



¿Es la ciencia un bien público?*

*Michel Callan***

RESUMEN

¿Deberían los gobiernos aceptar el principio de dedicar una proporción de sus recursos a financiar la investigación básica? Desde el punto de vista de la economía, la ciencia debería ser considerada como un bien público y por esta razón debería ser protegida de las fuerzas del mercado. Este artículo trata de mostrar que tal resultado puede ser mantenido únicamente al precio de abandonar argumentos tradicionalmente utilizados por los mismos economistas. Esto involucra una reversión de nuestra manera habitual de pensar acerca de los bienes públicos. En orden a lograr esta reversión, este artículo se basa en los principales resultados obtenidos por la antropología y la sociología de la ciencia y la tecnología en años pasados. La ciencia es un bien público, no a causa de sus propiedades intrínsecas, sino porque es una fuente de diversidad y flexibilidad.

Es un gran honor para mi haber sido invitado a dar esta Quinta Conferencia Nick Mullins; es también una oportunidad para escapar, por breves momentos al menos, de las tiranías de las disciplinas. Cuando reconstruyen su propia historia, los sociólogos de la ciencia no han sido muy reflexivos; como otros científicos ellos enumeran escuelas, modelos y formas de pensamiento opuestas. Hablan en términos de saltos, puntos de inflexión y rupturas. Estas diferencias son indudablemente útiles, ya que nos permiten a nosotros mismos definir a qué es a lo que nos estamos oponiendo. Pero nos hacen olvidar a quienes han tratado de enlazar, trasladar y crear

* Quinta Conferencia Mullins, Instituto Politécnico de Virginia, 23 de marzo de 1993.
Traducción de Rosa Luz González. Tomado de *Science, Technology & Human Values*, volumen 19, número 4, otoño de 1994.

** Director del Centro de Sociología de la Innovación de la Ecole des Mines de París.

compatibilidades. Nick Mullins fue de este grupo de mediadores. Él supo cómo navegar entre redes sociales y dinámicas del conocimiento; entre el análisis cualitativo de los textos y la ocurrencia cuantitativa de las palabras. Yo solamente traté a Nick Mullins unas cuantas veces, pero de alguna manera me siento muy cercano a él. Comparto su impaciencia por ver el continuo renacimiento de la oposición entre lo cualitativo y cuantitativo. Y comparto su impaciencia al ver disciplinas ignorantes la unas de la otras, y de lo que podría ganarse a través de la cooperación. Como una continuación del proyecto de Nick Mullin ,he elegido como tema de hoy uno que está en el límite entre economía y sociología: el de la privatización progresiva de la ciencia.

Nos guste o no esta cuestión no puede ser aplazada por más tiempo. Los mismos científicos han estado preocupados, al igual que nosotros, durante una sesión efectuada en París el 28 de octubre de 1992 en la sede de la United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO), el doctor Charles Auffray, director de investigación del Centro Nacional de la Investigación Científica (CNRS), presentó los resultados obtenidos recientemente en el proyecto del Genoma Humano. Él anunció la decisión tomada por los investigadores franceses de ofrecer su descubrimiento a la comunidad internacional. El propósito de su plática era "oponerse a algunas iniciativas americanas a patentar ciertas porciones del patrimonio hereditario del género humano" (Nouchi, 1992: 1). Este es un episodio ejemplar. Demuestra la creciente confrontación abierta en el campo de la investigación científica entre dos lógicas: la de la revelación y por lo tanto, la libre circulación de información y la de la propiedad privada y, en consecuencia, la retención de información. La ciencia está llegando a ser cada vez más importante para los intereses económicos y cuando el Estado interviene, más y más a menudo apoya esta última lógica.

Semejante cambio y las controversias que lleva aparejadas constituyen un sutil tópico de investigación en estudios sobre la ciencia. Un cierto número de estudios tendría que ser llevado a cabo para entender mejor lo que está en juego en estas confrontaciones: identificando los protagonistas, delineando sus argumentos y tratando de dar seguimiento a las alianzas que establecen.

