of Health* (NIH) y por órganos comparables en otros países.

En retrospectiva, esta conferencia única marcó el comienzo de una era excepcional para la ciencia y para la discusión pública de la política científica. Su éxito permitió que la entonces tecnología contenciosa del ADN recombinante surgiera y floreciera. Ahora el uso de la tecnología del ADN recombinante domina la investigación en la biología. Ha alterado las formas como se formulan las preguntas y la manera como se buscan soluciones. El aislamiento de genes de cualquier organismo en nuestro planeta, vivo o muerto, así como la construcción de nuevas variantes de genes, cromosomas y virus y la introducción de genes en microbios, plantas y animales experimentales son hoy una actividad rutinaria. Desde nuestro punto de vista, es interesante observar que en los años 70 se escuchaban frecuentes críticas a los científicos por asumir el liderazgo en formular políticas que eran asuntos de preocupación pública. Esto llevó a algunos de ellos a creer que el debate público mismo era una gran amenaza y que las consecuencias resultarían en restricciones debilitantes o incluso prohibiciones sobre la investigación biológica molecular. No obstante, el esfuerzo de informar al público también estimuló una discusión responsable que logró desarrollar un consenso para el enfoque mesurado que muchos científicos apoyaron. Se evitó caer en legislaciones nacionales restrictivas y a la larga, los científicos se beneficiaron de su franqueza y acciones prudentes frente a la incertidumbre. Ganaron así la confianza pública, ya que fueron los propios científicos quienes tomaron la iniciativa, engendrando considerable credibilidad.

Pero el propio organizador de dicha conferencia, el premio Nóbel, Paul Berg (2004), recordando las circunstancias del evento, piensa que es muy probable que el modelo Asilomar no sirva para lidiar con los temas de hoy y de mañana porque las cuestiones que nos desafían son cualitativamente diferentes. Hay pocas perspectivas de consenso en la sociedad actual con respecto a cuestiones éticas relacionadas con los tejidos fetales y células madres, el testeo genético, las terapias genéticas de líneas de gérmenes y somáticas y otras áreas de incertidumbre y riesgo. En esas instancias, los consensos sólo parecieran ser posibles por medios políticos, donde la regla de la mayoría prevalece. A menudo están afectadas por el auto interés económico y cada vez más por conflictos y desafíos éticos y religiosos irreconciliables con valores sociales profundamente enraizados. Las decisiones de Asilomar en última instancia las tomaron los propios científicos que definieron sus responsabilidades no sólo en cuanto tales sino también como ciudadanos.

La lección que Berg extrae de Asilomar es que cuando los políticos y el público en general aprenden suficiente acerca de una cuestión como para formarse una opinión, usualmente ignoran y rechazan las opiniones de los científicos. Su respuesta a esta situación es entonces que “es mejor mantenerlos ignorantes hasta que uno pueda conseguir la aprobación de leyes razonables.” Obviamente el problema que queda abierto de inmediato es: ¿“mejor para quiénes?” Berg otorga el poder de decisión exclusivamente a los científicos. Si bien es innegable que la opinión experta es fundamental, también a los ojos del presente parece crucial que el público participe en la discusión de cuestiones de riesgos, máxime a la luz de supuestos controles y “escándalos” científicos que con lamentable frecuencia les siguen. El público se siente impotente contra algunos de los intereses que impulsan las cuestiones regulatorias. Y los científicos han sido parte de esos intereses. Las tendencias que se observan hoy tienen implicaciones de crisis civilizatoria: la incapacidad

de un modelo de desarrollo básicamente económico para permitir la sobrevivencia física de nuestro mundo. El modelo hoy dominante, llámese capitalismo, o modernidad, o primacía occidental sobre el mundo, es predatorio y no reconoce límites a su expansión (Ribeiro, 2008).

En estos tiempos y los por venir en el futuro mediato, probablemente relacionado con las incertidumbres y frustraciones, resurge la oposición por la fe, que parecía distante no hace mucho. El país más desarrollado del mundo, aquél en el que la ciencia y la tecnología contribuyen más a generar riqueza, es también aquél donde hay una ignorancia e indiferencia de la población respecto de lo que constituye la base misma de su éxito- o la base misma de su práctica. La agenda pública comporta una adhesión a supersticiones, a creencias que la ciencia moderna desmontó hace más de un siglo. No hay país donde el creacionismo sea tan fuerte como en los Estados Unidos. La ciencia es incorporada como tecnología, como innovación, en las fábricas, en la agricultura, en los servicios, pero la teoría que está en ella, la semilla de inquietud y de inteligencia que en ella pulsa, no llega a la conciencia de millones de personas que hacen uso de ella. Se usa la ciencia, se aprende con sus resultados, pero el espíritu científico se enfrenta con mentes impermeables a su trabajo de erosión de mitos y de construcción de un mundo diferente y mejor (Ribeiro, 2008).

Un informe reciente publicado en los Estados Unidos, plantea que el insuficiente nivel de habilidades de alfabetos en grandes segmentos de la población constituye una de las más serias amenazas para la sostenibilidad del desarrollo de esa nación. “Se espera que los individuos tomen más responsabilidades en el manejo de sus propias vidas, tales como planificar su jubilación, navegar el sistema de atención médica, y manejar sus carreras”, dijo el director de la Organización ETS.

Sin embargo, la mitad de los adultos no cuentan con los conocimientos matemáticos y de lectura suficientes como para usar estos sistemas de una manera eficaz; por lo tanto enfrentarán mayores desafíos cuando llegue el momento de cumplir sus papeles de padres, ciudadanos y trabajadores. Quizá lo que más preocupa es el hecho de que este problema no se presenta sólo entre nuestra población adulta. Nuestro índice de graduación de las escuelas secundarias (“*high school*”), es del 70 por ciento y se encuentra muy por debajo del índice de otros países, y nuestros estudiantes han quedado rezagados en la lectura, las ciencias y la matemática por muchos de nuestros socios comerciales”. (ETS, 2007)

¿En qué medida el conocimiento científico mejora el sentido ético de las personas, los valores que ellas asumen? Un abismo radical separa, por un lado, los valores asumidos socialmente y los de la ciencia. ¿Cómo hacer para que las masas se apropien de la ciencia, como transformar la ciencia en cultura? Es necesario que el conocimiento científico amplíe la libertad de elección de las personas. Como tributarios que somos de la gran revolución iluminista, seamos científicos o educadores, concebimos la ciencia y el conocimiento de calidad en general, en términos sociales, más que nada por su papel emancipador y mejorador de la vida humana. Tendemos, por eso, a culpar muchas veces a los poderes de

este mundo, a quienes deciden y tienen seguidores en masa, por el mal uso de un conocimiento que, en sí, asumimos como neutro o incluso bueno. Superado el período del terror nuclear, el discurso fue retomando el rasgo que había sido el suyo en el pasado, de la afirmación que el conocimiento de calidad es bueno y sólo por desviación o deformación es mal apropiado. No hay un gestor de la ciencia que no crea en eso, o por lo menos que no lo afirme.

