# El futuro de la enseñanza superior

Los centros de enseñanza superior están destinados a desempeñar un papel fundamental en las sociedades del conocimiento, en las que los esquemas clásicos de producción, difusión y aplicación del saber habrán experimentado un cambio profundo. En el transcurso de los últimos cincuenta años, estos centros -inspirados en gran parte en el modelo de las universidades europeas- han experimentado un enorme aumento del número de estudiantes, que según algunos equivale a una verdadera "masificación" de la enseñanza superior (véase recuadro 5.1). La oferta educativa se diversifica a medida que los conocimientos progresan. Las restricciones que limitan los presupuestos de los Estados hacen que un número cada vez mayor de centros docentes recurra a otras modalidades de financiación, sobre todo de origen privado. Así, en la mayoría de los países la enseñanza superior está integrada hoy por una red compleja de centros públicos o privados: institutos politécnicos, escuelas de ingenieros, escuelas de ciencias empresariales y gestión, centros de enseñanza a distancia, laboratorios de investigación, filiales de empresas, etc. ¿Se debe considerar que ya no existe un modelo único de universidad como ocurría en el siglo XIX?

Debido a la disminución de las subvenciones públicas, los centros de enseñanza superior tienen que recurrir al sector privado para ampliar su margen de maniobra. Los riesgos de una "mercantilización" de los servicios de enseñanza superior son reales, aunque no todos los países se hallen en una situación idéntica a este respecto. Los Estados que poseen una larga tradición universitaria no se ven tan amenazados por esta diversificación de la oferta de enseñanza superior. El

caso más preocupante es el de los países carentes de esa tradición, ya que en ellos la aparición de las sociedades del conocimiento suele ir de par con la emergencia de auténticos mercados de la enseñanza superior. Esto ha llevado a algunos comentaristas a calificar este proceso de "macdonaldización" del conocimiento. Es necesario velar por que estas tendencias no terminen por desvirtuar la misión primigenia de la enseñanza superior.

Aunque no exista un modelo único de organización, es importante garantizar que los sistemas de enseñanza superior emergentes posean un nivel de calidad y pertinencia y un grado de cooperación internacional suficientes, a fin de que puedan desempeñar plenamente su papel de pilares en la edificación de las sociedades del conocimiento. La mayoría de los organismos, programas o instituciones del sistema de las Naciones Unidas abordan estas cuestiones con un enfoque sectorial. Dentro del sistema, sólo la UNESCO está en condiciones de realizar esa misión y cumplir las tareas que permitan garantizar la calidad y pertinencia de los sistemas de enseñanza superior, fomentando al mismo tiempo la cooperación internacional en este ámbito.

### ¿Vamos hacia un mercado de la enseñanza superior? La cuestión de la financiación

"La diversificación de las fuentes de financiación refleja el apoyo que la sociedad presta a esta última y se debería seguir reforzando a fin de garantizar el desarrollo de este tipo de enseñanza, de aumentar su eficacia y de mantener su calidad y pertinencia. El apoyo público a la educación superior y a la investigación sigue siendo fundamental para asegurar que las misiones educativas y sociales se llevan a cabo de manera equilibrada." (Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI, 1998, §(a), del artículo 14)

La producción y divulgación del conocimiento tiene un costo. A lo largo de su historia, las sociedades humanas han descubierto y experimentado distintos medios para financiarlo. En lo que atañe a la instrucción y la educación, e independientemente de la pertinencia o excelencia de un sistema, se deben tener en cuenta los costos culturales, sociales y cognitivos –que en su mayoría no pueden evaluarse en unidades

monetarias—, así como los costos de adecuación del sistema de financiación a las misiones y metas explícita o implícitamente fijadas y los costos de transición de un sistema de financiación a otro, ya sean económicos, sociales o culturales.

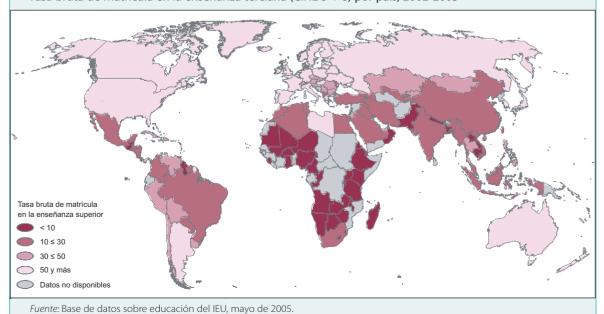
Los sistemas de financiación de la enseñanza superior legados por la historia a cada país abarcan desde la financiación pública directa y descentralizada (por parte de los estudiantes y sus familias) hasta la financiación centralizada por el Estado o las colectividades territoriales (por conducto de los impuestos pagados por los ciudadanos). En materia de financiación conviene tener en cuenta además la existencia de diversos correctivos, por ejemplo las becas de

#### Recuadro 5.1 La masificación de la enseñanza superior

Entre 1970 y 1990 el número de estudiantes matriculados en la enseñanza superior se multiplicó por más de dos, pasando de 28 a 69 millones. En 2002, el número de matriculados ascendía a 122 millones.² Según algunas previsiones, la población mundial de estudiantes universitarios podría alcanzar en 2025 la cifra de 150 millones.³ Esta progresión no es una característica exclusiva de los países ricos. En efecto, en África, Asia y América Latina el fuerte crecimiento demográfico ha contribuido a aumentar la afluencia al nivel de primaria y secundaria, provocando así un aumento de los estudiantes en la enseñanza superior, aunque en proporciones menores que en Europa o América del Norte.

Mientras que en los países ricos las tasas de matrícula en la enseñanza superior pasaron de un 2,2% en los años sesenta a un 59% en 2002, en el caso de Europa, y de un 7,2% a un 55% en América del Norte, en los países menos adelantados esas tasas sólo aumentaron del 1,3% al 4%. En el caso de América Latina, sin embargo, se registró un aumento del 1,6% al 29%.<sup>4</sup> Se observa pues una gran disparidad entre países ricos y pobres en lo que respecta al número de estudiantes matriculados en la enseñanza superior (véase la figura siguiente).

Tasa bruta de matrícula en la enseñanza terciaria (CINE 5 + 6) por país, 2002-2003



estudios. La financiación directa se supone que garantiza la adecuación de la demanda de conocimientos a la oferta de éstos, lo cual permite responsabilizar a los estudiantes y a quienes los financian. La financiación pública debe garantizar en teoría una determinada igualdad de oportunidades. En los siglos XIX y XX, la política de financiación de las universidades basadas en el modelo europeo incumbía sobre todo a los Estados. La financiación privada fue apareciendo progresivamente, de forma un tanto marginal en Europa y de manera mucho más abierta en América del Norte. La mavoría de las universidades norteamericanas públicas o privadas han adoptado un sistema de organización de tipo empresarial con aspectos sumamente competitivos. En esas universidades, el estudiante es un cliente que exige una formación a la altura de los costos –a menudo, muy elevados- que debe sufragar personalmente. La competencia en este mercado a veces es feroz. Para atraer a los investigadores y educadores más célebres, las universidades rivalizan en la oferta de remuneraciones y condiciones de trabajo sumamente ventajosas. La gestión de estos centros de enseñanza superior supone iqualmente que se recaben medios financieros en el sector privado. Esta organización de tipo mercantil ha desembocado en la existencia de una gran variedad de instituciones de enseñanza superior -unas 3.000 en los Estados Unidos-, que van desde las universidades más reputadas hasta los colegios de enseñanza superior más elementales. Cada estudiante puede escoger el centro en que desee cursar sus estudios, en función del nivel de éste y de sus propias aspiraciones personales. Las modalidades de gestión se inspiran en técnicas mediáticas y publicitarias. Por ejemplo, la financiación de un equipo deportivo puede contribuir tanto al prestigio de una institución universitaria como su calidad científica.

La apertura de centros de enseñanza superior con modalidades de organización mercantil y la comercialización de los servicios educativos se han hecho tanto más necesarias cuanto que hoy en día estamos presenciando un cuestionamiento de la financiación pública generalizada de la enseñanza superior, a la que no se considera capaz de responder adecuadamente al aumento del número de estudiantes.<sup>5</sup> Sin un incremento del apoyo finan-

ciero, los centros de enseñanza superior no podrán responder a los desafíos planteados por la aparición de las sociedades del conocimiento. La necesidad de realizar un esfuerzo en este ámbito obedece tanto a la obsolescencia de algunas infraestructuras como a los costos de renovación de las prácticas en materia de enseñanza e investigación.

Algunos expertos, sin embargo, han señalado los peligros que entraña una "mercantilización" de la enseñanza superior. Es innegable que los servicios educativos han cobrado una importancia económica considerable: en 2002, el mercado mundial de la enseñanza superior representaba más del 3% de la totalidad del mercado de los servicios, y en algunos países los servicios de este nivel de enseñanza constituyen incluso una de las principales partidas de exportación.<sup>6</sup> La OCDE ha calculado que en el año 2000 los ingresos obtenidos por los Estados Unidos con la aceptación de estudiantes extranieros en sus universidades ascendieron a 10.290 millones de dólares, esto es, una cifra muy superior al conjunto del gasto público en enseñanza superior de toda América Latina.<sup>7</sup> Los Estados Unidos son, además, el país del mundo que atrae al mayor número de estudiantes extranjeros. Vienen después el Reino Unido, Alemania, Francia y Australia. El Reino Unido, Australia y Nueva Zelandia son los países en los que se ha registrado un mayor aumento de estudiantes extranjeros gracias a las resueltas políticas de internacionalización de sus centros de enseñanza superior.<sup>8</sup> Hasta la fecha, los países en desarrollo sólo se han limitado al papel de consumidores en el mercado mundial de la enseñanza superior. Si bien es cierto que la importancia del sector privado en estos países es todavía marginal a causa de su retraso, o de su subdesarrollo en el caso de los países menos adelantados, es muy probable que en pocos años los países del Sur, al ser una presa fácil del mercado de servicios educativos y al disminuir en muchos de ellos el compromiso del Estado con la enseñanza superior, se hallarán ante el mismo dilema que los países industrializados, sin que muchos de ellos puedan beneficiarse de la presencia de instituciones prestigiosas que podrían contribuir a la elaboración de políticas equilibradas en materia de financiación de la enseñanza superior.

La privatización de la enseñanza superior es producto de la aparición de una serie de nuevos protagonistas en este ámbito. Es muy posible que en 2010 las universidades empresariales (*Corporate Universities*), creadas en un principio para actualizar las competencias de los empleados, sean más numerosas que las universidades tradicionales. El primer objetivo de las universidades comerciales es obtener beneficios, y esto es lo que las distingue de las universidades clásicas, cuya motivación principal es el prestigio académico. En las primeras, se concede más importancia a los conocimientos aplicados que a la producción de nuevos conocimientos. Por lo que respecta a las universidades virtuales –que alcanzaban la cifra de 1.180 en 2001– es muy posible que en 2020 cuenten

en cuenta que los centros de enseñanza superior han cobrado un interés estratégico importante en la competición internacional (véase recuadro 5.2), estamos presenciando hoy una serie de reestructuraciones cuyas consecuencias apenas se empiezan a evaluar: concentración de recursos en las universidades o departamentos con mejores resultados, o incluso separación de las funciones de investigación y enseñanza, en nombre del principio de la rentabilidad de la inversión; promoción de las disciplinas más avanzadas, especialmente en el sector clave de la ciencia y tecnología (nuevas tecnologías y nanotecnologías), en detrimento de las humanidades; y fomento de modalidades de gestión más empresariales. Este modo de

Cuadro 5.1: La función del sector privado en la enseñanza terciaria (CINE 5+6)

Países con una enseñanza superior privada de volumen importante (más del 50% de las matrículas)	Antillas Neerlandesas, Bangladesh, Bélgica, Bermuda, Botswana, Cabo Verde, Chile, Chipre, Colombia, El Salvador, Eslovenia, Estonia, Filipinas, Indonesia, Irán, Islas Turcas y Caicas, Israel, Japón, Letonia, Luxemburgo, Namibia, Países Bajos, Palau, Paraguay, Reino Unido, República de Corea, Santa Sede, Territorios Autónomos Palestinos, Tonga
Países con una enseñanza superior privada de volumen medio (entre 25% y 50% de las matrículas)	Angola, Armenia, Burundi, Côte d'Ivoire, Ecuador, Estados Unidos de América, Jamaica, Jordania, Kenya, Líbano, Malasia, México, Mongolia, Nepal, Nicaragua, Perú, Polonia, Portugal, República Democrática Popular Lao, Rwanda, Santa Lucía, Venezuela
Países con una enseñanza superior privada de volumen reducido (entre 10% y 25% de las matrículas)	Argentina, Aruba, Azerbaiyán, Belarrús, Bolivia, Bulgaria, España, Etiopía, Finlandia, Francia, Georgia, Honduras, Hungría, Iraq, Islandia, Jamahiriya Arabe Libia, Mauricio, Noruega, Panamá, Papua Nueva Guinea, República de Moldova, Senegal, Suiza, Tailandia, Uruguay
Países con una enseñanza privada de volumen mínimo o inexistente (menos del 10% de las matrículas)	Alemania, Arabia Saudita, Australia, Austria, Camerún, Chad, Congo, Costa Rica, Croacia, Cuba, Dinamarca, Eslovaquia, Federación de Rusia, Ghana, Hong Kong (China), Irlanda, Kirguistán, ex República Yugoslava de Macedonia, Madagascar, Marruecos, Nueva Zelandia, Pakistán, República Checa, República Unida de Tanzania, Serbia y Montenegro, Suecia, Trinidad y Tobago, Túnez, Turquía, Uganda, Viet Nam, Yemen

Fuente: Base de datos sobre educación del IEU, mayo de 2005 y C. García Guadilla, 2004.

con más estudiantes que las universidades tradicionales en las que se exige la presencia física en las aulas. El grado de penetración de estos nuevos protagonistas en los mercados educativos de los distintos países del mundo dista mucho de ser uniforme, tal como puede apreciarse en el cuadro 5.1.

La tendencia a la privatización de la enseñanza superior podría a la vez fomentar y frenar la aparición de una economía global del conocimiento. Teniendo proceder ya está en marcha en algunos países de la OCDE (Australia, Dinamarca, Irlanda, Japón, Nueva Zelandia y, Reino Unido, por ejemplo) y se ha iniciado recientemente en otros Estados, por ejemplo Sudáfrica o Hungría, e incluso en China con el Programa 2011.<sup>10</sup> La convergencia de estas iniciativas merece ser destacada, sobre todo por las consecuencias importantes que puede tener una mayor liberalización de los servicios educativos como la que actualmente se debate

en el marco del Acuerdo General sobre el Comercio de Servicios (AGCS). Esas consecuencias podrían resultar contraproducentes a falta de un esfuerzo real para evaluar las experiencias en curso en un ámbito en el que las consideraciones ideológicas priman a veces sobre el pragmatismo. Algunas encuestas realizadas en las instituciones de los países interesados para calibrar el impacto de las políticas aplicadas reflejan una preocupación creciente al respecto. En efecto, algunas instituciones temen que la diferenciación cada vez mayor dentro de un mismo sistema de enseñanza superior –unida a la creación de polos de excelencia- conduzca a que determinados centros docentes, sobre todo los más recientes, renuncien a la aplicación de un auténtico programa de investigación, con lo cual dejarían de ser competitivos. Además, no se puede minimizar el riesgo de que la aparición de sistemas de enseñanza superior muy poco igualitarios en el plano social y geográfico acentúe aún más la estratificación social y territorial.