Hoy yo quisiera seguir otro curso y dar algunos pasos a lo largo de un camino mucho más riesgoso. No intento llevar a cabo esta tarea a la manera usual de la sociología de la ciencia, sino ver algunas cuestiones que debemos encarar; cuestiones que nos son difíciles de evitar por más tiempo y que podrían ser dejadas de lado cobardemente. ¿Deberíamos aceptar o no la privatización de la ciencia? ¿Deberíamos defender a cualquier precio la idea de una ciencia accesible a todos,

circulando libremente?, O por el contrario, ¿Deberíamos celebrar el hecho de que el mundo de los negocios -el cual ha sido por tanto tiempo acusado de no tener ningún interés en la investigación- esté finalmente reconociendo su importancia?

Debemos ver estas cuestiones en un contexto más amplio que el de eficiencia económica solamente. La ciencia constituye un importante elemento de nuestra vida cultural, y encontramos difícil de aceptar que los intereses privados se estén haciendo cargo de ella. Sin embargo, mi tópico de hoy será algo más restringido. Me limitaré a examinar y discutir los argumentos económicos que podrían ser adelantados en favor del apoyo a la ciencia por el Estado. ¿Deberían los gobiernos aceptar el principio de dedicar una proporción de sus recursos, esto es, de nuestros recursos, para financiar la investigación básica? Y de ser así, ¿cuáles serían las bases -en particular las bases económicas- para tal decisión? Mi respuesta a la primera pregunta será un ambiguo sí. Desde el punto de vista de la economía, la ciencia debería de ser considerada un bien público y por esta razón deberíamos protegerla de las fuerzas del mercado aunque sea solamente para asegurar una mejor operación del mercado. Sin embargo, trataré de mostrar que este resultado solamente puede ser obtenido al precio de abandonar argumentos generalmente esgrimidos por los propios economistas. Y ello trae como consecuencia una reversión completa de nuestras maneras habituales de pensamiento acerca de los bienes públicos, y una nueva definición de los mismos. En orden a dar lugar a esta reversión me basaré en los resultados obtenidos por la antropología y la sociología de la ciencia y la tecnología en los pasados años.¹ Este documento discute la naturaleza de esta reversión y las consecuencias que se derivan de ella, particularmente en lo que concierne a los aspectos políticos y organizacionales.

La ciencia como un bien público en la teoría económica

Permítanme iniciar en el análisis propuesto por economistas políticos. Generaciones de estudiantes han aprendido que la ciencia es un bien público. Este principio ha sido adoptado por economistas de todos los matices. Ha inspirado a formuladores de política de la ciencia. Ha sido apoyado por los científicos mismos e inclusive, parecería concordar con una visión de sentido común. El argumento generalmente desarrollado por los economistas incluye tres proposiciones: 1) el conoci-

¹ Hay pocos trabajos que establezcan un enlace explícito entre la antropología y la economía de la ciencia. El trabajo de Steve Fuller es una notable excepción (Fuller, 1993).

miento científico tiene un cierto número de características intrínsecas que hacen imposible su completa transformación en una mercancía; 2) como resultado de ello, los mecanismos de mercado provocan que en el mundo de los negocios se subinvierta en producción científica, y 3) para redireccionar esta falla del mercado, los gobiernos deben estimular inversiones tanto a través de una intervención directa, como a través de esquemas de incentivos.

Iniciaré, entonces, con la definición económica de la ciencia como un bien público, o como un cuasi bien público, y entonces continuaré delineando un cierto número de conclusiones. Hay dos partes en la demostración: la ciencia como un bien y la ciencia como un cuasi bien público.?

La ciencia como un bien

Primero, el conocimiento científico es asimilable a toda clase de bienes. Es difícil decir aquí exactamente lo que se está entendiendo por la palabra *bienes*. Uno bien podría llamarlo cosas. El principal punto es que el conocimiento científico está dotado con una naturaleza física en la medida en que puede circular, ser intercambiado o empleado en transacciones comerciales. Siendo una cosa, el conocimiento científico incluso puede ser robado. Este materialismo parecería vulgar e inclusive ofensivo, no obstante que es perfectamente defendible. Para poder hacerlo consistente y fortalecerlo, los economistas utilizan el concepto de información. Como mostraré más adelante, esta concepción reduccionista de información es un primer paso hacia un mejor entendimiento de la ciencia como una actividad económica. De acuerdo a Dasgupta y David, "información es conocimiento reducido a mensajes que pueden ser transmitidos a quienes toman decisiones. Nosotros tomamos la información estándar; la visión teórica es que estos mensajes tienen un contenido de información cuando lo que se recibe en ellos provoca alguna acción" (Dasgupta y David, 1992:9).