Tal vez sea justamente porque el discurso convencional siempre proclama a la ciencia como positiva, como portadora de ganancias indudables, tal vez sea porque ese discurso sobre el conocimiento usualmente ignora que puede servir a distintos usos, que acabamos teniendo poca noción de lo que es fáustico, lo que es prometeico, en la producción y consumo, o uso, del conocimiento. Pero no se puede olvidar que Oppenheimer tal vez haya sido el primer científico que expresó de manera gráfica la interrogante de si el peligro está en el saber o en el uso del saber y desde entonces la humanidad tiene que vivir con esa carga.

Nuestra ineptitud para modificar el mundo es chocante. Las ciencias desempeñan todavía un papel instrumental (¿será que algún día podrán desempeñar más que eso?). Sin duda, sería impensable que ocupasen el lugar de los valores. La ciencia permite conocer; el plano de los valores es distinto. Una constante del pensamiento diferencia la capacidad de descubrir, de inventar, de saber, respecto de la de evaluar y apreciar: se distinguen así el saber y la sabiduría.

Recientemente se resignificó la distinción entre conocimiento y sabiduría, para reservar un espacio democrático a las decisiones políticas sobre los valores y asegurar un lugar íntimo para aquellos asuntos que la ciencia no resuelve, ni pretende o puede solucionar: ciertos valores morales, ciertas opciones sociales, ciertas elecciones religiosas. La elección entre el valor de la solidaridad y el de la competición, por ejemplo, aunque los estudios científicos puedan señalar los costos y ventajas de cada uno de ellos (la solidaridad genera menos productividad, si bien también menos tensión; la competitividad produce más, no obstante angustia más), es una elección que como tal está fuera del campo científico. Pertenece al plano de los valores, de aquello que excede al conocimiento, sin con eso ser irracional. Pero incluso así, la ciencia debe y puede ayudar a aclarar esas elecciones, a indicar sus efectos, a mejorar la calidad de las dudas. ¿Consigue hacerlo? Pareciera ser ese el papel, por ejemplo, de la divulgación y/o difusión científica.

Suena razonable suponer que la ciencia mejora, en nuestras vidas, lo que no pasa por nuestra conciencia (tal es el caso de los nuevos materiales, por ejemplo), aunque beneficia muy poco nuestra conciencia del mundo. Las sociedades en que vivimos hicieron esfuerzos de alfabetización en el pasado y hasta hoy en nuestra región, como modo de inclusión social, si bien antes de completar esos esfuerzos llegó la reciente ola de alfabetización de nuevo cuño, que torna analfabetas a las personas que: (i) no tienen conocimientos mínimos de informática y por lo tanto no consiguen ya, sin ayuda externa, lidiar con su cuenta bancaria, efectuar pagos, intercambiar correspondencia electrónica o leer noticias en Internet; (ii) no tienen conocimiento científico e, incluso siendo capaces de hacer aquellas tareas casi mecánicas del ítem anterior, no son capaces de comprender el mundo de manera más profunda. Si bien se hacen intensos esfuerzos para enfrentar el analfabetismo en términos absolutos o inclusive en computación, hay poco empeño en

promover el aprendizaje de la lectura científica.¹ Dicho de otro modo, los proyectos oficiales e incluso los de las ONG buscan mucho más un efecto secundario, pragmático, superficial, que un impacto profundo y duradero en el conocimiento, que haría saltar la educación a un nivel que nunca ocupó.

Es más, los intentos de elevar el gasto público en educación primaria enfrentan resistencia significativa de los más ricos, y esa oposición es más probable en sociedades muy desiguales. Usar la educación primaria para reducir la pobreza será difícil de lograr a menos que se aborde también la elevada desigualdad en el ingreso. Diversos estudios encuentran evidencia de que los ricos influyen desproporcionadamente en el proceso político, logrando que los subsidios públicos tiendan a beneficiar a los más ricos (Addison y Rahman, 2003). Las experiencias de Brasil, Guatemala y Sudáfrica parecen confirmarlo. Al destacar la desigualdad en el gasto de educación, no estamos implicando que la solución para el bajo nivel de gasto en educación primaria deba resolverse necesariamente transfiriendo recursos de la educación media o universitaria. Encontrar recursos para servicios básicos como la educación primaria es visto demasiado a menudo como una tarea de reasignación de recursos dentro del sector educativo, más que a través de todas las categorías de gasto público, donde puede muy bien haber grandes líneas de gasto improductivo fuera de la educación. Esto, naturalmente, es válido para la ciencia. La ciencia asumió en nuestro tiempo un papel social inédito, ya que activa el desarrollo económico. El conocimiento ya no es pensado como la aventura personal de un individuo, sino como trabajo colectivo. Por estas razones, ocurre una fuerte apropiación de la misma por los agentes económicos, al mismo tiempo que importantes cantidades de personas no llegan a protagonizarla. Más grave aún, en muchos de nuestros países no parece tomarse conciencia del impacto económico como social de la investigación científica.