Aunque pueda parecer utópico, sobre todo en los países en desarrollo, se pueden concebir sistemas de financiación que combinen la igualdad de oportunidades en materia de educación –en un marco cultural determinado- con la responsabilidad de los beneficiarios de la educación, concepto éste que parece más pertinente que el de eficacia. Entre los sistemas propuestos, conviene destacar el de "crédito-tiempo para la educación" formulado por la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI, presidida por Jacques Delors. 11 Este tipo de derecho a la educación podría ser financiado por la colectividad durante un número determinado de años de educación gratuita, que sería idéntico para cada alumno y promovería así la igualdad de oportunidades. Los créditos de este tipo podrían permitir que cada estudiante presentara su candidatura en el centro docente de su elección. En caso de que éste diese su acuerdo, la colectividad financiaría el costo real de la formación, que variaría según la rama disciplinaria por la que se optase. Esta forma de "mercado" de la enseñanza superior, en el que los consumidores serían los estudiantes, y los productores, los profesores, podría funcionar con arreglo al siguiente esquema: la colectividad no tendría que imponer ni restringir con reglas burocráticas, centralizadas y generales el reparto de los estudiantes entre los distintos centros docentes. Se evitaría también la identificación entre selección v exclusión, atenuando así el penoso debate entre los partidarios de una enseñanza directamente financiada por los particulares y los que propugnan una financiación centralizada y estatal. Este capital de formación -que comprendería un número determinado de años de enseñanza gratuita- se podría consumir de forma continua o acumular para reemprender ulteriormente los estudios, asistir a cursos de formación profesional o efectuar reciclajes. Una vez agotado ese capital de años gratuitos de enseñanza, el costo de los estudios posteriores correría a cargo del estudiante que deseara proseguirlos. Esta limitación en el tiempo fomentaría así la responsabilidad de los estudiantes, ya que en caso de no aprobar un examen serían ellos guienes tendrían que sufragar el costo suplementario.

# Redes universitarias por inventar

## Por qué no existe la "universidad del futuro"

El modelo de universidad europea ha llegado a sus límites naturales en tanto que centro agrupado en un lugar geográfico determinado y productor y difusor de conocimientos codificados entre una elite seleccionada con arreglo a criterios intelectuales, sociopolíticos y económicos. La aparición de nuevos conocimientos, así como su organización en disciplinas cada vez más específicas y en "redes de conocimientos" cada vez más complejos y menos jerarquizados, pone en tela de juicio la viabilidad del funcionamiento de las "universidades". 12 La larga historia de la institución universitaria ha desembocado en los prototipos de enseñanza superior de América del Norte. Éstos han evolucionado rápidamente y han tomado el relevo de las universidades europeas de principios del siglo XX que, siguiendo el desarrollo lineal y aparentemente coherente de una ciencia todopoderosa, habían organizado la enseñanza en torno a disciplinas con límites bien definidos. Las transformaciones que han acompañado en el siglo XX el surgimiento de centros

#### Recuadro 5.2 La competición internacional entre las universidades

Sólo un número reducido de universidades de vanguardia en un número restringido de países puede pretender a la condición de "universidad de rango mundial" (world-class university). La mayoría de los centros de enseñanza superior procura ante todo consolidar su especificidad e incrementar su atractivo para captar a una clientela estudiantil muy específica. Por eso, esos centros tienen que satisfacer a menudo demandas contradictorias: responder adecuadamente a la "masificación" de la enseñanza superior, garantizando al mismo tiempo la calidad de los títulos académicos; establecer procedimientos de control de la calidad, sin menoscabar la libertad académica de los docentes; diversificar los programas, haciendo frente al mismo tiempo a las consecuencias de la disminución considerable de la financiación pública; conservar su autonomía, sin perder el sentido de la responsabilidad y la ciudadanía; y combinar la excelencia de la investigación con la excelencia de la enseñanza ofrecida.

de enseñanza superior han provocado un cambio radical en la organización de los programas de investigación y los planes de estudios. Las instituciones más flexibles aumentan el número de sus departamentos y crean a título experimental nuevos departamentos transdisciplinarios o interdisciplinarios. Esos departamentos se organizan unas veces en función de nuevas temáticas (neurociencias o ciencias de la complejidad, por ejemplo), y otras, en función de nuevas técnicas científicas. La enorme expansión de los conocimientos y de sus combinaciones ha conducido a muchas instituciones universitarias a revisar y modificar su funcionamiento. Aunque esas instituciones académicas sigan conservando el nombre de universidad. su organización, misión y funcionamiento van a evolucionar v diversificarse.

Un nuevo fenómeno está conmocionando la enseñanza superior: la multiplicación y diferenciación de las instituciones académicas. En los centros docentes más importantes, el número de departamentos y centros de investigación aumenta. Las "cátedras" disciplinarias de las universidades europeas -que tenían sentido cuando las disciplinas establecidas evolucionaban más lentamente y los métodos para enseñarlas eran objeto de un consenso- podrían desaparecer o cambiar de naturaleza. Desde luego, el ritmo de estas transformaciones no será el mismo en las naciones desarrolladas y en los países en desarrollo. En muchos de estos últimos, las ciencias sociales y humanas siguen atrayendo a una proporción considerable de estudiantes, aun cuando los conocimientos adquiridos en estas disciplinas sean más difíciles de valorar e intercambiar en el mercado mundial de competencias. Con respecto a la inevitable reforma del pensamiento que debería poner término a la separación rígida entre las ciencias exactas y naturales, por un lado, y las ciencias sociales y humanas, por otro, favoreciendo una auténtica transdisciplinariedad, cabe prever una multiplicación de las combinaciones entre disciplinas, pero garantizando a la vez la coherencia metodológica de cada rama de conocimiento.

El modelo más o menos normalizado de las universidades del siglo XX está perdiendo la preponderancia de que había gozado hasta ahora en los sistemas de enseñanza superior de la mayoría de los países. No obstante, la inercia de las organizaciones y los códigos culturales frenan la imprescindible diversificación de los modelos. Ante el escaso atractivo de determinadas disciplinas –un fenómeno que se advierte ya en los países europeos- será indispensable incrementar la diversidad cultural de las enseñanzas impartidas. Este es también uno de los desafíos más importantes planteados a los países en desarrollo, que buscan una mayor valorización de sus conocimientos locales. A pesar de su preponderancia en el plano mundial, las instituciones estadounidenses más importantes también deberán proseguir una evolución, que en su mayoría ya han emprendido, diversificando los temas y modos de enseñanza que prefiguran en parte los futuros cambios.

#### ¿Hacia la aparición de redes universitarias basadas en el modelo de redes de investigación?

Este tipo de evolución ya se ha producido en el ámbito de la investigación. Los conocimientos se multiplican y diversifican creando nuevas comunidades disciplinarias transversales. Éstas se organizan en redes en torno a coloquios internacionales y revistas de investigación especializadas que, en número cada vez mayor, se suman a las antiguas revistas de carácter general. Las sociedades científicas pierden su carácter nacional y se diluyen en organizaciones internacionales. Estas últimas surgen a veces *ex nihilo* en el caso de las disciplinas emergentes, y a menudo son el resultado de una asociación con sociedades nacionales más poderosas –en su mayoría estadounidenses– o de una absorción por parte de éstas. Esas nuevas sociedades científicas se convierten en la matriz de organizaciones internacionales o multinacionales. Esta organización en redes internacionales constituye un ejemplo de autoorganización que, por el momento, tiene un carácter espontáneo y descentralizado.

Un fenómeno notable es la "desterritorialización" de esas actividades: los eventos organizados por esas redes ya no se celebran en los campus universitarios, sino en grandes hoteles; los comités editoriales se reúnen con motivo de la celebración de congresos itinerantes; la financiación de revistas y coloquios depende cada vez menos de las instituciones académicas y se efectúa en la mayoría de los casos gracias a becas concedidas por instituciones extraacadémicas, o mediante contratos firmados con ellas. Hay signos que no engañan: la gratuidad se ha volatilizado, los "derechos de inscripción" han aumentado vertiginosamente y crece el número de revistas que solicitan una contribución financiera de los autores o de las instituciones de las que dependen. Por otra parte, la aparición de Internet va a introducir nuevos cambios.

Es muy probable que todo lo que se viene observando desde hace varios decenios en el ámbito de la investigación y la producción de conocimientos se extienda a la enseñanza universitaria. Un ejemplo de esto es el desarrollo de las "universidades de verano". Estos centros, que se sitúan en la línea divisoria entre investigación y enseñanza, solicitan las intervenciones de investigadores para que divulguen los nuevos conocimientos con más eficacia y rapidez que en los coloquios y congresos tradicionales. Estas iniciativas de índole regional y nacional, e incluso internacional, suelen emanar sobre todo de personalidades universitarias, y no tanto de las instituciones académicas propiamente dichas.

Es previsible que esta dinámica hacia la creación de redes se imponga rápidamente en las instituciones de enseñanza superior. Cabe prever también que un número de estudiantes cada vez más jóvenes cursará programas de estudios que se combinarán con los de la institución en la que están matriculados. Por ejemplo, en Europa los desplazamientos temporales de estudiantes han sido fomentados por algunos programas, como el llamado Erasmus, <sup>13</sup> que luego se ha extendido al mundo entero gracias al programa Erasmus Mundus.

## Una oportunidad para los países en desarrollo: las redes universitarias

La aparición previsible de redes universitarias no anuncia sin embargo la desaparición de las universidades e instituciones académicas. Se seguirán necesitando sitios con una localización geográfica precisa, así como laboratorios e instituciones de enseñanza que agrupen a investigadores, docentes y estudiantes y dispongan de fuentes de financiación permanentes –esto es, públicas– y de organizaciones jerarquizadas. No obstante, la multiplicación y diversificación de los empleos, conocimientos y disciplinas que estructuran las universidades e instituciones académicas exigen que sus estructuras jerárquicas se complementen con estructuras descentralizadas, organizadas con arreglo al principio de la creación de redes. La organización en redes empieza a desarrollarse dentro de las instituciones que la historia ha legado tanto a las naciones industrializadas como a los países en desarrollo. Esta tendencia permite sacar una lección prospectiva para la definición de políticas: los países en desarrollo que todavía no han invertido intensivamente en instituciones de tipo universitario podrían –y sobre todo deberían– pensar en *invertir* en organizaciones en redes que anticipan la evolución previsible de las instituciones académicas, ya que el costo económico de esas redes es mucho menor que el acarreado por la creación de grandes universidades. No obstante, los países en desarrollo tendrán que alcanzar un nivel mínimo de preparación para aprovechar realmente esos nuevos modos de organización y participar en ellos activamente.

Esta organización de las actividades de investigación y enseñanza superior en redes regionales internacionales ofrece paradóiicamente a los países en desarrollo una posibilidad inesperada para participar en la nueva estructura internacional que empieza a surgir. En efecto, los países en desarrollo tienen ahora una posibilidad de participar en las redes universitarias que se van a crear y desarrollar. A raíz de la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior de 1998.<sup>14</sup> la UNESCO ha contribuido a la organización de la enseñanza superior y la investigación en redes, mediante la creación v el desarrollo de las Cátedras UNESCO v las redes del Programa UNITWIN. Una de las nuevas tareas de la Organización en el sector de la educación es contribuir al fomento y difusión geográfica de estas organizaciones en redes para propiciar la transmisión, difusión y valorización de los conocimientos.

La estructuración en redes facilita a los países en desarrollo la creación de un sistema de enseñanza superior -o el mejoramiento de su calidad- sin tener que esperar a reunir las sumas considerables que exigen las inversiones y las condiciones que les permitan contraer compromisos a largo plazo. En efecto, para estos países es mucho más fácil "conectarse" con estructuras en redes, que a su vez están vinculadas a otras instituciones o redes ya existentes en el marco de estructuras de cooperación regionales o internacionales, de índole pública o privada. Cada vez que sea posible económicamente, los nudos de las distintas redes disciplinarias podrán constituir la base sobre la que se podrán edificar instituciones de enseñanza superior de carácter permanente y con una ubicación geográfica fija.

#### Nuevas posibilidades ofrecidas por la creación de redes en la enseñanza superior: redes de disciplinas y redes de docentes

Los conocimientos innovadores o especializados sólo pueden atraer de por sí a un número reducido de estudiantes. Si están todos concentrados geográficamente en una misma institución, esos conocimientos no llegarán al conjunto de la comunidad "disciplinaria" dispersa por todos los países del mundo. Cabe preguntarse si no sería preferible que, al igual que

en las universidades de verano, la enseñanza de las disciplinas especializadas se "deslocalizara" y se hiciese itinerante, "concentrándose" en una o varias semanas lectivas, lo que permitiría ofrecer conocimientos nuevos o de muy alto nivel a grupos de estudiantes interesados que, de no ser así, no tendrían acceso a ellos en las instituciones donde están matriculados.

Esas redes de enseñanza permiten publicar y difundir en línea catálogos de materias especializadas correspondientes a cada nivel de conocimientos, en los que se precisan las competencias necesarias para asistir a los diferentes cursos. Cuando éstos son residenciales —es decir, cuando profesores y estudiantes cohabitan durante el periodo de enseñanza concentrado— la transmisión de los conocimientos cobra una forma muy diferente a la de los cursos magistrales habituales, ya que las preguntas se pueden formular de manera mucho más informal y las respuestas se pueden adaptar a cada interlocutor. Por otra parte, la cohabitación de estudiantes de distintas procedencias geográficas o disciplinarias estrecha los vínculos interdisciplinarios y propicia el diálogo intercultural.

Las formaciones que ofrecen esas redes de enseñanza pueden responder mejor a la evolución de la demanda en materia de empleos y conocimientos, pero también pueden contribuir a estimular nuevas formas de "fuga de cerebros" en los países en desarrollo y en transición. Ese tipo de formaciones corresponde también a una tendencia reciente que merece ser destacada: la gran movilidad de los estudiantes, que ha conducido a una diversidad sin precedentes de la población estudiantil en los campus universitarios de todo el mundo (véase figura 5.1).

No obstante, conviene señalar que esas redes de enseñanza implican costos que pueden parecer elevados, especialmente para los países en desarrollo. Esos costos son de dos tipos: económicos y financieros (financiación del viaje y la estancia de los estudiantes, y remuneración de los docentes); y culturales e institucionales (evaluación y sistemas de calificación que acreditan las formaciones que los estudiantes han cursado fuera de las instituciones en las que están matriculados). No obstante, los gastos económicos y financieros que corren a cargo del sector público o del sector privado son divisibles,

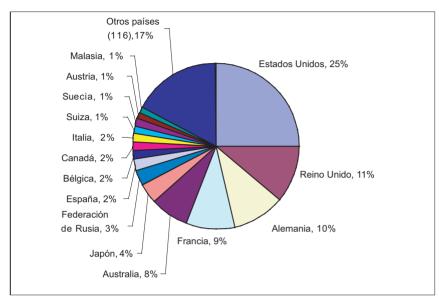


Figura 5.1: Distribución de los estudiantes extranjeros por país/territorio en 2002-2003

Fuente: Base de datos sobre educación del IEU, junio de 2005.

porque pueden sufragar solamente una formación y revisten un carácter temporal. En esas condiciones, el hecho de que se deje de financiar una formación no compromete necesariamente el funcionamiento de la red en su conjunto. Así, el costo de las redes de enseñanza y de docentes es mucho menor que el de las universidades de estilo europeo, teniendo en cuenta que se puede modular en función de los medios financieros disponibles y que las redes se pueden concentrar en un número reducido de disciplinas. Por consiguiente, parece que esta organización de la enseñanza de disciplinas especializadas en redes es muy conveniente para los países que se hallan en fase de despegue económico. En efecto, permite a los estudiantes ir al extranjero durante un corto lapso de tiempo, completar su formación en disciplinas que no se enseñan en sus países y recibir al mismo tiempo una enseñanza de calidad.

Los costos culturales e institucionales son mucho más complejos y elevados y su compensación dependerá de la evolución de los procedimientos de evaluación. Estos procedimientos se aplican tanto a la calidad de la enseñanza ofrecida por los docentes como a la capacidad de los estudiantes para asimilar los conocimientos transmitidos durante la formación.