Esta definición tiene dos elementos importantes. La idea de un mensaje presupone una base material. Un mensaje podría ser una o un conjunto de proposiciones orales o escritas. Podría también ser algo que está inscrito en un ser humano, en una sustancia, en una máquina o en un producto. Una parte de la información es conocimiento puesto

² La siguiente presentación está directamente inspirada en el artículo de Dasgupta y David (1992), el cual presenta la doctrina económica en la materia con gran claridad. Véase también Romer (1992 Y 1993). Lo que llama la atención acerca de esta literatura es el consenso de los economistas, ~ualquiera que sea su escuela, para considerar al conocimiento científico como un (cuasi) bien público.

Entre VIS a , t S notas Y traduce.

forma, esto es, inseri
 alerta itid D
 en un p e d ser transmItI o. es
 u e / d P
 Y que d mental mas tar e. or
 idea ~n da muchos economistas .
 icwⁿ e l
 po I quiera que sean os m
 cua es no se consIderã mrorrn
 Jlle~aJe que provoqe la aetuae ~ ~ m de alguien. La proposición "la
 aC^{Cl} ~' ra del DNA es una doble hé - ~ ~ e" es únicamente información en
 estrUCd~da en que tenga un valor d uso para la persona que la recibe.
 ~l~nocimiento que no ha. sido sformado en información no es
 'nterés para los econorrustas, que no existe en una forma que
 el. / no; no es una cosa, un ren que
 rmita su circulacIOn o mterca transformado en una mercancía.
 V:eda ser movilizado, y no puede as muy diferentes. Por ejemplo,
 p La información puede tomar fa
 Dasgupta Y David proponen volver es: N adoptar la distinción clásica entre
 conocimiento explícito e incorpor o. El conocimiento explícito tam-
 bién suele referirse como "conoe - ento codificado", el cual se ex-
 presa en un formato en el que es u almente estandarizado y compac-
 tado, para permitir su fácil trans ión a bajo costo, su verificación,
 almacenamiento y reproducción jf asgupta y David, 1992:9). Los
 arquetipos de conocimiento codifi do son obviamente proposiciones
 hechas en lenguaje ordinario: "el NA tiene una estructura de doble
 hélice" o "el sol emite neutrinos". ero muchos códigos están en uso.
 Cada disciplina tiene su propio le aje. Las matemáticas y la socio-
 logía, por ejemplo, no comparten mismo código.
 El conocimiento incorporado trasta con el conocimiento codi-
 ficado. Como su nombre lo indica, conocimiento incorporado puede
 estar inscrito en personas (cientí os, técnicos, etcétera) en instru-
 ~entos o en máquinas. Este con iento toma la forma de "saber-
 acer" , "saber-cómo" , métodos píricos y dispositivos técnicos;
 ~odos ellos forman una parte esen l en la interpretación de resulta-
 ~os en el establecimiento y condu ión de experimentos. Esto invo-
 difere~s habido un gran número de propor ones para clasificaciones alternativas de los
 Illientras uos de conocimiento. La Idea de e ciertos tipos de conocimiento son tácitos,
 aCUerdo que otros son explícitos, es acepta ampliamente. Algunos autores no están de
 liary C~:n embargo, en la medida en que el ocimiento tácito puede hacerse explícito. Para
 PUede ser ios (1990), por ejemplo, siempre h n núcleo duro de conocimiento tácito que no
 adOPt;lda articulado. Por otra parte, en su a.rti-á:~mu]o, Dasgupta y David perciben que la forma
 conOCirmi por el conocimiento (codificado o" incorporado) no depende de la naturaleza del
 l~ diferen~o en sí mismo, sino simplemente as normas institucionales en juego. Para ellos
 tiPos de in entre CienCia y tecnología no es de naturaleza, sino cierta consecuencia de los
 reco mpe cenllvos. En el caso de las i - ciones científicas, los investigadores son
 la forma ~ados por divulgar el conocimiento ellos producen, poniéndolo en circulación en
 %, SON r propOSICiones codificadas. Aquell - c:Jue trabajan en empresas tecnológicas, por un
 Poder asegecompensados por hacer su conocircimis to tan poco explícito como sea posible, y para
 urar mayor confidencialidad. Los mentos que estoy adelantando no me fuerzan