La ciencia está teñida de cuestiones éticas: el uso de embriones en la investigación, el problema del aborto y el de la eutanasia, la posibilidad misma de la eugenesia plantean problemas morales que todavía no han sido bien resueltos: hay científicos ciegos a la dimensión ética y hay religiosos conservadores que no comprenden los beneficios que la ciencia puede brindar. Hay riesgos envueltos, como los que traía consigo la bomba atómica, cuya única justificación era que se necesitaba llegar a ella antes que Hitler. El diálogo entre científicos y éticos es débil, incluso en la bioética. Los riesgos que suponen los descubrimientos científicos son difíciles de dimensionar, entre el *hubris* de muchos investigadores, que no tienen en cuenta los problemas que pueden resultar de la ciencia descontrolada, y la ignorancia del público y de los políticos que sólo ven lo que quieren ver. Falta un espacio en el que la política y la ciencia puedan dialogar. Tal vez ese exilio de la ciencia con respecto a la *polis* sea lo más preocupante hoy, algo que percibimos mal cuando vemos las dimensiones del fomento y todo lo que en teoría parece positivo en la ciencia; pero en los hechos no necesariamente se plasma en mejoras tanto como pudiera.

Nunca la ciencia fue tan utilizada, si bien el espíritu científico no se haya vuelto dominante. ¿Cómo administrar entonces los riesgos e incertidumbres inherentes a la producción y consumo de conocimiento? Algunos puntos básicos se destacan; tienen en común una creencia en la investigación, en su discusión pública, en el avance del

¹ Se estimaba hace unos diez años que 855 millones de adultos –casi un sexto de la humanidad- eran funcionalmente analfabetas, y un 64 de esos analfabetas eran mujeres (UNICEF, 1999: Banco Mundial, 2001).

conocimiento por medio de la investigación y del debate, en síntesis, un cierto espíritu democrático. También tienen en común una reducción en la creencia en la verdad: los descubrimientos científicos son provisorios e incluso cuando en su mayor parte no son refutados sino matizados, dejan de ser tan enfáticos para convertirse en relativizados. La misma complejidad de la ciencia actual resulta en una fractura creciente entre el conocimiento científico y el sentido común. Esta brecha incluye la dificultad de la comprensión de la misma por la clase política que recurre crecientemente a la intermediación de “expertos”. El efecto es que el papel racionalizador de la ciencia disminuye en el mundo contemporáneo y ésta se devalúa como recurso cultural para promover la superioridad de las pretensiones científicas acerca del mundo. Como consecuencia del vertiginoso desarrollo tecnocientífico la ciencia, casi universalmente considerada como un bien público que debe ser apoyado, es percibida crecientemente como generadora de riesgos y peligros antes impensados. La percepción del desarrollo tecnológico incorpora así componentes de incertidumbre, ambigüedad y complejidad. La expansión irrestricta del conocimiento científico conduce a demandas de que el nuevo conocimiento y su impacto sean regulados y gestionados de alguna manera. América Latina y el Caribe (ALyC) debe prepararse para enfrentar estos retos tanto a través de la formación como en el manejo relativo de distintos aspectos que el conocimiento nuevo trae aparejado.

Si la ciencia constituye una cierta comunidad, con valores aproximados, los usuarios de la ciencia –los políticos, los líderes empresariales y religiosos, los movimientos sociales, los individuos y la sociedad en general- no comparten necesariamente sus valores. Usan, con gusto y provecho, lo que ella produce. ¿Cuál es la diversidad de esos usos que se hacen de la ciencia? Qué los define, qué los valoriza? Los científicos y los educadores prefieren un uso emancipador, de raíces iluministas: la idea de que la ciencia vencerá el prejuicio, probablemente ampliará la democracia. Una ciencia así, fecunda, en términos sociales, reduce sus riesgos y, si trae incertidumbres, éstas son las del conocimiento, no las del desempleo o la miseria espiritual o material. Pero cuando reconocemos las serias limitaciones que inciden sobre el pasaje de la ciencia a la sociedad, que se reflejan en los diferentes conceptos de difusión, divulgación y sobre todo, el más rico, de apropiación social, el panorama deja de ser optimista. O por lo menos no caben tantas celebraciones. No por ello, no obstante, cabe desistir: al final, la luz que las luces trajeron consigo casi se extinguió varias veces, pero continúa irradiando. El conocimiento de calidad todavía no enunció todos sus poderes. Hacer que la ciencia se convierta en un factor pujante de la cultura de nuestro tiempo es algo que exige lidiar con la producción, pero sobre todo con el consumo del conocimiento.

6. ¿Qué tipo de “sistema de ciencia” (y tecnología) se necesita para apoyar la búsqueda de un desarrollo sostenible?

Desde el Informe Brundtland “*Nuestro Destino Común*” (1988) producido por la Comisión de las Naciones Unidas de Medio Ambiente y Desarrollo se ha venido afirmando la noción de desarrollo sustentable, entendido como aquel que es capaz de responder a las necesidades del presente, sin comprometer la posibilidad de que las generaciones futuras

satisfagan las suyas. Sostiene el Informe que la enorme desigualdad existente entre países ricos y países pobres no sólo es un problema de desarrollo, sino también un problema ambiental. Desde esta perspectiva, la pobreza y la exclusión son los síntomas más visibles de la problemática del modelo de desarrollo imperante: “un mundo que permite la pobreza endémica estará siempre sujeto a catástrofes ecológicas y de cualquier otro tipo” (*idem*).

Tras la aparente simplicidad del enunciado inicial de desarrollo sustentable de la Comisión Brundtland, emergen enormes desafíos tanto epistemológicos como para su puesta en práctica en medio de tendencias contradictorias. No cabe duda que los avances científico-tecnológicos de la humanidad le han permitido explotar los recursos naturales sin precedentes y ocupar los más diversos ecosistemas de la tierra. Es indudable el enorme impacto que han tenido y siguen teniendo las acciones humanas en la transformación del planeta a diferentes escalas y en distintos ámbitos, generando muchos de los problemas que enfrenta la humanidad actualmente: pérdida de la biodiversidad, pérdida de resiliencia de muchos ecosistemas, lluvias ácidas, hueco de la capa de ozono, efecto invernadero, cambio climático global. Las implicaciones sociales, económicas y ambientales de estas transformaciones en la calidad de vida de la mayoría de la población del planeta y del bienestar general no son menos impactantes. No es ninguna novedad afirmar que el actual esquema de desarrollo es insostenible.