La evaluación tendrá que calibrar también si las formaciones corresponden a las necesidades de la sociedad. No obstante, estos procedimientos tropiezan con obstáculos de índole cultural e ideológica mucho más difíciles de superar que los económicos o financieros. Por ejemplo, las instituciones que gozan de gran fama pueden temer que su crédito y prestigio se pongan en tela de juicio. Este es sin duda uno de los motivos principales por los que se ve frenada la extensión de las "universidades de verano" —que no expiden evaluación alguna— a las formaciones doctorales o universitarias, en comparación con otros niveles de la enseñanza superior (tesinas, licenciaturas, etc.).

Con la masificación de la enseñanza superior y las restricciones en la financiación pública de la enseñanza superior, las instituciones universitarias, sobre todo las de los países en desarrollo, no cuentan en su mayoría con los medios financieros o humanos necesarios para garantizar *in situ* la enseñanza del conjunto de las disciplinas, o para cubrir toda la gama de conocimientos dentro de una disciplina determinada. El número de especialistas es forzosamente limitado. Los docentes de las instituciones con escasos medios financieros pueden verse acaparados por las tareas apremiantes de la docencia y limitar sus actividades

de investigación o disminuir su calidad, con lo que disminuyen también la atracción que pueden ejercer en los estudiantes y su adecuación a las necesidades de la sociedad.

Las redes de docentes pueden paliar estos obstáculos, especialmente en los países en desarrollo. Por ejemplo, una institución de enseñanza superior puede crear una red de docentes para una especialidad determinada, invitando así cada año, por espacio de algunos meses, a docentes o investigadores que colaboran con los miembros titulares de la institución. Estos profesores visitantes (visitina professors) reparten su tiempo entre la enseñanza propiamente dicha y la dirección de actividades de investigación, en cooperación con los investigadores o miembros permanentes de la institución. Gracias a los intercambios entre profesores invitados y las relaciones que se anudan entre éstos y los investigadores permanentes, es posible crear sinergias en las que la institución puede participar activamente. Esta perspectiva de colaboración con un mayor número de colegas incita a los docentes-investigadores a dejar sus instituciones respectivas por un periodo de tiempo limitado. La presencia de varios docentes-investigadores externos influve favorablemente en la enseñanza, la investigación y el prestigio de la institución anfitriona, que consolida así su atractivo ante los estudiantes y futuros visitantes.

En los países en desarrollo, estas soluciones pueden contribuir a frenar la fuga de cerebros, un fenómeno que no sólo afecta a los estudiantes, sino también a los docentes-investigadores. La fuga de cerebros (brain drain) en una sola dirección -esto es, desde los países más pobres y las instituciones con menos medios hacia los países ricos y las instituciones de mayor prestigio- podría contrarrestarse en parte, e incluso ser sustituida en el futuro, por una "circulación de cerebros" (brain circulation) beneficiosa para todos. Las redes de docentes contribuyen además al mantenimiento y promoción de la diversidad cultural, permitiendo a los nacionales de los países bien provistos en instituciones de enseñanza superior que permanezcan en su país y ofreciendo a los visitantes la posibilidad de impregnarse de la cultura de los países que visitan regularmente.

# Las nuevas misiones de la enseñanza superior

La enseñanza superior se distingue de la primaria y secundaria no sólo por la edad y nivel de los alumnos, sino también por la producción y valorización de nuevos conocimientos en el ámbito cultural, social v económico. Si se ven privadas de la posibilidad de desempeñar esa función de investigación, descubrimiento e innovación, las instituciones de enseñanza superior quedan reducidas a la condición de centros de "enseñanza terciaria", que son una mera prolongación de los centros docentes de primaria y secundaria. La confusión semántica entre "enseñanza superior" y "enseñanza terciaria" puede tener graves consecuencias en muchos países en desarrollo que, debido a una forma de división del trabajo internacional, corren el riesgo de limitarse a promover una enseñanza de tipo terciario en la creencia de que están promoviendo una enseñanza superior. Hay que tener sumo cuidado en evitar este escollo, y para ello es importante fomentar prioritariamente las actividades de investigación, empezando por las disciplinas que no exigen equipamiento importante v oneroso.<sup>15</sup>

Al ser las universidades en cierto modo "espejos" de sus respectivas sociedades, todo país tiene que beneficiarse no sólo de una enseñanza terciaria, sino también de los frutos de la investigación, independientemente de su marco cultural y nivel de desarrollo económico. Por eso, es preocupante ver cómo los centros docentes de algunos países en desarrollo se especializan en la enseñanza terciaria, en detrimento de las actividades de investigación. Esa especialización es tanto más perjudicial cuanto que no permite la valorización de los conocimientos locales y consolida aún más el adelanto de los países industrializados en términos de productividad de la investigación universitaria y de número de investigadores. En 2002-2003 se graduaba cada año, por término medio, un nuevo doctor por cada 7.000 habitantes en los países de la OCDE, mientras que en Chile esa proporción era de 1 por 110.000 y en Colombia de 1 por 220.000.16

Hemos visto que los nuevos modelos de "redes universitarias" tendrán que ser capaces de

#### Recuadro 5.3 La pertinencia de la enseñanza superior

Tal como se destacó en la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior celebrada en 1998, la pertinencia de este tipo de enseñanza significa tener en cuenta:

- las políticas: la enseñanza superior no desempeña su papel cuando descuida sus funciones de vigilancia y alerta, y cuando no analiza los problemas importantes de la sociedad;
- el mundo laboral: es imperativo que la enseñanza superior se adapte a las mutaciones del mundo laboral, sin que pierda su identidad propia y abandone sus prioridades relativas a las necesidades a largo plazo de la sociedad;
- los demás niveles del sistema educativo: la formación inicial de docentes y de muchos trabajadores sociales incumbe, salvo raras excepciones, a la enseñanza superior; entre las prioridades de la investigación universitaria deben figurar también el análisis y la evaluación de los distintos niveles del sistema educativo, en estrecha relación con el mundo laboral –sin que ello suponga subordinarse a éste– y con un auténtico proyecto de sociedad;
- la(s) cultura(s): la cultura no es algo que venga dado, sino que se construye en el espacio y en el tiempo; la enseñanza superior contribuye a construir la cultura en su dimensión universal y para ello debe tener en cuenta la diversidad de las culturas;
- todos los grupos de personas sin excepción: se deben aplicar estrategias adecuadas para aumentar la participación de los grupos desfavorecidos, en especial las mujeres;
- la educación a lo largo de toda la vida: la promoción de una educación a lo largo de toda la vida exige una mayor flexibilidad y más diversificación de los dispositivos de formación en la enseñanza superior;
- los estudiantes y profesores: las instituciones de enseñanza superior se deben concebir y administrar no como meros centros de formación, sino como ámbitos educativos en los que se efectúe una mejor gestión de las carreras profesionales de los docentes y se obtenga una participación activa de los estudiantes, tanto en las actividades docentes como en la gestión y la vida de las instituciones.

Si cumple todas estas condiciones, la enseñanza superior podrá contribuir realmente a la difusión generalizada del conocimiento, tanto en las sociedades de los países industrializados como en las de los países en desarrollo.

asumir funciones de investigación y valorización en ámbitos seleccionados. Las sociedades modernas no podrán prescindir de una reflexión a fondo sobre la evaluación de los conocimientos, los estudiantes, los profesores y los investigadores, y sobre la necesidad de aumentar la flexibilidad de las instituciones y de separar las funciones de docente y examinador, con el objetivo general de fomentar la aparición de redes de enseñanza. También será imprescindible analizar la índole de las distintas formas del saber<sup>17</sup> y distinguir los conocimientos descriptivos (hechos e informaciones), los conocimientos en materia de procedimiento (los que se refieren al "cómo"), los conocimientos explicativos (los que responden a la pregunta "; por qué?") y los conocimientos relativos al comportamiento. También convendrá hacer hincapié en la utilidad, a primera vista paradójica, de los conocimientos abstractos en una sociedad de profesiones y empleos del conocimiento.

A partir del momento en que se hace hincapié en las especificidades de la función docente, se disipa la ilusión de que las "universidades virtuales" podrían prescindir de los "maestros" y de su costo. Evidentemente, las nuevas tecnologías desempeñarán un papel fundamental en la aparición de las redes de enseñanza superior anteriormente mencionadas. Pero los nuevos instrumentos multimedia no son una panacea que permitirá prescindir del profesorado, contrariamente a los cálculos de aquellos que esperan ahorrarse el costo que éste representa. Es cierto que las nuevas tecnologías permiten transmitir instantáneamente la información en el mundo entero, pero para transformar la información en conocimiento necesitaremos profesores de calidad cada vez más numerosos.

En las sociedades del conocimiento emergentes, el crecimiento exponencial de la cantidad de conocimientos induce una disparidad creciente entre los que tienen acceso al saber y la cultura y aprenden a dominarlos, y los que se ven privados de dicho acceso. Tal como se verá más adelante, <sup>18</sup> no basta con reducir la "brecha digital" y las demás desigualdades de acceso

al universo cultural. Es necesario también reducir la "brecha cognitiva", que es una verdadera "brecha de los conocimientos" susceptible de ahondarse de forma exponencial. La formación en las nuevas técnicas de la información y la comunicación exige un alto nivel de educación, el conocimiento del inglés y el arte de navegar en un océano de informaciones. Esa formación no debe caer en la tentación de compilar y yuxtaponer informaciones, en vez de utilizarlas como elementos básicos para construir y organizar conocimientos. El futuro de las sociedades del conocimiento descansa en gran parte en la excelencia de la formación de los profesores, cuyas tareas y funciones están llamadas a diversificarse para alcanzar, entre otros objetivos, el de la educación para todos.

Es importante garantizar la pertinencia de los sistemas de enseñanza superior (véase recuadro 5.3) si se guiere propiciar dentro de un país un buen clima social y político, así como el desarrollo económico y cultural. Los dirigentes políticos tienen que asignar a las instituciones de enseñanza superior un número reducido de misiones fundamentales: producir, difundir y valorizar los conocimientos; formar a los docentes; y transmitir los conocimientos a la inmensa mayoría de la población. Además, la enseñanza superior debe contribuir imperativamente a actualizar a lo largo de toda la vida los conocimientos en ámbitos que están en constante evolución. Estos objetivos sólo se podrán alcanzar a nivel mundial y de forma equitativa, a condición de que la comunidad internacional se movilice realmente para luchar contra las disparidades de todo tipo entre mujeres y hombres, y entre grupos sociales, económicos, culturales y nacionales. También es menester velar por el respeto universal de la igualdad de oportunidades y compensarla cada vez que no se pueda garantizar.

Por último, cabe señalar que la libertad de pensamiento y expresión es una condición indispensable para la aparición y el desarrollo de auténticas sociedades del conocimiento, lo cual pone de relieve la importancia de la libertad académica. En efecto, un centro docente de enseñanza superior es también un lugar de diálogo y confrontación de puntos de vista. Por eso, los nuevos sistemas de enseñanza superior no sólo deben contribuir a la producción, transmisión y valorización de los conocimientos, sino también a la educación para la ciudadanía.

Las instituciones de enseñanza superior tendrán que mostrarse más flexibles para adaptarse a las necesidades de la sociedad y preverlas. Esto se aplica sobre todo a los países en desarrollo, en los que es urgente establecer nuevos modelos universitarios más adaptados a las necesidades y susceptibles de propiciar sinergias disciplinarias y geográficas, así como actividades de cooperación en el plano regional e internacional. Querer imitar a toda costa a las grandes universidades de los países del Norte sería un error. En efecto, los desafíos que tienen planteados los países en desarrollo son específicos: obsolescencia de las infraestructuras existentes, deterioro de la calidad de la enseñanza superior, subdesarrollo de las infraestructuras de investigación, "fuga de cerebros" hacia los países ricos, obstáculos lingüísticos y culturales, disminución de la financiación estatal y, en algunos casos, ausencia de auténticas políticas públicas en este ámbito. La UNESCO tiene que seguir contribuyendo a la creación de capacidades, fomentando la cooperación internacional. En particular, el desarrollo de las estructuras en redes y de las nuevas tecnologías podría permitir que en esas regiones se creasen modelos universitarios de vanguardia, vinculados a las instituciones de los países del Norte mediante distintas formas de asociación. Esto permitiría limitar el éxodo masivo de cerebros y propiciar las transferencias de conocimientos e informaciones necesarias. Esto es lo que se necesita para crear auténticos mecanismos de aprovechamiento compartido del conocimiento.

#### **Fuentes**

Altbach, P. G. (2003); Asociación Internacional de Universidades (2005); Attali, J. (1998); Banco Mundial (2002); Banco Mundial/ Equipo Especial de la UNESCO (2000); Berchem, T. (2004); Brunner, J.-J. (2001); Burkle, M. (2002); Campbell, C. y Roznay, C. (2002); Comisión de las Comunidades Europeas (2003); Conceiçao, P. y Heitor, M. (1999); Courard, H. (1993); D'Antoni, S. (2003); Daniel, J. (1998); De Moura Castro, C. y Levy, D. (2000); Del Bello, J. C. (2002); Delors, J. y otros (1996); Duderstadt, J. J. (2000); Duryea, S. y otros (2001); El-Khawas, E. (1998); El-Khawas, E. y otros (1998); EPT (2002y 2003/2004); Figueroa, C. P. y otros (1995); García Guadilla, C. (1998 y 2000); Green, C. D. (1996); Gupta, S. P. (2004); Hansen, T. N. y otros (2002); Haug, G. y Kirsten, J. (2001); Hauptman, A. (2002); Holm-Nielsen, L. y Agapitova, N. (2002); Jurich, S. (2000); Larsen, K. y Vincent-Lancrin, S. (2002); Meyer, J.-B. y Brown, M. (1999); Moe, M. y Blodget, H. (2000); Moon, B. y otros (2003); Neave, G. (2000); OCDE (2001a); Patru, M. (2002); Portella, E. (2001); Reichert, S. y Tauc, C. (2003); Schwartzman, S. (2003); Scott, P. (1995 y 1999); Seddoh, K. F. (2002); Singh, M. (2003); Teichler, U. y Sadlak, J. (2000); UNESCO (1998a, 1998b y 2002); UNESCO-CEPES (2001, 2003a y 2003b); Van Ginkel, H. (2003); Vandenberghe, V. (2004); Wagner, A. (1998); Winkler, D. R. (1994); Zeleza, P. T. (2003 y 2004); Zúñiga, P. L. G. y Hansen, T. N. (2002).

# ¿Una revolución en la investigación?

¿Es posible imaginar sociedades del conocimiento en las que no se conceda toda la prioridad necesaria a la ciencia y la tecnología? No cabe duda de que el ámbito de la ciencia está llamado a ser uno de los principales laboratorios en los que se edifiquen las sociedades del conocimiento, habida cuenta de la estrecha relación entre la evolución de las tecnologías digitales y el progreso de los descubrimientos científicos. A la inversa, el desarrollo de las sociedades del conocimiento transforma tanto a los protagonistas de la ciencia como a los centros científicos. Con la aparición de una economía del conocimiento se observa una presencia cada vez mayor del mercado en el ámbito de las actividades científicas. Esto supone un desafío importante para los principales protagonistas de las sociedades del conocimiento, independientemente de que pertenezcan a los círculos científicos, económicos o políticos. En efecto, a ellos les incumbe la tarea de crear -en la intersección de los sectores científico, económico y político- sistemas de investigación e innovación que propicien el auge de un desarrollo sostenible.

¿Será éste un desarrollo compartido y auténticamente universal? ¿Beneficiará a todos? Existe un riesgo muy considerable de que aumente a escala internacional la brecha científica entre los países del Norte y los del Sur, e incluso dentro de los países en desarrollo y los países industrializados. No cabe desentenderse de la perpetuación o agravación de esa brecha, porque la ciencia y la tecnología son ante todo fuentes de desarrollo y expansión. Si no se hace nada por colmarla, los beneficios que se

espera obtener con el desarrollo de las sociedades del conocimiento sólo redundarán en provecho de un contado número de países.