nes

17

9

en una base más o menos durable
 11 'l . d
 o are as consecuencias e esta
 d
 momento, sólo ese seña ar la
 ~ricos.
 ~ d . . 1 1
 os usa os para transrrunr o, e
 - / on a menos que con uzca a una
 ~ ~ m de alguien. La proposición "la
 ~ ~ e" es únicamente información en
 uso para la persona que la recibe.
 sformado en información no es
 que no existe en una forma que
 no; no es una cosa, un ren que
 transformado en una mercancía.
 as muy diferentes. Por ejemplo,
 adoptar la distinción clásica entre
 o. El conocimiento explícito tam-
 ento codificado", el cual se ex-
 almente estandarizado y compac-
 ión a bajo costo, su verificación,
 asgupta y David, 1992:9). Los
 do son obviamente proposiciones
 NA tiene una estructura de doble
 ero muchos códigos están en uso.
 aje. Las matemáticas y la socio-
 mismo código.
 trasta con el conocimiento codi-
 conocimiento incorporado puede
 os, técnicos, etcétera) en instru-
 iento toma la forma de "saber-
 píricos y dispositivos técnicos;
 l en la interpretación de resulta-
 ión de experimentos. Esto invo-
 ones para clasificaciones alternativas de los
 e ciertos tipos de conocimiento son tácitos,
 ampliamente. Algunos autores no están de
 ocimiento tácito puede hacerse explícito. Para
 n núcleo duro de conocimiento tácito que no
 Dasgupta y David perciben que la forma
 orporado) no depende de la naturaleza del
 as normas institucionales en juego. Para ellos
 de naturaleza, sino cierta consecuencia de los
 ciones científicas, los investigadores son
 ellos producen, poniéndolo en circulación en
 - c:Jue trabajan en empresas tecnológicas, por un
 to tan poco explícito como sea posible, y para
 mentos que estoy adelantando no me fuerzan

lucra considerar a la ciencia como una actividad artesanal. Si uno desea tocar el piano, taladrar metal o resolver una ecuación diferencial parcial, no es suficiente saber cómo se hace; uno necesita haber incorporado los gestos y el "saber-cómo" que no puede ser reproducido simplemente haciéndolo explícito. Verdaderamente, ninguna descripción articulada puede agotar el contenido de estos gestos.

Las proposiciones codificadas, personas, máquinas y sustancias, son unos cuantos de los mensajeros puesto en circulación y que hacen posible la actuación de quienes se apropian de ellos. Ya sea que esté codificado o incorporado, este conocimiento puede ser tratado como un bien. Textos científicos, muestras e instrumentos de medición pueden ser intercambiados, robados, disimulados o prestados.

Necesitamos preguntarnos bajo qué condiciones el conocimiento puede ser transformado en una mercancía que pueda ser intercambiada en el mercado. Y es aquí donde el concepto de bien público debe ser introducido.

La ciencia como un cuasi bien público

La noción de bien público fue introducida en las finanzas públicas para justificar posibles intervenciones del gobierno en la vida económica. Se basa en la idea de que cualquier bien público tiene propiedades intrínsecas ligadas a su forma o sus características físicas, y que estas propiedades determinan su habilidad para llegar a ser un producto vendible para propósitos de transacciones comerciales. Este tratamiento de los bienes generalmente opera a lo largo de dos dimensiones: capacidad de excluir (*excludability*) y rivalidad (*rivalry*). Como veremos, hay otras posibles características -las cuales también son inherentes- pero la propiedad más importante es la de rivalidad y no rivalidad.

a) Para decidir si el conocimiento científico, que ha sido reducido previamente al estado de información, puede ser transformado en una mercancía, es necesario preguntarse primero si puede ser apropiado o no. Por cierto, para que algo sea una mercancía debe ser posible transferir sus derechos de propiedad. Un bien es apropiable (o exclusivo) si permite a la persona que lo usa o lo consume prevenir que cualquier otro consumidor o usuario potencial lo haga; en caso con-

a tomar partido en este debate. Para los propósitos de mi análisis, es suficiente con aceptar que hay muchas clases de sustratos materiales para la ciencia y que un sustrato puede, si no totalmente, al menos parcialmente, ser sustituto de otro -esto es, una posible redistribución de cualquier pieza de conocimiento es posible entre los diferentes materiales en los que puede ser inscrito-. Para un buen resumen de varias posiciones, véase Cambrosio (1988).

trario es no apropiable (o no exclusivo). ¿ Es el conocimiento científico un bien apropiable y exclusivo? ¿En otras palabras, si A vende información a B, está B asegurado para disfrutar el uso exclusivo de esta información?