El Programa Internacional sobre las Dimensiones Sociales del Cambio Ambiental Global (IHDP, 2007), sostiene que ante el predominio de “ecosistemas dominados por el hombre”, es necesario comprender las dinámicas de los sistemas socio-ecológicos como sistemas humanos-naturales conectados, donde las acciones humanas no pueden seguir siendo tratadas como variables externas. El cambio ambiental global es en buena parte una problemática relativa a las interacciones humanas-ambientales. Para denotar estos cambios, algunos autores sostienen que la tierra está saliendo de la era del Holoceno para entrar en una nueva era geológica que denominan Antropoceno (IHDP, 2007; Young, 2006; Clark et al, 2005).

El carácter incierto de los resultados de la ciencia, que en el mundo actual es más conciente de los riesgos y provisionalidad de los conocimientos que produce y de las decisiones sustentadas en ellos, se expresa en las recientes convenciones internacionales, que estipulan que la aplicación del principio de precaución debe ser proporcional al nivel de protección necesario y no discriminatorio, además de ajustarse regularmente en función de los nuevos descubrimientos. Las decisiones orientadas a determinar el grado de riesgo que una sociedad está dispuesta a aceptar son de orden político, no técnico, aunque se apoyen en información científica. En este punto surge un concepto fundamental: el de la responsabilidad, entendida como el compromiso colectivo sobre las opciones tecnológicas que hace una sociedad. La ciencia se ve obligada a salir del espacio confinado de los laboratorios para insertarse en la vida económica y social (Sánchez-Rose, 2008).

Las tendencias observadas muestran que los entes que financian investigación promueven crecientemente estudios orientados a problemas que obligan a cruzar las fronteras disciplinarias. Algunas agencias globales enfatizan la necesidad de promover un “enfoque de pensamiento integrado” mediante la vinculación de las ciencias sociales y económicas con las ciencias naturales, generando fertilizaciones cruzadas entre sus métodos, perspectivas y respectivos hallazgos a fin de lograr una mayor comprensión de los problemas socio-ambientales y aportar respuestas a los temas emergentes de investigación

relacionados con la capacidad de resiliencia de los sistemas, la gobernabilidad y la toma de decisiones en contextos de incertidumbre (IHDP, 2007). Sin pretender especular al respecto, es obvio que estas tendencias tendrán implicaciones en el nivel institucional y organizacional de la educación superior.

El desafío es enorme porque los problemas que plantea el desarrollo sustentable, hacen necesario que los científicos y los tecnólogos establezcan un diálogo abierto y constructivo con “otros” tipos de conocimientos e incluir a nuevos actores sociales. Se reconoce cada vez más que muchas de las soluciones relevantes a los problemas se encuentran en sitios alejados de los laboratorios, en contextos particulares donde cobra relevancia el conocimiento local, el empírico, el tradicional, el incorporado en tecnología, etc. En años recientes se ha puesto en evidencia el elevado precio que ha tenido que pagar el mundo moderno por rechazar prácticas tradicionales y los conocimientos que las sostienen en diversos campos de aplicación que van desde la medicina hasta la agricultura.

La “moderna visión científica del mundo” ha tendido a descartar o ignorar otros tipos de conocimientos por considerarlos poco rigurosos, folklóricos e incluso irracionales o supersticiosos, sin reparar que el test de racionalidad con el que son juzgados es, en sí mismo, un producto cultural de la sociedades occidentales (Vessuri, 2004). No obstante, los investigadores comienzan a abandonar los límites disciplinarios para involucrarse con gente “real” en innumerables procesos de interacción y comunicación en una variedad de situaciones y contextos que hace cada vez mas complicado mantener la vieja distinción entre ciencia académica y otros tipos de conocimiento. Esta tendencia fue recogida por la Declaración de la Conferencia Mundial de la Ciencia, cuando definió a la ciencia como “la capacidad de examinar problemas desde perspectivas diferentes y buscar explicaciones de fenómenos naturales y sociales, constantemente presentados al análisis crítico” (ICSU 1999)

La articulación de conocimientos y perspectivas heterogéneas es una tarea compleja que plantea importantes problemas metodológicos por resolver: ¿todos los tipos y formas de conocimiento son igualmente válidos?, ¿se trata de adoptar enfoques sincréticos o de incluir una pluralidad irreducible de conocimientos y perspectivas?, ¿cuáles son los mecanismos más adecuados para discernir los conocimientos y capacidades más idóneos para la solución de un problema en un contexto determinado?, ¿quiénes participan en estos procesos y de qué manera?, etc. Las respuestas a estas interrogantes irán emergiendo de los sistemas de conocimientos resultantes de procesos de construcción social de carácter participativo y transdisciplinario, enmarcado en espacios de negociación y mediación, orientados a atender y resolver problemas concretos de la vida real (Lawrence y Després, 2004).

La ciencia no se produce en un espacio vacío de política ni ésta funciona en ausencia de conocimientos. Entre ambas existe una relación circular: ciertos temas puestos de relieve por investigaciones científicas son considerados como objeto de discusión política; los cuales luego de ser incorporados a la agenda pública son traducidos en acciones concretas a través de la aplicación de políticas específicas, cuyos resultados, a su vez, ponen en evidencia vacíos de conocimiento que deben ser investigados. Ciencia y política mantienen una indudable relación de interdependencia y de retroalimentación. (Guimaraes, 2006). La necesidad de promover relaciones bi-direccionales entre ciencia y política es una demanda creciente como uno de los requisitos para atender los complejos

problemas globales. Por ello es preciso fortalecer el diálogo entre científicos y políticos con miras a lograr mutua comprensión entre los académicos y quienes toman decisiones. La perspectiva política debería ser tomada en cuenta a lo largo de todo el proceso, desde la definición temprana del problema y durante el desarrollo de la investigación.