# Los nuevos centros de la investigación

#### Desigualdades ante la ciencia

Existe una verdadera brecha científica que separa a los países "ricos en ciencias" de los demás. La vocación de la ciencia es universal, pero los adelantos científicos parecen ser la exclusiva de una parte del planeta. Varias regiones del mundo padecen en este ámbito de un retraso considerable, que obstaculiza el desarrollo de la investigación. El Secretario General de las Naciones Unidas, Kofi Annan, se ha pronunciado en contra de la perpetuación de esa asimetría: "La idea de que pueda haber dos mundos de la ciencia es un anatema contra el espíritu científico."

Aunque la brecha científica se deba en gran medida a las desigualdades económicas, también se puede imputar a factores institucionales específicos. La producción y la divulgación de conocimientos dependen de un sistema nacional de investigación e innovación que es el resultado de la interacción de empresas, industrias, instituciones científicas de investigación y enseñanza, y organismos gubernamentales. Por regla general, los sistemas que se reputan más eficaces se caracterizan por la densidad de las relaciones entre esos diversos protagonistas. Ahora bien, los sistemas de innovación de los países en desarrollo

no disponen de la misma capacidad de integración que los de los países industrializados o de los países del Sur que han sabido crear estructuras eficaces.

La noción de brecha científica no remite solamente a la existencia de disparidades económicas, sino también a las divergencias que afectan a las concepciones políticas de la función económica y social de la ciencia. El riesgo de brecha científica existe a partir del momento en que los gobernantes no se deciden a considerar la ciencia y la tecnología como una inversión económica y humana de primera importancia. Desde este punto de vista, el indicador de la proporción del gasto en investigación y desarrollo (I-D) en el PIB nacional da una idea bastante precisa de las desigualdades en este ámbito (véanse figuras 6.1, 6.2 y 6.3). Ese indicador representa, en cierto modo, la intensidad del esfuerzo de investigación de un país y su capacidad para invertir recursos financieros y humanos en las actividades científicas y tecnológicas. Antes de ser económica, la inversión en la ciencia es una opción política. En el año 2000 se destinaba un 1,7% aproximadamente del PIB mundial a la I-D, en comparación con el 1,6% en 1997. En el conjunto de los países de la OCDE ese porcentaje alcanza un 2,2%, con cifras máximas en Israel (4,7%) y Suecia (4,0%). En cambio, en la mayoría de los países en desarrollo esa proporción supera muy pocas veces el 0,2%. En 2000, Sudáfrica dedicaba el 0,7% de su PIB a la I-D, un porcentaje mucho más elevado que el de los restantes países del África Subsahariana (0,2%). Los países árabes de África y Asia asignaban ese mismo año 0,1% de su PIB a la I-D, mientras que los países de América Latina y el Caribe invertían 0,6% de su PIB en la investigación. Hay que destacar un hecho importante: mientras que la parte correspondiente a los países en desarrollo en el PIB mundial alcanza un 42% y la de los países industrializados un 58%, el desequilibrio es mucho mayor en lo que atañe al gasto mundial en I-D, ya que las inversiones del Sur sólo representan un 20% del gasto total, mientras que la inversión de los países del Norte se cifra en un 80%.<sup>1</sup>

Si la potencia económica es una variable importante, no puede definir de por sí sola la actitud de un país con respecto a la producción científica, como lo muestran las disparidades en materia de inversión entre Europa y los Estados Unidos, e incluso dentro de la propia Unión Europea.<sup>2</sup> La voluntad política y el compromiso de la sociedad civil, que guardan relación con la gobernanza, son elementos fundamentales de un buen sistema de investigación e innovación. El ejemplo de los nuevos países industrializados como Malasia o Singapur es elocuente. Esos países –al igual

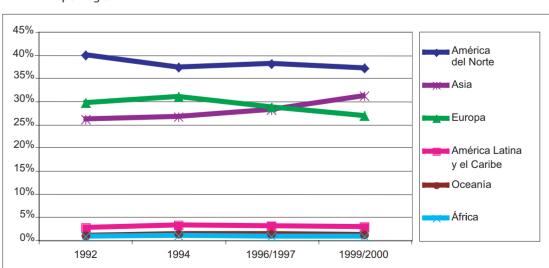


Figura 6.1: Gasto interior en investigación y desarrollo (GIID) en porcentaje del GIID mundial, por región

Fuente: Base de datos sobre ciencia y tecnología del IEU, junio de 2005.

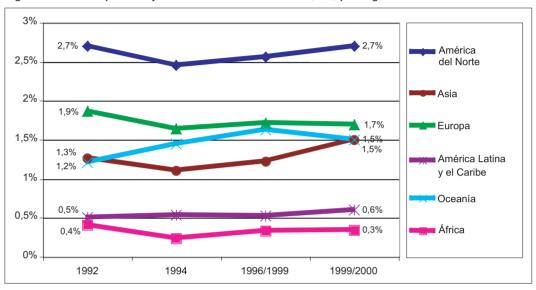


Figura 6.2: GIID en porcentaje del Producto Interior Bruto (PIB), por región

Fuente: Base de datos sobre ciencia y tecnología del IEU, junio de 2005.

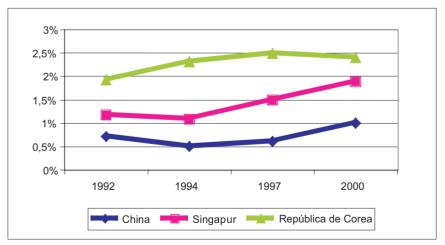


Figura 6.3: GIID en porcentaje del PIB en China, la República de Corea y Singapur

Fuente: Base de datos sobre ciencia y tecnología del IEU, junio de 2005.

que China y Brasil– han aplicado políticas voluntaristas en el campo científico y tecnológico, incluso a veces con esquemas contrarios a los modelos económicos dominantes, y han conseguido así crear sistemas de innovación sólidos que propician el desarrollo económico e industrial. A este respecto, hay que congratularse de que los países de la NEPAD hayan decidido invertir el 1% de su PIB en la investigación. Si se alcanzase ese objetivo del 1% en África, esto equivaldría a una minirrevolución en este continente, en el que Sudáfrica es por ahora el único país que invierte una parte apreciable de su PIB en I-D.

## Sistemas de innovación, desarrollo y sociedades del conocimiento

¿Cómo pueden los países retrasados en el ámbito científico establecer sistemas de investigación e innovación duraderos? ¿Cómo podrían, además, inspirarse en el ejemplo de los países del Sur que han sabido crearlos? La noción de sistema de innovación ofrece aguí un evidente interés, porque permite destacar la función de los gobernantes y encargados de la adopción de decisiones en la gestión del contexto científico y tecnológico. Al abordar la ciencia y la tecnología de forma sistémica, esto es, en relación con la economía, la política y la sociedad, este marco de análisis pragmático hace hincapié en la noción de adaptación y éxito en el plano local. No se trata, por consiguiente, de un modelo de producción científico destinado a reemplazar los ya existentes, sino de un marco de análisis destinado a poner de manifiesto las posibilidades de acción concreta. Este modelo permite, por lo tanto, pensar a escala global la creación de sociedades del conocimiento, respetando la diversidad de las opciones y las necesidades nacionales y locales.

La noción de sistema de innovación ha surgido en el contexto de estudios relativos a la producción científica de los países industrializados, pero es aplicable a otros países mediante adaptaciones y ajustes, especialmente de escala. El problema de escala más importante es el del tiempo de las transformaciones y evoluciones. Sólo con políticas constantes aplicadas durante mucho tiempo se pueden conseguir éxitos tan rotundos como los de Finlandia o la República de Corea. Tanto en el Norte como en el Sur es necesario

concebir planes de acción a escala de uno o varios decenios. Por lo que respecta a los países en desarrollo, la necesidad de aplicar políticas a largo plazo debe ser objeto de una atención especial por parte de la comunidad internacional, ya que ésta puede desempeñar, entre otras, una función de apoyo a la constancia que exige un tal esfuerzo, especialmente en el plano financiero.

Cabe preguntarse también si la escala nacional es siempre pertinente para una acción eficaz y coherente, ya que los polos de excelencia o las estrategias regionales representan otro posible nivel de intervención. Hay que destacar que esta problemática se plantea por igual –quardando las proporciones– en el Norte, por ejemplo en el marco de la Unión Europea, y en el Sur, el caso de América Latina y el Caribe. Aunque sea esencial, el marco nacional ya no constituye una referencia absoluta, sobre todo para muchos países en desarrollo que no pueden crear de forma autónoma sistemas de innovación endógena por no poseer la envergadura ni los medios suficientes. A este respecto, cabe señalar que no es una casualidad que entre los países en desarrollo que han consequido crear sistemas de innovación eficaces se hallen potencias regionales importantes como Brasil, China y la India. Las estrategias regionales ofrecen buenas posibilidades de cooperación entre países que tienen intereses y necesidades similares o complementarias. La envergadura del sistema de investigación e innovación –que suele coincidir con la de un mercado– es un factor clave, sobre todo porque la estrategia regional permite aprovechar compartidamente los recursos y distribuirlos. Independientemente de que se trate de concentrar las financiaciones en proyectos comunes (por ejemplo, sobre el arroz o la lucha contra el paludismo), de organizar equipos de investigadores internacionales o de beneficiarse de las experiencias de los demás, el nivel regional puede ofrecer soluciones que beneficien a las estrategias científicas de todos los países, ya sean industrializados o en desarrollo.

Por último, la evolución de un sistema de innovación depende de factores externos como la integración de un país en la economía mundial, la dinámica de la competición a nivel mundial y el contexto jurídico internacional. Las estrategias regionales pueden

ser también eficaces en las negociaciones internacionales, en las que permiten compensar el peso a veces modesto de algunos países que pueden tener intereses convergentes: un número cada vez mayor de países en desarrollo, por ejemplo, desea que se modifique la gestión internacional de la propiedad intelectual o la del comercio internacional, sobre todo en lo que atañe al acceso a los mercados de los países industrializados. Un ejemplo a este respecto lo constituye el constante aumento del precio de los productos o procesos protegidos por la propiedad intelectual, que puede tener repercusiones negativas en las capacidades de inversión de los países en desarrollo. Así, las barreras cada vez más importantes contra la copias y la ingeniería inversa<sup>3</sup> –dos elementos que habían constituido una de las bases de las políticas de innovación de los países asiáticos- obstaculizan ahora los procesos locales de emulación y aprendizaje en un gran número de países. Las estrategias regionales pueden, por consiguiente, ofrecer estrategias de acción eficaces a los países que estiman que no se les escucha cuando intervienen individualmente en algunos foros internacionales como la Organización Mundial del Comercio (OMC) o la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI).

#### La inversión política en investigación e innovación

La inversión política es la piedra angular de toda estrategia de desarrollo científico y el fundamento de toda sociedad del conocimiento, ya que ésta no puede subsistir sin una estructura política. La inversión política no se reduce al aspecto financiero, aunque cuando toda acción pública entrañe un costo. En efecto, hay que tener en cuenta también otras tareas que incumben sobre todo a los gobiernos, por ejemplo informar a las empresas, los científicos y la sociedad civil, crear entornos jurídicos y aplicar procedimientos de supervisión. Los gobiernos participan además en la creación y animación de redes y estructuras de interfaz que ponen en contacto a los protagonistas clave de los sistemas de investigación e innovación. En otras palabras, el desarrollo de las sociedades del conocimiento exige la aplicación de políticas del conocimiento científico.

Hoy en día se observa una disminución de la porción correspondiente a la investigación realizada por el sector público. Por ejemplo, entre 1991 y 2001, la proporción de la inversión pública en investigación y desarrollo en la tríada formada por la Unión Europea, los Estados Unidos y el Japón disminuyó en un 6% en la Unión Europea (con 15 miembros) y en un 11% en los Estados Unidos, mientras que en Japón permaneció constante. En 2001, el porcentaje de la inversión en ciencia y tecnología del sector público era de 34,5% en la Unión Europea (con 25 miembros) y de 27,8% en los Estados Unidos. Esta disminución obedece al efecto conjugado del fin de la Guerra Fría<sup>4</sup> y de las dificultades presupuestarias de los años noventa, que llevó a concentrar los esfuerzos en la capacidad de innovación de las empresas y a restringir el apoyo que se brindaba a la investigación fundamental. Desde ese entonces, las orientaciones de la investigación industrial con modelos de gestión específicos y objetivos de rentabilidad a corto plazo tienden a prevalecer sobre los objetivos de la investigación pública. Estos cambios –especialmente los registrados en el ámbito de las tecnologías de la información o las biotecnologías- han situado al mercado y la iniciativa privada en el centro de los debates sobre la orientación que conviene dar a la investigación.

Las múltiples misiones del Estado imponen, sin embargo, que se analice con cautela la reducción de la financiación pública de la investigación. En efecto, en los debates sobre la gobernanza de la ciencia y la tecnología tiende a predominar la oposición de modelos lineales, reduciéndola a uno solo de sus aspectos. En función del punto de vista de los protagonistas, se destaca y considera esencial ya sea la innovación tecnológica o la investigación fundamental, ya sea el sector público y estatal o el sector privado y el mercado. Así, en el decenio de 1990 se concibieron políticas científicas y tecnológicas que hicieron hincapié prioritariamente en la función incitativa del mercado y la demanda. Aún suponiendo que la iniciativa del sector privado sea el único factor de impulso de los adelantos tecnológicos, este modelo es tan lineal como el que pretende que la investigación fundamental desemboca directamente en la innovación. Si la dinámica del sector privado ha sido esencial

en el desarrollo de las tecnologías de la información y las biotecnologías, el caso de los medicamentos o de las plantas "huérfanas" (ignoradas por la investigación agrícola) constituye una ilustración *a contrario* de la incapacidad del mercado para satisfacer determinadas necesidades esenciales.

En realidad, toda política de investigación e innovación debe tener en cuenta una problemática compleia. En efecto, el sector público, el sector privado, la investigación fundamental y la investigación aplicada no encarnan de por sí solos la esencia de la "buena" investigación. Los debates sobre las proporciones respectivas del sector privado y el público en la investigación están a menudo falseados. En efecto, se postula la necesidad de efectuar sustituciones, cuando hay que abordar el problema en términos de complementariedad. Un sistema de innovación supone la complementariedad de la investigación fundamental y la innovación tecnológica. Ahora bien, hay quienes sostienen que los países en desarrollo no necesitan una investigación fundamental abstracta, sino una investigación aplicada. Sin embargo, es difícil que un país o grupo de países puedan llevar a cabo investigaciones en el ámbito de las biotecnologías, por ejemplo, sin contar con entidades dedicadas a la investigación fundamental en biología. La red ARPAnet -antecesora de Internet, junto con la World Wide Web inventada por Tim Berners-Lee-5 se concibió primero en el marco de la investigación del sector público.<sup>6</sup> Asimismo, el Sistema Mundial de Localización (GPS) por satélite funciona gracias a los relojes atómicos que fueron concebidos, en un principio, en el marco estricto de la investigación fundamental. Conviene pues destacar que la investigación aplicada y la innovación no pueden constituir la totalidad de la estrategia para un sistema de investigación e innovación. Por consiguiente, el desarrollo de una investigación fundamental financiada por el sector público es más que nunca una cuestión de apremiante actualidad. La relación entre la investigación aplicada y la investigación fundamental no debe ser percibida, en particular por guienes no pertenecen a la comunidad científica, como una oposición entre lo útil y lo inútil. Las diferencias entre una y otra estriban sobre todo en la escala de tiempo del trabajo que se pretende realizar y en los desafíos intelectuales que se esté dispuesto a afrontar. El calendario de la innovación establece un puente entre el corto plazo, en el que los resultados son más previsibles, y el largo plazo, en el que la investigación recobra su carácter fundamental de confrontación con lo desconocido

Desde el punto de vista de la complementariedad, la función del sector privado en la constitución de un sistema de innovación no es forzosamente sinónima de un "dejar hacer", ya que con frecuencia los poderes públicos le señalan previamente una orientación. Las políticas voluntaristas de algunos países como China, Malasia o Brasil demuestran que las capacidades científicas y tecnológicas se desarrollan mejor cuando son objeto de estrategias públicas a largo plazo. En 2004, Brasil decidió –en el marco de su política pública de desarrollo industrial y tecnológico- centrarse en la industria química y farmacéutica con miras a valorizar los recursos de la biodiversidad del país. No obstante, en la mayoría de los países en desarrollo las actividades de investigación e innovación son realizadas exclusivamente por el sector público,<sup>7</sup> lo cual representa probablemente un aspecto de la brecha científica. Esto es visible -quardando las proporciones-8 en la gran disparidad que se da entre el porcentaje de financiación privada del GIID en los países industrializados y el que se observa en la mayoría de los países en desarrollo.