Los economistas establecen las condiciones para tratar este aspecto. La facilidad de apropiación parece depender del material o de la base en la cual la información está inscrita. A mayor información codificada en textos, existen mayores dificultades para su apropiación. Mientras más información esté inscrita en personas o artefactos técnicos, será más fácil asegurar su capacidad de excluir. Por ejemplo, es más fácil duplicar una proposición que duplicar a un matemático o un instrumento sofisticado cuyos diagramas estén en una caja de seguridad (Romer 1992). Sin embargo, esta diferencia no tiene significado absoluto o intangible. Un código puede ser más o menos compartido o más o menos fácil de romper. Es bien conocido que los científicos del siglo XVII algunas veces enterraban sus resultados a fin de protegerse de futuras disputas de prioridad, sin divulgarlos inmediatamente. Así, en 1610, Galileo envió al embajador de Toscana en Praga el siguiente anuncio anagramático de su descubrimiento de las tres lunas de Júpiter: SNAUSNRNUKNEOIETAKEYNUBYBEBYGTTAY-ROA S (Biagioli, 1990). O más cercano en el tiempo, uno puede recordar el trabajo de matemáticos y programadores de computadora para codificar mensajes durante la Guerra Fría. La elección de un código para el cual muchos tengan la clave, por sí mismo constituye un bien público, y no es un rasgo necesario de la ciencia: se trata de una decisión, no de algo inevitable.

De todo lo anterior necesitamos retener la siguiente conclusión: incluso ante la ausencia de reglas formales, esto es, en ausencia de derechos de propiedad intelectual, una apropiación completa es posible porque el que produce puede escoger el sustrato que lo facilite. La calificación de la ciencia como un cuasi bien público en lugar de completo bien público, deriva esencialmente del hecho de que es en cierto grado apropiable -mientras que en la teoría estándar un verdadero bien público tiene que ser completamente no apropiable-."

b) El segundo atributo de un bien público es su no rivalidad. Un bien es rival cuando A y B compiten por su uso. "Usted puede comer un pescado o yo puedo comerlo, pero no ambos" (Romer, 1993:354).

⁴ Las razones por las cuales los economistas, a pesar de eso, titubean al considerar a la ciencia un bien exclusivo, al igual que otros, no son claras. Algunos podrían sin duda decir que para poder ser validado, y por tanto discutido, el conocimiento científico debe necesariamente tomar la forma de proposiciones codificadas. Otros podrían probablemente subrayar la importancia del costo asociado a la transformación del conocimiento en un bien completamente exclusivo -un costo que demuestra ser disuasivo para los actores-

Un bien es no-rival "porque una vez que ha sido producido, A y B no están compitiendo por su uso. Yo puedo escuchar una grabación musical o tomar ventaja de un código de *software* sin disminuir su utilidad para usted o para cualquier otro" (Romer, 1993:354). Desde un punto de vista económico, la propiedad de no rivalidad es esencial. Significa que los costos de producción del bien son fijos: una vez que el bien ha sido producido, no hay necesidad para continuar invirtiendo porque no hay costos de producción para reproducirlo. En términos de teoría económica, la ciencia -tomada aquí como la producción de proposiciones codificadas-, es un bien no rival prototípico. Esta es una consecuencia de la equivalencia introducida entre conocimiento científico e información. Si yo le digo a usted que he oído, de una buena fuente, que los controladores del tráfico aéreo de Francia van a ponerse en huelga la próxima semana, usted puede ser capaz de usar esta información sin que eso me impida continuar usándola. De la misma manera, si yo le digo a usted la fórmula de la hormona de crecimiento, puedo ser capaz de seguir usando esa fórmula todavía. El ponerlo a usted en conocimiento, y el darle esta información no me priva a mí mismo de su uso. Por tanto, Piet Hut y John Bahcall podrían estar escribiendo al mismo tiempo la misma ecuación relacionada con la extinción de dos galaxias mientras que John Bahcall no puede ir a Trenton en el mismo ford que Piet Hut esta manejando al mismo tiempo en dirección a Edison.! Esta propiedad se aplica a las habilidades incorporadas a las personas. Movilizar las habilidades y técnicas de un experto no impide a otro experto movilizar las mismas habilidades y las mismas técnicas al mismo tiempo.s Como mostraré un poco más adelante, este razonamiento, aun cuando se aplica a proposiciones codificadas, esto es a información explícita, no" es firme, pero parece tener cierto sentido. Los economistas generalmente aprovechan esta característica -si ésta no se mantiene, entonces la ciencia puede ser transformada en una mercancía-o