La investigación orientada por asuntos políticos como es el uso de la ciencia para el desarrollo sustentable es el marco de Surgimiento de un nuevo paradigma conocido con el nombre de ciencia de la sostenibilidad. Este nuevo paradigma de investigación Surge como una respuesta prometedora a los esfuerzos que desde hace un tiempo, se vienen realizando para incorporar la ciencia y la tecnología a la agenda del desarrollo, orientando la ciencia y tecnología hacia el desarrollo sustentable, entendiendo a este último como una propuesta de desarrollo integral que debe ser enfrentado desde la perspectiva del sistema socio-ecológico. En este sentido, la transición al desarrollo sostenible aparece como el más reciente giro en la agenda del desarrollo, por cuanto este implica atender los problemas sociales, económicos y ambientales, reduciendo el hambre, la pobreza y la inequidad, a la vez que mantiene la biodiversidad y los sistemas de soporte de la vida en el planeta.

La construcción de sociedades más sostenibles se hace en un espacio de negociación política entre los múltiples intereses en juego, en el que múltiples actores e intereses participan para alcanzar un consenso respecto a qué desarrollar, qué sostener y por cuánto tiempo. Es por ello que, pese a las declaraciones en contrario, siempre existe el riesgo de que el establecimiento de la agenda científica sea dominado finalmente por los grupos de presión más poderosos, por lo que este nuevo paradigma debe tener la habilidad de promover una conciencia de solidaridad y visión de largo plazo que permita conciliar los objetivos del desarrollo sustentable.

7. Desafíos y oportunidades en la ciencia-e

Gracias a la digitalización, las nuevas tecnologías (que hoy están siendo denominadas por algunos como *posibilitadoras*), la globalización y el Surgimiento de la investigación y la innovación en cooperación, ya se genera, organiza y usa el conocimiento en una cantidad de formas nuevas. La iniciativa de la *National Science Foundation* relacionada con la *ciberinfraestructura* (NSF, 2006) proporciona una visión impulsora para la infraestructura de conocimiento avanzado en una economía compleja, enormemente expandida y casi sin fronteras. El Internet es un ejemplo paradigmático de infraestructura posibilitadora, basada en tecnología no propietaria y mínimamente regulada. Virtualmente libre de controles, privados o públicos, el Internet se difundió rápidamente como una plataforma de tecnología genérica que todo el mundo era libre de usar y transformar. Dentro de lo vertiginoso de la expansión, los controles relacionados con la prioridad de servicio, privacidad, derechos propietarios y seguridad se desarrollaron más lentamente no sólo porque no estaban apoyados en la infraestructura subyacente sino porque también eran percibidos como desviaciones de la arquitectura abierta de Internet.

Prácticas de mediación/mecanismos/instituciones (National Academies, 2007)

Estándares abiertos son críticos al desarrollo de infraestructura en todos los niveles y al desarrollo de productos y servicios complementarios, propietarios y no propietarios.

Plataformas propietarias a menudo estimulan la interconexión de productores de productos y servicios complementarios publicando las especificaciones y sin exigir regalías.

El software de fuente abierta cubre una cantidad de diferentes enfoques a empresas colectivas, incluyendo el uso del copyright y el licenciamiento para definir y establecer un espacio común (copyleft). El software de fuente abierta también puede ser visto como un estándar complejo, altamente definido que permite el desarrollo de productos y fuentes complementarias.

Los pools de patentes han surgido como una nueva forma semi-abierta de agregar derechos necesarios para implementar estándares de Tecnologías de Información (TI) complejos tales como JPEG, MPEG, DVD y GSM.

Los espacios comunes de información y conocimiento agregan contribuciones voluntarias. Mientras que Wikipedia es el ejemplo más conocido, esos territorios comunes también se usan para evitar cuellos de botella propietarios en la investigación (p.ej., el Consorcio SNP y el proyecto HapMap).

Los proyectos de investigación en colaboración a menudo envuelven el acceso conjunto a derechos “de fondo” que pueden necesitarse para hacer investigación, junto con la asignación de intereses de acceso a la propiedad en cualquier logro de la investigación.

Las publicaciones de acceso abierto, como ya vimos, pueden ofrecer disponibilidad libre después de un período limitado de exclusividad.

El licenciamiento cruzado es común entre las firmas de TI como medio de maximizar la libertad de acción y simplificar el tema de las patentes.

Licencias posibilitadoras simplificadas tales como las de los Creative Commons estimulan la reutilización bajo una variedad de términos simples, fácilmente comprensibles.

Aunque las nuevas tecnologías y los controles legales a menudo parecen tener fines contrapuestos, en la práctica han surgido medios voluntarios para mediar entre ambos, que incluyen una variedad de mecanismos, prácticas e instituciones. La transferencia de

tecnología para el *software* basada en la universidad ha funcionado de manera muy diferente que en el caso de la biotecnología porque buena parte del *software* no es intensivo en recursos, apunta al uso académico o es apoyado por los usuarios. Pero como vimos más arriba, esta tendencia a la libertad y la creatividad del soporte de Internet acabará influenciando a la bioinformática y a toda la infraestructura para la investigación en otras áreas intensivas en datos, como las que predominan en las biociencias y biotecnologías, ya que cada una expande el valor y el potencial de la otra estimulando la colaboración entre investigadores individuales, equipos de investigación, disciplinas, instituciones, firmas y sectores.

El proyecto NSFNET de la *National Science Foundation* en los años de 1980 y la visión de la ciberinfraestructura del presente han estado motivados por la necesidad de compartir con eficiencia recursos elevados de computación final. La ciberinfraestructura hereda todos los desafíos legales y de política del Internet y de la Web y se agrega a ellos. Inicialmente los desafíos parecen más manejables por la naturaleza relativamente enclaustrada, no comercial de la investigación científica. Sin embargo, la visión de la ciberinfraestructura se extiende explícitamente a la educación y a grupos subrepresentados, y a la implementación práctica de laboratorios, organizaciones virtuales e infraestructura centrada en los seres humanos. Lo que se conoció en los años de 1990 como Red Nacional de Investigación y Educación en los Estados Unidos surgió como no limitada a la investigación y la educación sino que fue abierta y ubicua. La ciberinfraestructura debe crecer y madurar, sin embargo, en un nivel y tiempo cuando los controles son más fuertes, difusos y controversiales.