En muchos países en desarrollo, las carencias del sistema de innovación obedecen a la ausencia de una demanda industrial de I-D. En efecto, en esos países la economía local descansa en gran medida en empresas con escaso componente tecnológico que se limitan, en su mayoría, a montar y exportar productos concebidos en el extranjero, lo cual genera muy poco valor añadido en términos de innovación. Esas empresas están a menudo sometidas a una división internacional del trabajo que mantiene las actividades de investigación en los países más ricos, autorizando a los países pobres a emplear su mano de obra, pero no sus cerebros. Todo esto hace que se llegue a situaciones en las que una investigación científica de valor relativamente reconocido en el plano internacional –de la que es un ejemplo la contribución cada vez mayor de los universitarios de América Latina a las publicaciones internacionales – tenga pocas repercusiones en el desarrollo económico e industrial. En cambio, los países de Asia Oriental y Sudoriental –encabezados por la República de Corea, Hong Kong, Singapur y Taiwán, y secundados por Filipinas, Indonesia, Malasia y Tailandia – han conseguido abrirse paso en sectores con un componente tecnológico importante, combinando políticas selectivas de importación y estrategias agresivas de exportación.

El problema de los países en desarrollo estriba en que a menudo no consiguen basar su crecimiento económico en el conocimiento y la innovación. Por ejemplo, en el Informe sobre la innovación como fuente de desarrollo, publicado en 2005,9 el Grupo de Estudio sobre los Objetivos del Milenio para el Desarrollo hace hincapié en la importancia de las infraestructuras (carreteras, energías y telecomunicaciones) que suministran servicios imprescindibles (reducción del tiempo de transporte, flexibilidad y eficacia de la red eléctrica y rapidez de las comunicaciones). Las infraestructuras contribuyen de manera decisiva a la mejora de la productividad, pero a menudo se olvida que las ganancias de productividad no se limitan al sector económico. El desarrollo de las infraestructuras exige la movilización de un cúmulo considerable de conocimientos científicos, y su instalación y mantenimiento a nivel local pueden generar nuevos conocimientos. En otras palabras, al basarse en tecnologías más o menos perfeccionadas, las infraestructuras son un vector importante de innovación y desarrollo del conocimiento.

Ahora bien, en muchos países en desarrollo no se considera que las infraestructuras formen parte de un proceso de aprendizaje. Las políticas en materia de infraestructuras se conciben sobre todo como políticas industriales. Por regla general, los encargados de la adopción de decisiones efectúan distingos considerables entre políticas industriales o agrícolas, políticas de investigación y políticas de educación. Sin embargo, la articulación de estos tres tipos de políticas podría permitir que se sentaran las bases para la realización de actividades de investigación y desarrollo a largo plazo. Aunque los protagonistas de un sistema de investigación e innovación deben gozar de toda la autonomía necesaria, son los gobiernos los que deben

crear un contexto favorable en este ámbito. Desde este punto de vista, reviste gran importancia adoptar medidas que inciten al sector privado a invertir en I-D y alienten a la comunidad científica a orientar una parte de su labor hacia la innovación y el mercado. Además, es esencial que las normas y reglas establecidas puedan someterse a una evaluación fiable e independiente que se ajuste al máximo a los criterios internacionales, de manera que se sague provecho de las experiencias de otros países y se faciliten una supervisión y un control transparentes, e incluso una reorientación de los proyectos. Los países africanos asociados en el marco de la NEPAD han expresado su voluntad de explicitar más sus políticas científicas, sometiéndolas al Mecanismo Africano de Evaluación entre Pares (MAEP) para que culminen en estrategias eficaces a largo plazo.

En materia de financiación, los incentivos fiscales son el primer instrumento de que disponen los Estados. Esos incentivos tienen que ser visibles y han de adaptarse a la índole y el volumen de la empresa: una empresa joven dedicada a las nuevas tecnologías no tiene las mismas necesidades que una empresa bien asentada. También se puede estimular la innovación otorgando subvenciones a los centros de investigación públicos o privados, o concediendo créditos adaptados al riesgo que supone la inversión en investigación (préstamos a largo plazo, condiciones supeditadas al éxito del proyecto, etc.). En efecto, la innovación es una actividad que entraña una gran parte de incertidumbre. De ahí que las inversiones en innovación sean arriesgadas, tanto más cuanto que la financiación de jóvenes empresas con un componente tecnológico importante exige capitales más cuantiosos que la financiación de las PYME tradicionales. La función del Estado puede consistir entonces en invertir en fondos privados de capital riesgo, que a su vez se encargarán de invertir en empresas tecnológicas.

Los éxitos obtenidos por los nuevos países industrializados, especialmente los asiáticos, demuestran que las políticas científicas y tecnológicas ocupan un lugar central en las estrategias de desarrollo económico e industrial. Los organismos internacionales, en especial los bancos de desarrollo, pueden desempeñar un papel importante en la elaboración y

financiación de estrategias de innovación en los países en desarrollo. A este respecto, la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (Ginebra, 10-12 de diciembre de 2003) formuló las siguientes propuestas precisas en el Plan de Acción que adoptó: "Se debería alentar a la adopción de una serie de medidas conexas que incluyan, entre otras cosas, programas de incubadoras, inversiones de capital riesgo (nacionales e internacionales), fondos de inversión gubernamental (incluidos la microfinanciación para pequeñas, medianas y microempresas), estrategias de promoción de inversiones, actividades de apovo a la exportación de software (asesoría comercial), respaldo de redes de investigación y desarrollo y parques de software." Es importante destacar que las agencias de medios o las incubadoras tecnológicas son instrumentos sumamente interesantes porque sus estructuras permiten a los científicos, industriales, políticos y representantes de la sociedad civil trabajar conjuntamente.

No obstante, la financiación es sólo un medio. La creación de capacidades es determinante para integrar la ciencia en una política coherente de desarrollo científico y económico, propiciar la mejora de las tecnologías existentes y fomentar la asimilación de las nuevas tecnologías y tecnologías extranjeras. Además, la instauración de un entorno jurídico propicio exige la aplicación de políticas de propiedad intelectual favorables a los inversionistas extranjeros (incentivos para el establecimiento de asociaciones entre industrias locales y empresas extranjeras con un componente tecnológico importante, creación de zonas francas, etc.). Estas políticas pueden fomentar también la aparición de una innovación endógena, lo cual supone la instauración de estructuras de asesoramiento jurídico financieramente asequibles, o incluso gratuitas, para las empresas jóvenes. La creación de capacidades corre parejas con el desarrollo institucional. En efecto, la ingeniería inversa, que ha sido objeto de una auténtica estrategia de desarrollo científico y tecnológico en países como la República de Corea o Malasia, exige infraestructuras e instituciones adecuadas, así como una buena información de todos los protagonistas.

La adopción de un sistema de propiedad intelectual conforme a las normas de la economía abierta puede propiciar un aumento de las inver-

siones extranjeras directas, ya que ofrece garantías a las empresas extranjeras. Sin embargo, para que hava intercambio de conocimientos no basta con autorizar la instalación de empresas extranjeras. En efecto, éstas son propensas a realizar sus actividades de investigación en sus países de origen, o en relación con instituciones ubicadas en países de gran capacidad científica. Además, la utilización cada vez mayor de patentes para la comercialización de productos o servicios tiende a limitar el acceso de los competidores potenciales a los mercados. Las empresas pueden así transferir los resultados de la innovación, sin que por ello transfieran la capacidad para innovar. Por lo tanto, es necesario que los acuerdos de propiedad intelectual garanticen una rentabilidad de la inversión científica y tecnológica. También conviene estar atento al tipo de personal local que se va a emplear. Contentarse con suministrar una mano de obra poco calificada es un cálculo a corto plazo, que expone al país al riesgo de una deslocalización ulterior hacia regiones en las que la mano de obra calificada es aún más barata.

En muchos países en desarrollo, la mavoría de las universidades y empresas del sector privado no cuentan con asesores iurídicos competentes que conozcan la problemática de los derechos de propiedad intelectual o la protección de las invenciones. Esta circunstancia no es nada favorable para la innovación. Las incubadoras de empresas constituyen una de las respuestas a este problema. Este tipo de interfaz es indispensable para que las empresas jóvenes creadas en un marco académico puedan participar plenamente en el mercado tecnológico. La incubadora no sólo puede ayudar a la nueva empresa a beneficiarse de ventajas en el plano financiero e inmobiliario, sino que además puede suministrarle el asesoramiento jurídico que tan a menudo necesitan los investigadores e ingenieros. La actividad aubernamental consistente en informar v asesorar jurídicamente a las empresas y los protagonistas del sistema de innovación es tanto más decisiva cuanto que los sistemas de propiedad intelectual, a veces muy técnicos, experimentan desde hace algunos años modificaciones considerables y continuas.

La cuestión del asesoramiento jurídico sólo es un aspecto de otra más general: el acceso a la información. Un sistema de investigación e innovación, independientemente de su envergadura, necesita informaciones periódicamente actualizadas sobre su entorno socioeconómico e internacional, así como sobre las tendencias recientes y previsibles. Esto supone que se pueda disponer con facilidad de datos, estudios estadísticos, análisis prospectivos e informaciones sobre las prácticas más idóneas o los escollos que se han de evitar. El acceso a toda esa gama de información es muy importante, porque sólo así es posible controlar y supervisar eficazmente las políticas aplicadas. Estos datos pueden difundirse después por múltiples medios: sitios Internet, seminarios, conferencias, talleres, etc. Para reducir la brecha científica es necesario, por consiguiente, instalar estructuras de interfaz y de red a fin de que las empresas se familiaricen con la lógica de la ciencia, y también para que las instituciones dedicadas a la investigación integren en su funcionamiento la lógica del mercado y de la innovación tecnológica.

Por último, la tarea de informar a los protagonistas del sistema exige también que los gobernantes dispongan –sobre todo en los niveles de decisión más elevados – de conocimientos científicos y tecnológicos fiables y adecuados. La mayoría de los países posee academias de ciencias, pero éstas siguen funcionando según las formas clásicas de intercambios científicos a nivel nacional e internacional. Por otra parte, su misión primordial no consiste en difundir información estratégica, y además estas instituciones suelen estar bastante alejadas de los círculos de decisión. En cambio, los gobernantes deben tomar las disposiciones necesarias para obtener un acceso fácil y rápido a las informaciones más estratégicas gracias a una red de agencias, asesorías autónomas o células integradas en los ministerios y órganos estatales. Por último, es importante poder emitir con toda independencia los dictámenes destinados a los responsables, tal como se destaca en el Marco General de Acción adoptado por la Conferencia Mundial sobre la Ciencia celebrada en Budapest en 1999.<sup>10</sup>

También incumbe a los gobernantes velar por la complementariedad de las políticas científicas y las políticas industriales, así como por una mejor armonización de las actividades del sector público y el privado, de la investigación fundamental y la innovación tecnológica, y de las estrategias nacionales, regionales e internacionales. La articulación de todos estos aspectos condiciona, en efecto, la posibilidad de desarrollo de las sociedades del conocimiento. No obstante, en este ámbito no hay recetas exclusivas, ya que cada país debe adaptar sus estrategias a su contexto, nacional, regional e internacional. Esto significa que los países del Sur deben evaluar los ejemplos y modelos logrados -independientemente de que procedan de países del Norte o de otros países en desarrollo- en función de sus posibilidades de aplicación a nivel local, y no de los éxitos que esos modelos hayan cosechado anteriormente. La comunidad internacional debe recordar a los gobiernos que no puede haber desarrollo auténtico y viable sin una política coherente y continua de investigación y desarrollo. Sin embargo, esto no debe inducirla a imponer un programa determinado a los países interesados. A la inversa, el imperativo de la adaptación local no debe servir de pretexto para legitimar formas de autarquía, sobre todo cuando se trata de averiguar cuáles son las necesidades locales en materia de investigación e innovación, consultando a empresarios, científicos y organizaciones no gubernamentales que movilizan a la sociedad civil.

#### Movilidad científica y fuga de cerebros

La atención prestada a las necesidades locales es fundamental. En efecto, la brecha científica se debe ante todo a las condiciones en que se producen, reciben o divulgan los conocimientos científicos. El obstáculo con que tropiezan muchos investigadores de los países en desarrollo obedece a que les resulta difícil abrirse paso en la escena científica internacional por falta de medios, aun cuando realicen una labor científica de calidad. La dificultad para producir trabajos científicos de nivel internacional en los países en desarrollo explica, en parte, las proporciones que ha cobrado la fuga de cerebros desde el Sur hacia los laboratorios y universidades del Norte. Antes de analizar las repercusiones negativas de esta fuga de cerebros en las capacidades de los países en desarrollo, es menester recordar que este fenómeno sólo es un aspecto de otro más general: la movilidad de la comunidad científica.

Salvo en periodos de excepción –querras, por ejemplo-, la movilidad internacional de los estudiantes, investigadores o profesores ha sido siempre un fenómeno normal y permanente. Al igual que los sabios de la Antigüedad o de la Edad Media, los investigadores y estudiantes se desplazan constantemente en función de sus intereses científicos o económicos. Esta movilidad sique siendo el mejor medio de transmitir de un lugar a otro las formas tácitas de conocimiento que no se comunican por medios codificados como son los manuales o los artículos. Es importante que los científicos puedan aprovechar la movilidad internacional. una libertad garantizada que se está ampliando gracias a las facilidades de desplazamiento ofrecidas por la mundialización. A este respecto, cabe señalar que la UNESCO y algunas organizaciones internacionales no gubernamentales como el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU) desempeñaron cabalmente su cometido cuando, en tiempos de la Guerra Fría, avudaban a los científicos a franquear las fronteras, muy poco permeables por aquel entonces. La fuga de cerebros se puede considerar, por lo tanto, como una evolución anormal del fenómeno inevitable e indispensable de la movilidad científica. La movilidad de los talentos empieza a ser problemática cuando concentran excesivamente los recursos científicos en determinadas zonas en detrimento de otras, y cuando conduce a acentuar las brechas ya existentes, o incluso a crear otras nuevas.

Los "desplazamientos de cerebros" hacia los países ricos –y entre ellos– son mucho más intensos que los de los países ricos hacia los países en desarrollo. Los movimientos Sur-Norte atañen sobre todo a estudiantes e investigadores en ciencias y tecnologías, 11 mientras que los que se desplazan hacia los países del Sur son esencialmente especialistas en ciencias humanas. El fenómeno actual de la fuga de cerebros nació en los países industrializados. En efecto, entre 1949 y 1965, unos 97.000 científicos emigraron a los Estados Unidos desde el Reino Unido, Alemania y Canadá. 12 Pero, a partir del decenio de 1960, ese movimiento se fue extendiendo a los países en desarrollo, desertados masivamente por las elites científicas debido al deterioro de las condiciones de vida, la inestabilidad política y social y las deficiencias persistentes de las estructuras de investigación y enseñanza. El fenómeno de la fuga de cerebros se amplificó luego en el decenio de 1990 con el auge de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, cuyo resultado fue un incremento de la demanda de personal competente, tanto en el ámbito de la investigación como en el de la docencia.