⁵ Piet Hut y John Bahcall son miembros asociados del Institute for Advanced Study en Princeton. Este artículo fue escrito con el apoyo del instituto cuando fui invitado a trabajar allí en el período 1992-1993.

⁶ Hay diferencias entre los economistas respecto a este punto. Romer (1993), por ejemplo, explícitamente dice que el conocimiento incorporado en las personas -finalmente reducible a usos naturales- es un bien rival. Pero Romer ha enfatizado el carácter completamente público de las proposiciones codificadas, que él llama "hilos de cuentas", las cuales son el prototipo de bienes no exclusivos y no rivales. Romer añade aquí un interesante elemento. El recuerda que haya menudo una correlación entre exclusivismo y rivalidad: los bienes no rivales son generalmente bastante difíciles de apropiar. Pero de acuerdo con él esto no debería llevamos a ignorar la necesidad de una distinción analítica entre las dos dimensiones. Hay bienes rivales que son difíciles de controlar -tales como, por ejemplo, los peces en el mar, o los insectos que liberan los agricultores en sus campos contra los parásitos-o Asimismo, según él hay bienes que son intrínsecamente no rivales pero exclusivos, como los códigos de información o los mensajes crípticos.

) Se dice que el conocimiento científico posee dos características adicionales, que son importantes desde nuestro punto de vista. Primero, es un bien durable que no se destruye o altera por su uso. Incluso, mientras más se usa, su valor se incrementa porque prueba su utilidad, se amplía su alcance de aplicación y llega a enriquecerse. La producción de conocimiento es incierta: en el caso más extremo es imposible predecir cualquiera de sus resultados o su utilidad. Permítanme resumir aquí los argumentos de los economistas. En ausencia de regulaciones, el conocimiento científico es difícil de apropiar; es no rival y un bien durable. Su producción está rodeada, al menos en ciertos casos, de profundas incertidumbres. Para un economista este conjunto de propiedades define un bien público o un cuasi bien público, porque no todas las condiciones han sido completamente satisfechas. La producción de un bien, el cual, por sus propiedades intrínsecas tiene el *status* de un bien público, no puede ser garantizada en un nivel óptimo en el mercado: la industria y los negocios subinvierten en producción científica. Para contrarrestar esta falla del mercado, el gobierno tiene que intervenir, ya sea directamente o a través de un sistema de incentivos."

La contribución de la sociología y la antropología de la ciencia: la ciencia no es un bien público como se define en teoría económica

Los economistas han desplegado una gran habilidad en sus intentos por probar una incompatibilidad entre ciencia y mercado. Ellos no discuten este aspecto en términos de preferencias ideológicas. La ciencia no tiene que ser defendida contra amenazas hipotéticas del mercado, porque su naturaleza la protege de éste y sus excesos. La ciencia tiene que ser apoyada porque el mercado no está suficientemente interesado en ella. El problema es que las noticias que fluyen cada día arrojan dudas sobre este argumento seductor. Los laboratorios públicos, uno a uno, caen en manos privadas, ya sea directamente o a través de diversos arreglos de cooperación, o indirectamente a través de incentivos y programas de investigación. La tesis de subin-

⁷ Los tres modos de intervención del Estado son: procuración, derechos de propiedad y protección (*procurement, property rights and patronage*). Como Romer destaca (1993), los bienes que son no rivales y no apropiables plantean un severo problema económico. Si uno los vuelve apropiables, lo cual es siempre posible a un cierto costo (el de reconfigurarlos dándoles protección legal), uno genera una situación subóptima (porque todos los agentes económicos que podrían haber hecho uso de ellos están viendo, abrogados sus derechos) .. Esto es porque cualquier medida tomada tiene que ser un compromiso entre estímulo y optimización. Para un análisis de estos compromisos y sus efectos económicos en el caso de sistema de patentes, véase Foray (1994) y Kabla (1993).

versión en investigación está llegando a ser cada vez más y más difícil de apoyar.