¿Cuáles son los grupos de interés? ¿Cómo se da el equilibrio de poder? ¿Cuáles son las reglas? Las reglas locales de los ecosistemas digitales varían entre ecosistemas. Habrá que investigar cómo se da la interacción global entre ecosistemas de comunicación. En los próximos años habrá que trabajar mucho en el área de la creación de confianza y en el desarrollo de un marco de gobernabilidad, sin tener que recurrir a políticas regulatorias verticales. Como en toda nueva ciencia, la senda tiene aún que ser abierta: “Se hace camino al andar”, como decía el poeta (Machado, 1912). La vastedad de los desafíos científicos y de la investigación que apenas se comienza a discernir sólo puede intuirse como tendencia. Estados Unidos y Europa han elegido enfoques notablemente diferentes para controlar los datos personales, la propiedad de las bases de datos y el alcance del material patentable. Estas diferencias persisten a pesar de tener una infraestructura común, una preocupación común por promover la innovación, y un compromiso común de armonización internacional. En los próximos años la expansión de la ciberinfraestructura podrá apoyarse en un menú creciente de mecanismos, instituciones y estrategias. La optimización de todas estas herramientas para apoyar la investigación y la innovación requiere una mejor comprensión de las fuerzas sociales y económicas que rodean los procesos de ciencia y tecnología, así como una perspectiva desinteresada, de base empírica sobre cómo se enfrentan y mitigan en la práctica las tensiones entre apertura y control.

La experiencia con la infraestructura expandida debiera decirnos mucho acerca de la ecología del conocimiento y la innovación en un mundo de fronteras porosas e instrumentos inmensamente poderosos. Esto, a su vez, puede ayudarnos a repensar y a redefinir las leyes y políticas heredadas de tiempos y circunstancias más simples (National Academies, 2007). La extensión del paradigma de redes al conocimiento, a las capas

sociales y a los procesos y las actividades económicas que funcionan en cooperación y competición pudieran conceptualizarse como los organismos de un ecosistema aplicando la metáfora del ecosistema a su representación digital. Se ha argumentado que se puede obtener una mayor aceleración de los desarrollos cuando las TIC son diseñadas para favorecer ciertos procesos, tales como la producción y apertura del conocimiento y a frenar otros, como la formación de monopolios. El derribar las barreras al trabajo cooperativo distribuido y la producción de conocimiento compartido permitiría la sincronización de redes sociales dinámicas y de comunicación en escalas de tiempo cada vez más cortas, empujando la metáfora del ecosistema hacia una inteligencia colectiva y un sistema cognitivo distribuido.

Ya existen áreas de investigación que vinculan las TIC con la epistemología y las ciencias sociales (Nachira et al, 2007). Algunas cuestiones que adquirirán interés creciente en los próximos años tienen que ver con nuevos sistemas de valores y modelos de actuación. Por ejemplo, crecen las interrogantes sobre cuál es la noción de bienes públicos en la Economía del Conocimiento. ¿Cómo se compara la apertura con las patentes en relación con el estímulo de la innovación? Todavía falta entender cómo acoplar la innovación con la dinámica social, amplificar las sinergias entre el desarrollo social y el crecimiento económico. Estas últimas también pueden aumentarse a través de la optimización de las tecnologías digitales que permean todas las facetas de la experiencia humana. ¿Por qué las aplicaciones y sistemas operativos se vuelven tan complejos cuando aumentan el tamaño? ¿Cómo podemos desarrollar sistemas que aprendan del comportamiento de sus usuarios, sistemas adaptativos, auto-organizados y auto curativos? ¿Cómo se pueden diseñar sistemas y arquitecturas sociotécnicos que reflejen una red de procesos, operaciones técnicas y económicas y que tengan la habilidad de reproducirse a sí mismas recursivamente, creando, destruyendo o reorganizándose a sí mismas en respuesta a insumos y perturbaciones externas?

Los esfuerzos específicos de investigación y desarrollo dirigidos a la transformación de la ciencia y la tecnología en los países latinoamericanos, son interesantes. Sin embargo, la “brecha digital” entre los países de la región y los países avanzados así como en el interior de un mismo país entre diferentes segmentos de la sociedad y la economía es preocupante. Lo que se haga no puede circunscribirse a los ámbitos académicos y científicos. Si bien se ha pensado así desde el inicio de la implantación del Internet en la región, los resultados distan mucho de ser satisfactorios. Son urgentes por tanto las estrategias para un mayor desarrollo y la mayor explotación de las TIC. Una buena parte del valor de la adopción de las TIC se deriva de su potencial de explotar e integrar redes tecnológicas, redes de conocimiento y redes socioeconómicas, permitiendo la creación dinámica de nuevas conexiones, procesos y cooperación entre actores económicos. Un sistema que permita estas múltiples clases de redes no puede reducirse a una plataforma de servicios interoperables, sino que debiera evolucionar hacia una arquitectura orientada a procesos, que pueda apoyar un ambiente rico en conocimientos y que sea representativo de los usuarios y de su comportamiento social y económico.

En el mundo, la tendencia en la ciencia-e es la vinculación de la investigación teórica con la aplicación estratégica, para la producción de resultados que lleguen a la industria rápidamente. El entorno digital está adquiriendo cada vez más importancia para las industrias creativas. América Latina y el Caribe muestran poco desarrollo en ese campo,

con pocas excepciones, como Brasil y Chile. La filosofía del “salto adelante” acompaña con fuerza el proyecto de incorporar la región a la tecnología de avanzada en materia de información y comunicación. El futuro puede ser prometedor pero sólo si se fortalecen las TIC de la región en todas sus áreas, incluyendo la investigación en ciencia-e. En función de los desarrollos actuales en materia de integración regional, existe la oportunidad de realizar una integración de los proyectos en campos de investigación estratégicos.