La fuga de cerebros presenta diversas facetas. En primer lugar, es un problema que afecta a la educación, y más concretamente a la enseñanza superior. Los mejores estudiantes consiguen cursar estudios en el extranjero. El riesgo de la fuga de cerebros surge a partir del momento en que el país de procedencia de esos estudiantes no consigue sacar provecho de la externalización de la formación de sus ciudadanos. Eso puede frenar considerablemente el nivel global de calificación en el país, ya que los índices de emigración tienden a aumentar en función del nivel de educación de las personas. 13 La movilidad de los estudiantes es particularmente acusada entre los países en desarrollo y los países industrializados. Por ejemplo, en 2002 había más de 600.000 estudiantes extranjeros en los Estados Unidos, lo cual significa que este país sigue manteniendo su posición de primer destino mundial de todos los estudiantes del mundo que cursan estudios en el extranjero. 14

Los Estados Unidos siguen siendo también el principal punto de destino de una segunda corriente migratoria: la de los investigadores ya formados. Esta movilidad no plantea demasiados problemas, si éstos regresan a sus respectivos países. La fuga de cerebros propiamente dicha se produce cuando se instalan de manera permanente en el extranjero. Esto supone un grave empobrecimiento para los países de los que son oriundos, que han sufragado su formación para exportarlos después sin contrapartida. El Presidente de Senegal, Abdulaye Wade, saca una conclusión clara de los efectos de este fenómeno: "El desvío de talentos no solamente tiene un costo financiero, sino que crea además un vacío en el plano de la utilización de los recursos humanos de los países en vías de desarrollo, especialmente en África". <sup>15</sup> En efecto, cabe preguntarse si es normal que los países pobres financien sin contrapartida alguna la educación secundaria, e incluso universitaria, de investigadores competentes,

cuyo futuro trabajo beneficiará exclusivamente a los laboratorios de los países ricos. Este fenómeno se explica en parte al examinar el costo anual de un investigador. 16 En el año 2000 los países en desarrollo gastaban por término medio 98.000 dólares por investigador, mientras que esa inversión ascendía a 191.000 dólares en los países industrializados. Estados Unidos es el país que más invierte en la investigación, con un promedio de 238.000 por investigador.<sup>17</sup> Esta estrategia les permite atraer a los mejores talentos del planeta, ofreciéndoles no sólo remuneraciones muy altas, sino también medios v condiciones de trabaio excelentes. La consecuencia de esto es la concentración cada vez mayor de la investigación de excelencia en su territorio, un fenómeno que amplifica el hecho de que las empresas tienden a instalar sus laboratorios de investigación más avanzados cerca de las industrias de vanguardia. En los últimos decenios del siglo XX, la segunda ola de la fuga de cerebros siguió una trayectoria Sur-Norte que persiste actualmente. No obstante, se ha empezado a observar una tercera ola Norte-Norte, ya que un número importante de investigadores europeos se está instalando en los Estados Unidos desde hace algunos años (unos 400.000 en 2004).<sup>18</sup> Al parecer este movimiento se está intensificando como consecuencia de la mundialización y de las dificultades de empleo con que tropiezan los investigadores en algunos países del Viejo Continente.

Desde que se diagnosticó el carácter negativo de la fuga de cerebros, la solución propuesta con mayor frecuencia desde hace mucho tiempo es la consistente en alentar a los expatriados a volver a su país, o en desanimarles a que se trasladen a los países ricos. Estas soluciones están condenadas al fracaso porque tratan de remediar el síntoma -esto es, la pérdida de competencias- sin abordar las causas de la fuga. Además, la adopción de medidas puramente coercitivas conduciría a frenar la movilidad de los científicos en general. El auge de las sociedades del conocimiento permite esperar que se dé con una solución duradera, sobre todo mediante la creación de redes. Hoy en día, es más fácil explotar in situ el brain power mediante la creación de redes de expatriados. En este caso, no se trata tanto de fomentar el desplazamiento físico del personal calificado como de

impulsar la circulación del "capital cognitivo", mediante la participación de los universitarios e investigadores expatriados en el desarrollo socioeconómico de sus naciones respectivas. Además de la prestación de servicios a distancia, se han adoptado otras iniciativas para crear redes de cooperación o apoyar las redes de conocimientos ya establecidas entre los expatriados y sus respectivos países. El Programa de Transferencia de Conocimientos por intermedio de Profesionales Expatriados (TOKTEN), iniciado por el PNUD, ayuda a los expatriados a mantener vínculos con sus países de procedencia mediante la organización de periodos de estancia en éstos, mientras que otras iniciativas, como el Reverse Brain Drain Project de Tailandia, tienen por objeto promover la participación de los profesionales expatriados en proyectos nacionales. También pueden constituir sólidas bases de cooperación nacional algunas redes creadas espontáneamente por los talentos expatriados, por ejemplo la Arab Scientists and Technologists Abroad (ASTA) o la Asociación Latinoamericana de Sociología (ALAS). La función de las nuevas tecnologías puede ser fundamental en la creación de redes de este tipo ya que permiten transmitir a distancia muchos más conocimientos tácitos que las demás formas codificadas del conocimiento. Las redes de cooperación internacional, al disociar la movilidad de los individuos de la de los conocimientos, pueden aportar una respuesta parcial, pero duradera, al problema de la fuga de cerebros

#### El "colaboratorio"

El desarrollo de esas redes forma parte de un movimiento más vasto, que modifica incluso la forma de producción de los conocimientos científicos y tecnológicos. El efecto creado por las redes electrónicas en las redes científicas tradicionales ha provocado una transformación considerable del laboratorio, centro por excelencia de la investigación científica. Esta importante mutación está destinada a cobrar un mayor auge en el futuro. La capacidad para formar redes o centros de investigación colectivos –agrupando a diversos asociados que trabajan en sitios a veces muy distantes– constituye un medio para crear una nueva dinámica en un sistema de investigación. Los protagonistas de la investigación están llamados

cada vez más a menudo a trabajar en redes con equipos de diferentes instituciones, en el marco de proyectos o programas comunes que suelen agrupar a universitarios e industriales. Esta coordinación entre múltiples equipos dispersos en el espacio se designa hoy con el nombre de "colaboratorio".

Un "colaboratorio" es un centro de investigación o un laboratorio "distribuido". 19 Al explotar las tecnologías de la información y la comunicación, esta estructura permite que científicos a los que separan grandes distancias trabajen juntos en un mismo proyecto. Compuesto por los términos "colaboración" y "laboratorio", este vocablo designa el conjunto de técnicas, instrumentos y equipamientos que permiten a científicos e ingenieros trabajar con centros y colegas situados a distancias que anteriormente dificultaban las actividades conjuntas. Se trata de una auténtica revolución en la concepción misma del trabajo científico. Hoy en día, se puede crear un programa de investigación sin que las distancias supongan un obstáculo y basándose en los puntos fuertes de los que participan en él. Esta forma de organización permite logros espectaculares, por ejemplo en el ámbito de la salud una de las primeras realizaciones importantes de un "colaboratorio" ha sido el Provecto del Genoma Humano (véase recuadro 6.1).<sup>20</sup> El "colaboratorio" está destinado sin duda a imponerse en todos aquellos proyectos muy complejos que exigen una cooperación a escala planetaria. Un ejemplo notable de esto es la colaboración entre Europa, los Estados Unidos, Japón, Rusia y China en el proyecto de Reactor Termonuclear Experimental Internacional (ITER). Asimismo, un proyecto como el del genoma humano es demasiado complejo para que un solo laboratorio pueda encargarse de su realización en un tiempo razonable. La colaboración internacional permite, por consiguiente, acelerar investigaciones, que si se efectuasen de forma dispersa harían perder un tiempo inestimable a la comunidad científica, y evitar además las duplicaciones de tareas que suelen producirse cuando varios equipos trabajan en un mismo proyecto.

El "colaboratorio" influirá probablemente en la organización de las disciplinas científicas, ya que está estrechamente ligado al desarrollo de la interdisciplinariedad. A este respecto, cabe decir una vez más que es difícil plantearse la producción de saber científico sin compartir conocimientos y competencias de distintos orígenes. Muchos adelantos científicos se han logrado en la intersección de distintas disciplinas. La historia de la biología molecular pone de manifiesto cuán fecunda es la cooperación entre biólogos y físicos (en particular los especialistas en cristalografía). También demuestra hasta qué punto ha sido fundamental la aportación de los especialistas en teoría de la información para el desciframiento del código genético en los años sesenta. Es evidente que en muchas de las grandes empresas de investigación del futuro será necesario llevar a cabo proyectos interdisciplinarios.

#### Recuadro 6.1 Enseñanzas del Proyecto del Genoma Humano para el "colaboratorio"

La cooperación científica internacional debería guiarse en adelante por los cuatro principios fundamentales siguientes:

- 1. Las técnicas y los materiales deben estar normalizados al máximo para que los resultados se puedan comparar y reproducir con exactitud. Un "colaboratorio" es un sistema descentralizado que sólo puede funcionar si las instituciones que lo integran trabajan en armonía (noción de interoperabilidad).
- 2. Los trabajos de investigación deben ser complementarios. La división del trabajo entre los laboratorios permite evitar las duplicaciones de tareas,
- 3. Se debe recurrir a las tecnologías que permitan trabajar con mayor eficacia y rapidez.
- 4. Para que un programa de investigación sirva al bien común, se ha de llegar a un equilibrio entre la difusión, validación y revisión de los datos, y la determinación y protección de la propiedad intelectual.

Estos cuatro principios se han extraído del artículo "Stem cell research must go global" de Roger Pedersen, que se publicó en el *Financial Times* del 16 de marzo de 2003. En un contexto en que la investigación está cada vez más estrechamente vinculada a las inversiones económicas, es significativo que en una publicación de índole financiera se presenten principios de colaboración científica.

Esos proyectos son a la vez, y de manera inseparable, políticos y científicos, ya sea que se refieran al cambio climático, la ciudad del futuro, la conservación de suelos, la gestión del agua, la protección de los sistemas costeros, los sistemas de alerta temprana contra las catástrofes o epidemias, o las prácticas más idóneas en materia de desarrollo sostenible.

El desafío que se ha de afrontar consiste, en gran parte, en movilizar a las instituciones de investigación nacionales e internacionales al servicio de la interdisciplinariedad. Las ventajas tecnológicas del sistema de "colaboratorio" no pueden reemplazar las decisiones de índole política. Es necesario reconocer que muy a menudo los obstáculos con los que tropieza la realización de algunos proyectos interdisciplinarios no son de índole técnica, sino más bien institucional. El conservadurismo de los "reductos" disciplinarios y de los sistemas de evaluación de los programas y los investigadores suelen representar una traba para la interdisciplinariedad.<sup>21</sup> Probablemente será necesario llevar a cabo una labor de formación entre los investigadores para destacar la importancia de los enfoques interdisciplinarios en algunos campos científicos nuevos, en los que es necesario impartir una enseñanza de alto nivel que agrupe diversas disciplinas. Entre esos nuevos ámbitos científicos figuran la bioinformática, las nanociencias, las investigaciones sobre la vida urbana, la genética de las poblaciones y la gestión sostenible de los recursos. Es necesario, por consiguiente, desarrollar una cultura de aprovechamiento compartido de los conocimientos científicos, si se quiere que los especialistas estén en condiciones de identificar objetos de investigación transversales y crear redes de conocimientos innovadoras en torno a dichos obietos.

Si se explota convenientemente, el potencial del sistema de "colaboratorio" impulsará los intercambios científicos –dificultosos y limitados hasta la fecha– entre los laboratorios del Norte y los del Sur. El "colaboratorio" puede convertirse en un medio excepcional para superar los obstáculos tradicionales porque está arraigado en el centro mismo de la comunidad científica, y además todos los copartícipes pueden sacar provecho de él. Con este sistema, la propia noción de transferencia y aprovechamiento

compartido de los conocimientos se renueva profundamente por la posibilidad de establecer sinergias positivas. La asociación entre los Estados Unidos y Viet Nam en materia de nanotecnologías es un preludio prometedor de interacción científica. En el marco de este proyecto, la financiación de la investigación y la formación en nanotecnologías en Viet Nam tiene por objetivo formar a largo plazo dos millones de trabajadores especializados, que se sumarán a la mano de obra que la industria emergente de las nanotecnologías va a necesitar a nivel mundial. Otro ejemplo de cooperación internacional lo proporciona la NEPAD,<sup>22</sup> que ambiciona poner en la órbita científica al continente africano en algunos ámbitos como la salud, el desarrollo sostenible y la estabilidad política. Asimismo, cabe mencionar que a principios de 2004 se ha establecido, también en África, un consorcio internacional de investigación para secuenciar el genoma de la mosca glossina, que es portadora del parásito causante de la enfermedad del sueño. La salud es uno de los ámbitos en los que más urge reducir la brecha científica. En efecto, hoy en día el 90% de la investigación médica se centra en las preocupaciones y necesidades del 10% de la población mundial que vive en los países industrializados.<sup>23</sup>

El potencial de la investigación en "colaboratorio" ofrece perspectivas prometedoras en los ámbitos de la salud y el desarrollo sostenible, porque la colaboración científica representa una baza importante para realizar proyectos que permiten crear riqueza al tiempo que desarrollan las capacidades científicas (véase recuadro 6.2). Teniendo en cuenta la rápida evolución de las redes, cabe preguntarse si el "colaboratorio" virtual y desterritorializado se va a imponer como modelo de centro de producción y elaboración de la ciencia, e incluso de los conocimientos en general. No obstante, ello no debe hacernos olvidar que la investigación exige infraestructuras tecnológicas todavía inaccesibles para un gran número de países del mundo, a causa de su costo elevado. A este respecto, la recomendación formulada por la Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información (Ginebra, 2003) es muy clara: la comunidad internacional debe estimular y apoyar la financiación de aquellas infraestructuras sin las cuales los conceptos de sociedad de la

#### Recuadro 6.2 El "colaboratorio" y la UNESCO

Para concretar el proyecto de laboratorio virtual, la UNESCO pone a disposición de los investigadores de los países en desarrollo un instrumento que comprende una serie de instrucciones y programas informáticos de fuente libre (http://virtuallab.tu-freiberg.de/). El laboratorio virtual no está destinado a sustituir las estructuras tradicionales, sino más bien a prolongarlas y reinventarlas. El ejemplo de las redes de los Centros de Recursos Microbiológicos (MIRCEN), que son fruto de la colaboración internacional, ilustra perfectamente la necesidad de una convergencia entre los proyectos de cooperación y los instrumentos virtuales.

Los centros MIRCEN son universidades o institutos de investigación de los países industrializados y países en desarrollo que, en colaboración con los gobiernos y las Comisiones Nacionales para la UNESCO de los países interesados, han creado una red de cooperación científica internacional para poner la microbiología y las aplicaciones biotecnológicas al servicio de la humanidad. Desde 1975, en asociación con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se han creado 34 centros MIRCEN en el mundo entero. La red mundial de actividades de investigación y formación MIRCEN tiene por objeto proporcionar una infraestructura mundial en la que están integrados laboratorios que cooperan a nivel nacional, regional e internacional en la gestión, distribución y utilización de los recursos genéticos microbianos comunes. Asimismo, la red tiene por objeto utilizar los recursos genéticos de los rizomas en los países agrícolas en desarrollo, propiciar el desarrollo de las nuevas tecnologías poco onerosas que se utilizan en regiones específicas, promover las aplicaciones económicas y ecológicas de la microbiología, y contribuir a la formación de mano de obra especializada.

En previsión de las futuras necesidades del desarrollo en el ámbito de la colaboración científica internacional, la UNESCO acaba de iniciar el Programa Internacional de Ciencias Fundamentales (PICF). El objetivo primordial de este programa es crear capacidades nacionales en lo que respecta a la investigación fundamental, la formación y la enseñanza científica. El programa se centrará sobre todo en la transferencia y aprovechamiento compartido de información científica y conocimientos científicos de excelencia mediante la cooperación Norte-Sur y Sur-Sur.

Fuente: http://www.unesco.org/science/

información y de sociedades del conocimiento corren el riesgo de carecer de sentido.

No obstante, esa estrategia no puede tratar de resolver por sí sola todos los problemas creados por la brecha cognitiva y la brecha digital. Si bien puede dar una mayor visibilidad a los investigadores de los países en desarrollo, consolidando así la "ciencia oriunda del Sur", la colaboración científica internacional -aun cuando revista la forma del "colaboratorio" - no generará forzosamente una "ciencia del Sur". La pertenencia a un equipo internacional no garantiza que se produzca –inclusive a largo plazo– una mejora de las condiciones de producción del conocimiento en los países en desarrollo. Las instituciones científicas de los países del Norte estiman que la colaboración podría limitarse a campañas de contratación internacional. Además, hay que destacar que la colaboración académica no garantiza que los éxitos científicos internacionales –visibles gracias a las publicaciones o la obtención de recompensas prestigiosas- desemboquen en aplicaciones de tipo industrial en el plano local. En el peor de los casos, las estrategias de

colaboración pueden resultar contraproducentes en la elección de los temas de investigación. En efecto, como los medios financieros y el prestigio científico suelen ir unidos a los intereses de los científicos de los países del Norte, se corre el peligro de que los investigadores de los países del Sur descuiden temas importantes de investigación para sus propios países. La existencia de enfermedades y plantas "huérfanas" no se debe exclusivamente a la pobreza de los países en desarrollo ni a la indiferencia de los laboratorios farmacéuticos y agronómicos de los países del Norte, sino a un desinterés relativo de los investigadores de los países interesados. Las personas que contribuyen a la adopción de decisiones en el ámbito científico y tecnológico deben ante todo centrarse en la capacidad para generar conocimientos científicos y tecnológicos endógenos. Los medios ofrecidos por la revolución de las redes electrónicas o el laboratorio virtual ofrecen muy buenas posibilidades tecnológicas, pero resultarán decepcionantes para muchos países si no los integran en políticas y estrategias de desarrollo científico y tecnológico a largo plazo.

## Las nuevas fronteras de la ciencia

#### Fronteras de la información

Aunque sea imposible prever con exactitud lo que será la ciencia en el futuro, las orientaciones actuales de la investigación abren ya algunas pistas prospectivas que permiten imaginar el día de mañana, al menos en parte. De todas formas, se impone la cautela. En efecto, aunque a veces se puedan prever algunas tendencias tecnológicas importantes, es mucho más difícil vaticinar el uso que los individuos harán de esos instrumentos y el impacto que ese uso tendrá en la dinámica de la ciencia y la tecnología. Las pistas expuestas aquí –fruto del acopio de información y de la intuición- dan prioridad a algunas disciplinas (informática, biología y nanotecnologías) que están progresando gracias a una considerable integración transdisciplinaria, lo cual constituye uno de los rasgos característicos de las sociedades del conocimiento.

Como las tecnologías de la información han desempeñado un papel decisivo en el desarrollo de las sociedades del conocimiento, se puede emitir la hipótesis de que su rico potencial innovador seguirá siendo una fuente de transformaciones importantes. Es bien sabido desde ahora que será necesario llevar mucho más lejos la investigación en informática, aunque sólo sea para abordar fenómenos tan importantes para la gobernanza mundial como el cambio climático o la evolución de los mercados financieros. Estos objetos, denominados "sistemas adaptativos complejos", exigen inmensas capacidades de cálculo porque comprenden una multiplicidad de variables que es necesario estudiar globalmente. ¿Cómo serán las calculadoras del mañana? Si la "ley de Moore" formulada en 1965 sigue verificándose, es muy probable que la potencia de las máquinas irá en aumento y su tamaño en disminución. Sin embargo, esta dirección del desarrollo informático no es probablemente la única que cabe contemplar, ni tampoco la más eficaz o sostenible desde el punto de vista económico, ya que es costosa y obliga a una renovación constante del parque informático.

Estos límites económicos se acentúan con la necesidad –desde un punto de vista prospectivo– de preparar cuanto antes la lucha contra la "e-contaminación". Generada por el material electrónico –desde la pantalla de televisión hasta el teléfono móvil–, este tipo de contaminación debe tomarse muy en serio. El costo ecológico de un ordenador guarda relación en primer lugar con su construcción, que exige diez veces su peso en combustible, mientras que la fabricación de un coche sólo requiere dos veces su peso.<sup>24</sup> Se estima que entre 2000 y 2007 en los vertederos públicos de los Estados Unidos habrá que recuperar unos 500 millones de ordenadores "obsoletos", 25 que no son nada fáciles de reciclar. Estas cifras, ya de por sí alarmantes, lo son todavía más si se tiene en cuenta la previsible extensión de la infraestructura electrónica a la mayor parte del planeta. ¿Las sociedades del conocimiento van a verse confrontadas a nuevas y difíciles opciones entre desarrollo y protección del medio ambiente?

No tiene por qué ser así forzosamente. En efecto, algunas innovaciones permiten prever soluciones a este dilema. Por ejemplo, una de las modalidades más recientes para mejorar sensiblemente la velocidad de cálculo consiste en crear "granjas de cálculo". La "granja de cálculo" o "tecnología de retícula" (grid computing) consiste en repartir una tarea informática entre varios ordenadores individuales organizados o no en una red a distancia. La red *grid.org*<sup>26</sup> centraliza la potencia de 2,5 millones de máquinas, con lo que se aceleran considerablemente los cálculos necesarios para la investigación sobre el cáncer, por ejemplo, sin necesidad de comprar calculadoras onerosas. La "granja de cálculo" es una innovación que podría tener consecuencias importantes porque permite recuperar la potencia no utilizada por todo ordenador conectado con Internet (el usuario medio utiliza solamente el 10% de las capacidades de su máquina) para incrementar la eficacia de la investigación científica. Se puede intuir hasta qué punto esas estructuras de distribución de tareas podrían contribuir a reducir la brecha científica y limitar al mismo tiempo los excesos de la "e-contaminación". La creación de una estructura pública de este tipo permitiría, por ejemplo, otorgar tiempos de cálculo a laboratorios situados en países

en desarrollo que no disponen de medios financieros para comprar supercalculadoras. La "granja de cálculo" está llamada a desempeñar un papel fundamental en la construcción de las sociedades del saber:<sup>27</sup> en el plano técnico, ofrece la posibilidad de disponer de una mayor potencia de cálculo; en el plano de la comunicación, permite optimizar las redes ya existentes; y en el plano científico, puede contribuir a la expansión de los "colaboratorios".

#### Bioordenador y nanotecnologías

La tecnología digital se desarrolla también a nivel microscópico. Los proyectos más ambiciosos apuntan a la producción de bioordenadores. Muchos especialistas en genética han formulado la hipótesis de que, en última instancia, esta disciplina sería como una ciencia de tratamiento de la información por parte de lo viviente, lo cual permitiría tratar el ADN como un ordenador. Un bioordenador "de ADN" podría tratar en un plazo de tiempo muy corto problemas de gran complejidad, empezando por los relacionados con el desarrollo de las biotecnologías. En esta nueva etapa de las biotecnologías, los investigadores tratan de añadir nuevas letras al alfabeto de la vida, injertando por ejemplo elementos "no naturales" en los procesos existentes. Se trata, en cierto modo, de ir más allá de la modificación de los organismos existentes para producir microorganismos completamente nuevos que permitirían, por ejemplo, afrontar algunos de los desafíos ambientales. Esos microorganismos podrían propiciar la elaboración de nuevas fuentes de energía (producción de hidrógeno y conversión de la biomasa), contribuir a la sustitución de las energías fósiles por las no fósiles, mejorar la calidad del aire (reduciendo en especial las emanaciones de dióxido de carbono) y facilitar el tratamiento de los desechos. Estas investigaciones auguran una transformación en el modo de concebir la vida, porque culminan en la posibilidad de editar nuevos programas genéticos. Por ahora, sólo se trata de proyectos, probablemente utópicos, pero el potencial positivo y negativo que encierran deberían ser objeto de debates científicos, éticos y políticos antes de que lleguen a concretarse. Es de esperar que los trabajos de investigación sepan aprovechar las dificultades con las que se tropezó durante el debate sobre los OGM, que han sido un simple preludio a las transformaciones "tecnosociales" inducidas por el dominio de lo viviente.

El dominio de lo "infinitamente pequeño" se plasma también en el desarrollo de las nanotecnologías, surgidas gracias a la invención del microscopio de efecto túnel que permite "ver" el átomo. En este ámbito, lo que se ambiciona es producir máquinas microscópicas que sean sistemas adaptativos. Las nanotecnologías revisten un interés especial para las ciencias médicas. El trabajo a escala molecular es precursor de los métodos terapéuticos "no invasivos", que permiten efectuar operaciones quirúrgicas sin intrusiones importantes, llegando allí donde el escalpelo del cirujano apenas consigue penetrar y procediendo con una exactitud mayor que la mano humana más precisa. Las investigaciones sobre las nanotecnologías conducirán a lo que podríamos llamar una nanomedicina. Además de los progresos de la nanocirugía, se pueden mencionar las investigaciones encaminadas a crear laboratorios de análisis médicos de escala molecular, que pueden suministrar diagnósticos en tiempo real.

Aunque la tecnología todavía dista mucho de poder construir nanomáguinas, la comunidad científica trata de desarrollar una auténtica "infonanobiotecnología". Aquí se trata, entre otras cosas, de inspirarse en las células vivas para construir máguinas capaces de adaptarse dinámicamente a su entorno mediante su propia reprogramación. Esas máguinas introducirán cambios profundos en la medicina, la farmacología, el medio ambiente, la agricultura, la industria manufacturera y minera, los transportes, la energía, la información y la comunicación. En líneas generales, las tecnologías futuras van a conferir a la materia características que normalmente se atribuyen a los sistemas complejos, denominados a veces inteligentes. Sin embargo, la aplicación de las nanotecnologías sólo será beneficiosa si los investigadores, los industriales y los gobiernos acompañan los adelantos tecnológicos efectuando auténticos análisis prospectivos, con una conciencia aguda de los riesgos ambientales y sanitarios vinculados a tecnologías cuyos efectos distan mucho todavía de ser conocidos. En efecto, las nanomáguinas son sistemas adaptativos y se puede correr el riesgo de que sean diseminados de forma incontrolada o malintencionada en la naturaleza o en entornos humanos. Los escenarios catastrofistas de los especialistas en prospectiva más pesimistas prevén la posibilidad de que se produzca una "ecofagia global", en la que la biosfera quedaría total o parcialmente destruida por el agotamiento del carbono necesario para la autorreproducción de las nanomáquinas. No obstante, como ocurre en el campo de la genética -por ejemplo, con el problema de la clonación-, los riesgos más evidentes son los de tipo ético. En efecto, los nuevos poderes que nos confieren las ciencias y las tecnologías pueden conducirnos a concebir el conjunto de la naturaleza como un artefacto y a naturalizar, en cierto modo, las opciones humanas insertándolas en la materia. La perspectiva que ofrecen todas estas evoluciones obliga a plantearse en términos radicalmente nuevos la cuestión del lugar que ocupa el ser humano en el universo.

#### La interfaz hombre-máguina

La interfaz hombre-máquina designa instrumentos materiales y programas informáticos que permiten a un individuo comunicar con un sistema informático. Las interfaces más corrientes son las pantallas. los teclados y los ratones de los ordenadores que utilizamos, así como los mandos a distancia de nuestros instrumentos multimedia. Esas interfaces están provocando una verdadera revolución en el ámbito de las discapacidades físicas. La ambición de corregir las discapacidades construyendo prótesis dotadas de elementos electrónicos –una posibilidad con la que sólo soñaba hasta hace poco la ciencia ficción- se basa en la posibilidad de vincular directamente -esto es, de "interfacear" – el sistema nervioso con autómatas. Esta fusión del cuerpo y del transistor es radical porque entraña la posibilidad de reducir las discapacidades motrices y sensoriales. Se trataría, en cierto modo, de "conectar" cámaras y micrófonos allí donde la vista y el oído no funcionan. Las investigaciones más espectaculares son probablemente las que tratan de implantar biomicroprocesadores en el cerebro para hacer que los tetraplégicos completamente paralizados puedan comunicar mediante ordenadores conectados con su sistema nervioso.

Ante un panorama de este tipo, se advierte que la complejidad de esas nuevas tecnologías no es únicamente una cuestión de viabilidad material. En efecto, la perspectiva de acercar más las máquinas a los hombres es probablemente uno de los futuros aspectos más importantes de la informática y la biología. Sin embargo, esta perspectiva suscita numerosos interrogantes, por ejemplo acerca del lugar cada vez mayor que ocupa la técnica no sólo en el entorno del ser humano, sino en su propio cuerpo. Los humanos tendrán que resolver nuevos enigmas v reexaminar los fundamentos de su identidad a un nivel que las culturas y las religiones no podían prever. ¿Desaparecerá la divisoria entre el hombre y la máquina cuando los implantes electrónicos en los órganos del cuerpo optimicen su funcionamiento? ¿Cómo efectuar entonces la distinción entre nuestro propio ser y nuestras creaciones? ;Seguirá perteneciéndonos nuestro cuerpo y nuestro pensamiento?

La única respuesta humana a estas cuestiones será la de adaptar las máquinas al ser humano, y no lo contrario.

## Investigación y desarrollo: los desafíos del futuro

#### Las publicaciones científicas

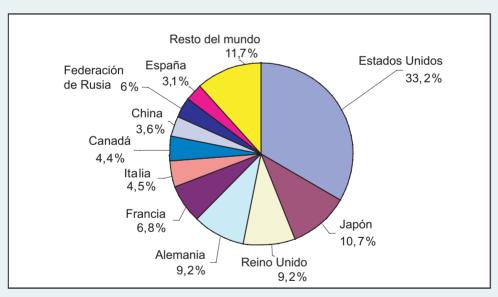
Las publicaciones científicas constituyen un elemento de suma importancia puesto que una característica intrínseca de la actividad de los investigadores es la comunicación. La publicación representa un momento clave en la producción de conocimientos científicos, porque oficializa y da a conocer públicamente los resultados de las investigaciones. Gracias a la publicación, el conocimiento informal confinado en un laboratorio es validado por otros miembros de la comunidad científica y penetra en el ámbito de la discusión pública para ser objeto de exámenes y discusiones. Al garantizar la transmisión y la acreditación de los resultados de la investigación, la publicación forma parte integrante del proceso de creación de los conocimientos.

Las nuevas tecnologías son un medio técnico indispensable para atenuar las dificultades de publica-

#### Recuadro 6.3 Publicaciones científicas incluidas en el Science Citation Index (SCI), 2000

Un examen de los indicadores relativos al número de publicaciones científicas incluidas en el Science Citation Index (SCI) muestra la existencia de dos polos principales: Europa (países de la UE, ex países candidatos al ingreso en la UE, Islandia, Noruega y Suiza) con un 38,6% y América del Norte (Estados Unidos y Canadá) con un 34,2 % (cabe notar que, según algunos expertos, la implantación en los Estados Unidos del SCI puede a veces dar mayor visibilidad al inglés, en detrimento de las demás lenguas). Casi las tres cuartas partes de las menciones incluidas en el Índice corresponden a Europa y los Estados Unidos. El peso de estas dos zonas del mundo refleja la parte del gasto en investigación. Los países del Asia industrial, especialmente Japón, representan el 11,7% del total de las publicaciones incluidas en el Índice y se sitúan, por consiguiente, muy por detrás de su gasto en I-D. Los laboratorios de estos países asiáticos se orientan principalmente hacia actividades de investigación tecnológica e industrial. Con respecto a los demás países o conjuntos regionales, se puede comprobar que la producción científica de China representa un 2,6% del Índice, mientras que la de América Latina y la India representan respectivamente 2,2 % y 1,9 %. Por lo que respecta a África, su presencia se eleva a un 1 %.