8. Discusión

Actualmente la ciencia y la innovación son a la vez más competitivas y cooperativas. La globalización aumenta la competición, mientras que la creciente complejidad debe ser abordada por medio del trabajo en equipo, la coordinación, la interacción y la reutilización de los recursos. La cobertura y la escala se logran menos a través del escalamiento de la inversión y más compartiendo datos, conocimiento e infraestructura, a menudo en asociaciones con los competidores. Las nuevas ciencias y tecnologías proporcionan marcos de referencia infinitamente adaptables, lo cual estimula y permite que participantes con diferentes habilidades, roles e incentivos trabajen juntos hacia el logro de fines comunes –ya sea que persigan una agenda de investigación, como facilitadores en el aprendizaje o desarrollando un producto. Desde luego, tener una infraestructura tecnológica de referencia es esencial, y ello puede ser suficiente para grupos homogéneos o para relaciones complementarias bien entendidas, como la de proveedor y cliente. Pero los grandes desafíos de los próximos veinte años incluyen la posibilidad de participar en la creación y distribución del conocimiento desde contextos muy variados y pudiendo elegir entrar y salir en distintos momentos. ¿Cómo podrá hacerse efectiva la colaboración? ¿Podrán ponerse de acuerdo sobre contribuciones, procedimientos, intereses y expectativas cuando la previsión es imperfecta y las motivaciones difieren?

Las ventajas cooperativas se están convirtiendo en un componente fundamental, algunas veces dominante en un mundo que estará cada vez más interconectado. Al mismo tiempo los controles del tipo de las patentes y otros mecanismos excluyentes se harán más complejos, diversificados y penetrantes, es decir, crecerán las habilidades de superar barreras y fronteras al mismo tiempo que se definirán cercas efectivas. ¿Cómo funcionarán la cooperación y el compartir recursos que cada vez se harán más poderosos a nivel global en un ambiente con controles profundamente institucionalizados? Apenas si se empiezan a enmarcar los problemas, pero las respuestas son temas a explorar en el futuro. La legislación pública también está cambiando drásticamente en vista de valores e intereses competitivos cambiantes, pero las respuestas políticas al cambio técnico pueden ser demoradas y discutibles. ¿Cómo se alinearán los flujos cada vez más acelerados de conocimiento con mayores incentivos para el control y una creciente capacidad de colaborar? ¿Qué harán América Latina y el Caribe para manejar los nuevos escenarios y participar del mundo que está naciendo como consecuencia de los desarrollos en marcha y que seguramente se producirán en los próximos años en el ámbito científico y tecnológico?

Es muy probable que se desarrollen nuevas disciplinas como derivación natural de los avances vertiginosos en la ciencia y la tecnología. Surgirá una fuerza de trabajo en estas

nuevas disciplinas, que pudieran ser tan importantes como lo son hoy las relativamente nuevas ciencias de la computación, la biología matemática, la genómica, las ciencias ambientales y la astrofísica. Crecerán las asociaciones, colaboraciones y asociaciones nacionales, regionales e internacionales en el desarrollo de esa nueva fuerza de trabajo. En nuestra región, será necesario prestar especial atención a las barreras al uso de los nuevos conocimientos y promover la formación de profesores particularmente en instituciones que atiendan a grupos socialmente desventajados. La región enfrenta el desafío especial de tener que estimular programas para integrar métodos innovadores de enseñanza y aprendizaje a través del uso de las TIC y el desarrollo de investigaciones que permitan que estudiantes, docentes, científicos e ingenieros puedan trabajar y aprender en ambientes ricos en ciberinfraestructura. El aprendizaje a lo largo de la vida, a través de mecanismos formales e informales, será una parte esencial de la fuerza de trabajo en sociedades en las que el conocimiento estará en continua expansión.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

Addison, T. & Rahman, A (2003) *Why is so little spent on educating the poor?* Disponible en: R. van der Hoeven / A. Shorrocks, *Perspectives on Growth and Poverty*. UNU-WIDER, Hong-Kong.

Aguirre, C. et al. (2007). *Tecnologías convergentes en los países andinos: el caso de la nanotecnología*. Informe Final. Programa ROKS y IDRC “Comprendiendo las dimensiones sociales y de política pública de tecnologías transformativas en el Sur”. Proyecto: Tecnologías convergentes ¿Qué está siendo hecho y qué debería hacerse sobre ellas en los países andinos? La Paz.

Andersen, M. M. & Tukker, A. (eds.) (2006). *Perspectives on Radical Changes to Sustainable Consumption and Production (SCP)*. Proceedings. SCORE! Network, Copenhagen,

Berg, P. (2004). *Asilomar and Recombinant DNA*. Disponible en: http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/articles/berg/index.html

Birch, K. 2006. Introduction: Biofutures/Biopresents. *Science as Culture*, vol. 15, No. 3, pp. 173-181, septiembre.

Brundtland Report. 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford.

CEPAL. (2002). *Globalización y Desarrollo*. Disponible en: <http://www.revistainterforum.com/espanol>

CFC. (2005). *Overview of the Situation of Commodities in Developing Countries. Common Fund for Commodities (CFC)*. 11ma. Reunión de Seguimiento y Coordinación del Comité sobre Cooperación entre Países en Desarrollo. Grupo de los 77. La Habana, Marzo.

Clark, W., P. J. Crutzen / H.J. Schellnhuber. (2005). *Science for Global Sustainability: Toward a New Paradigm*. CID Working Paper No. 120. Cambridge, MA: Science, Environment and Development Group, Center for International Development, Harvard University; también publicado como capít. 1 en *Earth System Analysis for Sustainability*. H. J. Schellnhuber, P. J. Crutzen, W.C. Clark, M. Claussen, y H.Held (eds.). Cambridge, MA: MIT Press.

Cooney, R. (2005). *The Precautionary Principle in Biodiversity Conservation and Natural Resource Management. An issues paper for policy-makers, researchers and practitioners*. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, GB.

ETC. (2003). *The Big Down: From Genomes to Atoms*. ETC Group (Action Group on Erosion, Technology and Concentration), Winnipeg, enero.

ETS. (2007). *America's Perfect Storm: Three Forces Changing Our Nation's Future*. Policy Evaluation and Research Center. Policy Information Center. Educational Testing Service, Princeton, N.J.

Giddens, A. (1984). *The Constitution of Society*. University of California Press.

Guédon, J.C. (2007). Open Access and the divide between “mainstream” and “peripheral” science. Manuscrito

Guimarães, J. (2007). *¿Qué es el Portal Científico CAPES?* Disponible en: <http://www.capes.gov.br>

Guimaraes, R. (2006). *Politics, the missing link in the science-policy interface*”, IHDP Update, Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, 3/4.2006, pp. 8-13

ICSU (1999) Consejo Internacional de la Ciencia. Número especial de *Science International*, septiembre; Paris, ICSU.

ICSU-ISTS-TWAS (2005) *Harnessing Science, Technology and Innovation for Sustainable Development*, Ad Hoc Advisory Group to the ICSU-ISTS-TWAS Consortium. ICSU, Paris. Disponible en : http://www.icsu.org/2_resourcecentre/Resource.php4?rub=8&yid=130

IHDP. (2007). *Strategic Plan. 2007-2015*. Bonn.

Jalas, M. (2005). *The Everyday Life Context of Increasing Energy Demands*. Time Use Survey Data in a Decomposition Analysis. *Journal of Industrial Ecology* 9(1-2): 129-145.

Kumar, K. (1987). *Utopia y Anti-Utopia in Modern Times*. Blackwell's. Oxford.

Laredo, P. (2007). Revisiting the Third Mission of Universities: Toward a Renewed Categorization of University Activities. *Higher Education Policy*, vol. 20, pp. 441-456.

Lawrence, R. y Després, C. (2004). Futures of Transdisciplinarity (Introduction), *Futures*, 36, pp. 397-405.

Leydesdorff, L. (2006). *The Knowledge-based Economy*. Universal Publishers.

Luchilo, L. (2007). Migraciones de científicos e ingenieros latinoamericanos: Fuga de cerebros, exilio y globalización. En: J. Sebastián (ed.) *Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina*. Fundación Carolina-Siglo XXI, Madrid.

Lundvall, B.A. (2006). The University in the Learning Economy. DRUID Working Paper No. 02-06 (Danish Research Unit for Industrial Dynamics), Copenhagen.

Machado, A. (1912). Proverbios y cantares XXIX. *Campos de Castilla*, Madrid.

Malerba, F. (2005). Sectoral systems of innovation: a framework for linking innovation to the knowledge base, structure and dynamics of sectors. *Economics of Innovation and New Technology* 14(1-2): 63-82.

Merton, R.K. (1948). The Self-Fulfilling Prophecy. *Antioch Review* (Summer), 193-210.

Meridian Institute (2006). *Overview and Comparison of Conventional Treatment Technologies and Water Nano-based Treatment Technologies*. Meridian Institute, Washington - Chennai, Octubre.

Mont, O. & T. Emtairah. (2006) Systemic Changes for Sustainable Consumption and Production. En: *Perspectives on Radical Changes to Sustainable Consumption and Production (SCP)*. Proceedings. SCORE! Network, Copenhagen.

Nachira, F. et al. (2007). *Digital Business Ecosystems*. Comisión Europea. Sociedad de la Información y Medios. Luxemburgo.

National Academies. (2007). *Designing Cyberinfrastructure for Collaboration and Innovation*. Conferencia. Washington, enero 29-39.

Nordmann, A. (2004). *Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies*. Report of the Expert Group «Foresighting the New Technology Wave». Converging Technologies for the European Knowledge Society. Bruselas.

NSF. (2006). *NSF Cyberinfrastructure Vision for the 21st Century Discovery*. National Science Foundation, 20 de Julio, Washington, D.C.

Papon, P. (1983). *Pour une Prospective de la Science, Recherche et technologie: les enjeux de l'avenir*. Seghers. Paris.

Renn, O. y K. Walter.(eds). (2008). *Global Risk Governance. Concept and Practice Using IRGC Framework*. International Risk Governance Council Bookseries 1, Springer, Dordrecht.

Roco, M. y Bainbridge, W.S. (eds.) (2005). *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology –Improving Benefits to Humanity (NSET and National Science Foundation), Arlington, Virginia*. Disponible en: www.nano.gov, también publicado en Springer, 2005.

Salamanca-Buentello, F.; Persad, D.L.; Court, E.B.; Martín, D.K.; Daar A., et al. (2005) *Nanotechnology and the developing world*. PloS Med 2(4):e91.

Schaff, A. (1985) *¿Qué futuro nos aguarda? Las consecuencias sociales de la Segunda Revolución Industrial*. Editorial Crítica. Barcelona.

Schoen, A. et al. (2006) *Strategic Management of University Research Activities, Methodological Guide*. PRIME Project “Observatory of the European University. Disponible en: www.enid-europe.org o www.prime-now.org

Serres. M. (2007). *Invention*. Conferencia, 5 de diciembre. Gran Anfiteatro de l’Université Lyon2 . Disponible en: www.univ-Lyon2.fr/1196408532/0/fiches_actualité/

Stankiewicz, R. (1986). *Academics and Entrepreneurs*. Developing University-Industry Relations. Pinter, Exeter.

UNICEF. (1999). *The State of the World’s Children 1999: Education*. Fondo de Naciones Unidas para la Infancia, Washington, D.C.

Tukker, A. y Tischner U. (eds). (2006). *New Business for Old Europe. Product Services, Sustainability and Competitiveness*. Sheffield, UK, Greenleaf Publishing Ltd.

Vessuri, H. (1992). Distancias y convergencias en el desarrollo de la ciencia y la tecnología. En: C.A. Di Prisco y E. Wagner (eds.) *Visiones de la ciencia. Homenaje a Marcel Roche*, Monte Avila Editores, Caracas. Reimpreso en H. Vessuri, O inventamos o erramos. La ciencia como idea-fuerza en América Latina. Universidad Nacional de Quilmas Editorial, Buenos Aires.

Vessuri, H. (2004). La hibridización del conocimiento. La tecnociencia y los conocimientos locales a la búsqueda del desarrollo sustentable, *Convergencia*, Mayo-agosto, Vol. 11, número 035, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, pp. 171-191.

Vessuri, H. (2007). La formación de investigadores en América Latina. En: J. Sebastián (ed.) *Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina*. Fundación Carolina-Siglo XXI. Madrid.

Weaver, P., Canssen L., et al.(2000). *Sustainable Technology Development*. Sheffield, Greenleaf Publishing Ltd.

Young, O. (2006). *Designing Environmental Governance Systems: The Diagnostic Method*”, IHDP Update. News Letter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, 1.2007. Disponible en: http://www.ihdp.uni-bonn.de/updateIDGEC/IDGEC%20Update%201_07.pdf