Es innegable que la geografía mundial de la ciencia y la tecnología ofrece un gran contraste y se ha modificado considerablemente en los años noventa. Entre 1995 y 1999, el peso relativo de América del Norte en el SCI disminuyó en un 10%, mientras que el de Europa aumentaba en un 5%, haciendo de este continente la primera región del mundo productora de publicaciones científicas incluidas en este Índice. La porción correspondiente al Asia industrial –comprendido Japón – aumentó en un 16% y representa hoy en día casi un tercio de la correspondiente a Europa o América del Norte. La porción correspondiente a China aumentó en un 65% en el periodo 1995-1999, pese a que se había quintuplicado entre 1985 y 1995, si bien es verdad que este país partía de una posición muy baja. La porción correspondiente a América Latina también ha experimentado un aumento importante (37%). En cambio, los países en transición, el África Subsahariana y la India han registrado disminuciones de 24%, 15% y 6%, respectivamente.



Fuente: Instituto de Estadística de la UNESCO para el INRS de Québec

ción o consulta de trabajos científicos en los países en desarrollo (véase recuadro 6.3). Como el conocimiento –y por lo tanto, la ciencia– se ha convertido en un elemento básico de la actividad económica, y como al mismo tiempo las nuevas tecnologías transforman los modos de comunicación –y por consiguiente, la publicación científica–, han surgido nuevas cuestiones. La "crisis de transición" hacia las sociedades

del conocimiento se traduce en especial por una tensión entre editores e investigadores. Por un lado, los investigadores, al tratar de conseguir un beneficio de impacto que no es directamente comercial, tienen interés en que sus publicaciones se divulguen ampliamente y que el acceso al conocimiento sea libre. Por otra parte, los editores, al percibir un ingreso directo con la venta de los artículos científicos, propenden a

limitar la difusión de la información científica a los que pueden pagarla. Como la función de los editores no es simplemente difundir las publicaciones, sino también garantizar su calidad organizando el juicio de los pares, se produce una tensión entre las dos exigencias esenciales de la ciencia: la publicidad de acceso y el control de la información.

Aun cuando la mayoría de las revistas científicas más importantes se publiquen en formato digital desde hace varios años, ello no significa que sean fácilmente accesibles para el público, sobre todo a causa de los costos de consulta. Las revistas se hallan disponibles principalmente en las bibliotecas públicas, universitarias o institucionales. Ahora bien, los precios de las suscripciones son tan elevados –sobre todo cuando éstas se acumulan- que hasta en los países industrializados muchas bibliotecas han tenido que renunciar a ofrecer a sus lectores un buen número de publicaciones. Aunque no se puede rechazar que los editores tengan estrategias comerciales eficaces, la índole de los bienes comercializados en este caso conduce a muchos investigadores y bibliotecarios a señalar una serie de problemas. En primer lugar, la gran mayoría de los artículos se entregan gratuitamente a las revistas y son objeto de un examen también gratuito por parte de los congéneres. Los editores comerciales, que controlan un 40% de las revistas existentes, pueden justificar a duras penas unas tarifas que las bibliotecas universitarias y las comunidades científicas consideran cada vez más inadaptadas a su misión de producir y transmitir los conocimientos. Además. el modo el funcionamiento de la edición, en virtud del cual se transfieren a las revistas los derechos correspondientes a los artículos publicados, suscita también el problema del acceso del público a los resultados de la investigación pública. En general, es legítimo inquietarse por el freno que podría suponer para la investigación el costo cada vez mayor de las publicaciones científicas.

Se han adoptado varias estrategias para responder a estos nuevos desafíos. Para poner un término a una situación que se considera contraproducente a largo plazo para la ciencia, un grupo de científicos en el que figuran varios premios Nóbel ha creado la Public Library of Science (PLoS).<sup>28</sup> En la

portada del sitio web de la PLoS se explica que su creación obedeció a una preocupación ética por la difusión de la información: "Internet y el sistema de publicación electrónica hacen posible la creación de bibliotecas científicas públicas que contengan los textos y datos íntegros de cualquier artículo publicado, a los que pueden tener acceso todos, por doquier y gratuitamente." El hecho de archivar los artículos en bases de datos abiertas podría facilitar la relación entre los resultados de disciplinas próximas y propiciar así la investigación interdisciplinaria, permitiendo a los investigadores un acceso más fácil a campos de investigación distintos del suyo. Otro ejemplo es el del Open Society Institute de Budapest, que tiene también por objeto lograr que se pueda acceder libremente a todos los artículos de investigación. Además, ofrece una guía a tal efecto que está destinada a las entidades sin fines lucrativos.<sup>29</sup> El sistema de publicación previa es otra modalidad para facilitar el acceso en línea a los artículos, evitando los retrasos inherentes a la impresión, que a veces son demasiado largos para los campos de investigación de vanguardia. Están empezando a proliferar sitios en los que se autoarchivan las publicaciones y se ponen a disposición de los investigadores que trabaian en un campo determinado.<sup>30</sup>

La existencia de revistas en línea no debe hacernos olvidar que quien dice revista, dice editor. Aunque una revista sea gratuita y accesible a todos, necesita un trabajo de edición. Además, el auge de las sociedades de conocimiento aumenta la oferta de publicaciones, y por eso es cada vez más necesario efectuar selecciones. Los editores pertenecientes al sector público o al privado proceden a esa selección estableciendo criterios más o menos estrictos de control de la "calidad científica". La necesidad de realizar una selección se ha puesto de manifiesto con la reciente decisión de algunas revistas -por ejemplo Nature o The Lancet – de establecer una cláusula declarativa, en virtud de la cual se invita a los autores de los artículos publicados a comunicar sus fuentes de financiación. Aunque esa cláusula todavía no es obligatoria, sí es sumamente reveladora de los cambios que se están produciendo. En efecto teniendo en cuenta el acercamiento entre el universo económico y el científico, es necesario garantizar que una investigación científica

#### Recuadro 6.4 La propiedad intelectual y la brecha científica

La patente establece el derecho de propiedad sobre una invención, en beneficio de su inventor, que obtiene así un derecho de explotación exclusivo, si bien puede, evidentemente, conceder a su vez una licencia. En 1999, los países europeos depositaban el 45,8% de sus patentes en el sistema europeo (esto es, con validez en el territorio del gran mercado europeo), mientras que América del Norte depositaba en este sistema un 33,6% y el Asia industrial un 16,3%. En el sistema estadounidense, América del Norte representaba el 51,4% de las patentes depositadas, el Asia industrial un 28% y Europa un 18,7%. Se puede observar que en ambos sistemas de patentes, los porcentajes mundiales correspondientes a las demás regiones geográficas son muy bajos (en el caso de América Latina, un 0,3% en el sistema estadounidense y un 0,2% en el sistema europeo). Las demás regiones geográficas del mundo en su conjunto apenas representan un 1,5% de las patentes depositadas a nivel mundial. Aun cuando durante el decenio de 1990 algunos países asiáticos como Singapur, la República de Corea y Malasia se convirtieron en exportadores de productos de alta tecnología, es forzoso constatar que la propiedad intelectual en el ámbito de las innovaciones científicas y tecnológicas sigue estando –en proporciones aplastantes– en manos de países que forman tres conjuntos regionales o subregionales donde sólo vive la cuarta parte de la población mundial.

Las cifras correspondientes a 1999 se han extraído del Informe OST 2002

se lleve a cabo con todo el rigor necesario y eliminar toda sospecha sobre posibles conflictos de interés. Al garantizar la calidad científica de las publicaciones, los editores son uno de los pilares esenciales en los que se basa la confianza en la propia institución científica.

El trabajo específico del editor -ya sea tradicional o electrónico, o favorable a un acceso gratuito o de pago- muestra que la gratuidad del acceso a las informaciones científicas no supone que la producción del conocimiento científico sea gratuita. En muchas revistas electrónicas, son los propios autores quienes sufragan los gastos de publicación de los artículos gracias a las subvenciones de investigación que perciben. Aun cuando sea digital, una publicación entraña costos de personal y material que se derivan del trabajo de lectura, edición y preparación de los textos, del mantenimiento del sitio Internet y del archivado a largo plazo. Un sistema exclusivamente basado en la gratuidad del acceso entrañaría por consiguiente el riesgo de que aumentaran las desigualdades entre instituciones –y regiones–, según que éstas tuviesen o no la posibilidad de ofrecer a sus investigadores condiciones óptimas de publicación. Si el sistema de "pago total" parece cada vez menos realista, el sistema de "gratuidad total" tampoco parece ser el más justo. A este respecto, las políticas económicas de los editores tradicionales pueden contribuir a crear un contexto más equitativo, adoptando estrategias de tarifación diferencial que permitan a las instituciones con menos medios financieros mantener las suscripciones a las

que hubieran tenido que renunciar por falta de fondos, o incluso efectuar otras nuevas.

Es muy probable que la publicación científica se dirija hacia la coexistencia de varios sistemas de explotación. Nuestra reflexión debe centrarse en la diversidad y la complementariedad de las funciones. La diversidad de la oferta, ya sea gratuita o de pago, facilitará una mayor circulación de los conocimientos en gestación, y por consiguiente una mayor producción de éstos. El artículo científico no está sometido a una norma única de publicación en la que el editor sería el propietario comercial, ya que se dan situaciones, normas y modalidades múltiples gracias a las cuales el conocimiento puede ser público. Aunque los investigadores den prioridad al acceso y los editores al control de éste, todos tienen interés en que la producción de publicaciones científicas sea rica y diversificada a la vez.

## ¿A quién pertenece el conocimiento científico?

Los cambios actuales obedecen en gran parte a la importancia que han cobrado los aspectos industriales y financieros en la producción de la ciencia y la tecnología. La cuestión de la apropiación del conocimiento –ya sea pública o privada– representa uno de los desafíos más importantes para las sociedades del saber (véase recuadro 6.4). Esto ya se vio anteriormente cuando nos referimos a los retos que deben afrontar los países en desarrollo. En efecto, la

propiedad intelectual desempeña cada vez un papel más importante en la programación de una gran parte de la investigación, así como en la utilización de los descubrimientos científicos y las invenciones tecnológicas. La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) señala que para llegar a la 250.000 solicitud de patente tuvo que transcurrir un lapso de dieciocho años (1978-1996), pero esa cifra se multiplicó por dos en los cuatro años siguientes (1996-2000).<sup>31</sup> Hoy en día, el verdadero problema es el de la interpenetración de la especulación científica y la búsqueda de beneficios, tanto en el sector privado como en el público.

El horizonte de las sociedades del conocimiento se esboza ya en el interés que suscitan los debates sobre la propiedad intelectual. Estas reflexiones, forzosamente prospectivas, prevén lo que será la gobernanza del conocimiento y, por ende, la de las sociedades transformadas por éste. La problemática de los debates sobre la propiedad intelectual es vasta y no resulta fácil armonizar las dos exigencias que figuran en el artículo 27 de la Declaración Universal de Derechos Humanos. En efecto, en su párrafo 1 se dispone que "toda persona tiene derecho a tomar parte libremente en la vida cultural de la comunidad, a gozar de las artes y a participar del progreso científico y en los beneficios que de él resulten", mientras que en su párrafo 2 se precisa que "toda persona tiene derecho a la protección de los intereses morales y materiales que le correspondan por razón de las producciones científicas, literarias o artísticas de que sea autora". Las exigencias de ambos párrafos se reiteran en el artículo 15 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, que reza como sigue: "Los Estados Partes en el presente Pacto reconocen el derecho de toda persona a [...] gozar de los beneficios del progreso científico y de sus aplicaciones [y] beneficiarse de la protección de los intereses morales y materiales que le correspondan por razón de las producciones científicas, literarias o artísticas de que sea autor." Por lo tanto, los sistemas de propiedad intelectual tienen una doble misión, proteger a los derechohabientes del conocimiento, por un lado, y contribuir a la difusión de los conocimientos, por otro lado.

En cierto modo, es necesario armonizar las exigencias de los dos mercados, el de la ciencia y el de la economía. Este imperativo exige desechar la idea de que un mercado sólo es una estructura de intercambio industrial. Un mercado es una estructura de intercambio en general.<sup>32</sup> Si la comunidad científica se puede concebir como un lugar donde se intercambian ideas, teorías o argumentos, podríamos definirla entonces como un mercado o una bolsa en los que los valores intercambiados serían conocimientos, y no bienes industriales. En esas condiciones, la eficacia científica de la propiedad intelectual debe estar en función del mercado que regula. Si se protege en exceso la utilización de los conocimientos mediante un sistema de patentes -independientemente de que se trate de organismos vivos o de software-, se puede frenar seriamente la investigación y la innovación, porque esa protección excesiva puede falsear la competición científica creando artificialmente una opacidad. En cambio, el aprovechamiento compartido del conocimiento abre éste a la competición de los protagonistas del mercado científico. Aplicar unilateralmente los criterios de los mercados industriales al conocimiento puede obstaculizar la competición entre los científicos, que es uno de los vectores de creación del conocimiento. Publicar una idea es exponerla a la crítica y, por consiguiente, posibilitar que sea mejorada por otros. La protección de las inversiones en el ámbito del conocimiento no debe constituir una barrera proteccionista a la expansión de la ciencia. Uno de los desafíos que tendrán que afrontar las sociedades del conocimiento será el de coordinar y armonizar dos mercados distintos –el de las ideas científicas y el económico y financiero- que hasta ahora han venido funcionando paralela y aisladamente. Los beneficios de ambos podrán reforzarse mutuamente, si se insertan en redes coherentes. Es probable que estemos presenciando un fenómeno de evolución conjunta de ambos mercados.

Para acompañar esa evolución, es menester promover procesos normativos, que han de ser forzosamente pluridisciplinarios porque se refieren a un ámbito en el que es necesario recurrir tanto a los instrumentos del derecho y de la economía como a los de la ciencia.<sup>33</sup> La necesidad de observar principios de este tipo es

manifiesta cuando comprobamos que en muchos casos son principalmente los profesionales de la propiedad intelectual –consultores en propiedad industrial, examinadores de las oficinas de patentes– y los industriales los que han elaborado hasta ahora el derecho, sin consultar a fondo a las comunidades científicas. Se corre el riesgo de desembocar en una situación en la que el capital científico, intelectual y cultural en general serían variables del capital económico exclusivamente. Desde un punto de vista técnico, esta evolución entraría en contradicción con la apertura del conocimiento y,

desde un punto de vista ético, con el hecho de que la capacidad de aprendizaje de un ser humano no es una función de su situación económica. Sería ilusorio tratar de echar los cimientos de una economía del saber y edificar sociedades del conocimiento sin que participen en esa empresa el conjunto de los protagonistas y copartícipes interesados, empezando por los científicos. La gobernanza de las sociedades del conocimiento debe descansar en la elaboración de un sentido común, esto es, de reglamentaciones preparadas en común por todos los interesados.

#### **Fuentes**

Amsden, A. y otros (2001); Annan, K. (2003); Arocena, R. y Sutz, J. (2001); Bangré, H. (2004); Banco Mundial (2002); Boyle, J. (2003 y 2004); Butler, D. (2004); Callon, M. (1989); Campbell, P. (2001); CEPAL (2004); CERN (2004); Cimoli, M. y otros (2004); Consejo Interacadémico (2004); David, P. A. (1993); David, P. A. y Foray, D. (2002); Eco, U. (1993); Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000); Grupo de Expertos del Consejo de Investigación Europeo (2003); Forero-Pineda, C. y Jaramillo-Salazar, H. (2002); Gaillard, P. (2004); Gibbons, M. y otros (1994); Hariharan, V. (2004); ICSU (2002); InfoDev (2004); Intarakumnerd, P. y otros (2002); Jouvenel (de), B. (2002); Juma, C. (2005); Juma, C. y Yee-Cheang, L. (2005); Kim, L. (2001); Latour, B. (1989): MSF (2001): Myé-Ondo, B. (2005): NSF (2003): OCDE (2003); Okubo, Y. (1996); OMPI (2003); ONU (2003); Papon, P. (2002); Pedersen, R. (2003); Sagasti, F. (1999 y 2004a); Santoro, M. D. y Chakrabarti , A. K. (2002); Sen, A. (1999); Teferra, D. (2000); UNESCO (1996a y 1998c); UNESCO-ICSU (2000 y 2002); Wade, A. (2004b); Waga, M. (2002); Westholm, G. y otros (2004); Ziman, J. (2000).