Si la doctrina es incapaz de dar cuenta de esta dramática evolución, es porque está basada en hipótesis débiles. Resultados recientes de la sociología de la ciencia y la tecnología hacen fácil demostrar que no hay nada en la ciencia que le impida ser transformada en mercancía.

Reafirmaré primero la posición materialista adoptada por los economistas. La ciencia es una cosa, o un conjunto de cosas complementarias: no existe fuera de los diversos materiales en los que está inscrita. La antropología de la ciencia ha ido incluso más allá en la descripción de estos materiales y su variedad. La información se codifica en artículos y libros, pero también en patentes, propuestas de investigación, reportes y, más generalmente, en lo que Latour y Woolgar (1979) han llamado inscripciones. Además, la antropología de la ciencia ha puesto más énfasis que la economía en "la importancia de complejos específicos de instrumentos y materiales especializados, y de habilidades y técnicas necesarias para utilizarlos" (Rouse, 1993). Para poder visualizar esto, trataré de seguir un experimento adaptado de Herbert Simon. Imaginemos que las proposiciones teóricas se colorean en rojo y en verde todas las otras inscripciones y habilidades incorporadas en las personas e instrumentos. Un marciano contemplando nuestra ciencia desde su planeta vería un gran océano verde señalado con muy pocos ocasionales y frágiles filamentos rojos.

Pero los economistas, quienes son justificablemente materialistas en su definición de ciencia, adoptan entonces una visión extrañamente idealista cuando tratan con el aspecto de no rivalidad. Tomemos el caso en que esta tesis parecería incontestable: el de las proposiciones codificadas.

Uno de los primeros y tal vez el único de los estudios sociales de la ciencia ha sido mostrar que una proposición aislada o teoría es quizá simplemente inútil. Usted puede imprimir miles de copias de un artículo o de un libro y dejarlas caer en Lapland o en Bosnia-Herzegovina. Ustedes podrían similarmente enviar estudiantes bien entrenados o instrumentos bien calibrados a los rincones más lejanos de la tierra. Sin embargo, si todos estos elementos no fueran puestos juntos en un mismo lugar, al mismo tiempo, entonces la diseminación habría sido un desperdicio de tiempo. Nadie adoptará la proposición; las habilidades no tendrán ningún objeto al cual ellas puedan ser aplicadas; los instrumentos y las máquinas permanecerán en sus cajas. Yo no puedo resistir contarles a ustedes la siguiente anécdota, que no está tomada de la sociología de la ciencia, pero que pone de manifiesto la necesidad de esta complementariedad. El 7 de mayo de 1992, dando seguimiento a los motines de Los Angeles, Reuters me envió el

siguiente mensaje: "se repotó que un alborotador, quien no tuvo éxito al utilizar una VCR que habla robado en los disturbios, la regreso a la policía". Esta fábula clarifica lo que, siguiendo a Austin, podríamos referir como las condiciones de felicidad de uso de la tecnología, y pueden ser aplicadas perfectamente bien a la ciencia y a sus proposiciones. Usted nunca verá a un mafioso llevar a cabo un asalto en un laboratorio de física teórica. Si Watson fue capaz de sacar los diagramas de difracción de rayos X del bote de basura de Franklin, no hubieran sido útiles si Crick no los hubiera descifrado. Propongo llamar a esta tesis *la tesis de la inutilidad intrínseca de una proposición* (la tesis puede ser aplicada igualmente a habilidades e instrumentos). Es simplemente una consecuencia del trabajo fundamental en duplicación de Harry Collins (1974). Si yo no estuviera totalmente en contra de que se otorguen premios por trabajo individual, podría sugerir que lo llamáramos la ley de Collins. Lo que él demostró exitosamente -contrario a lo que algunas veces afirma- no fue tanto la tesis de regresión de los experimentadores, como la imposibilidad de dotar una proposición con cualquier significado si el trabajo de duplicación de habilidades e instrumentos no ha sido hecho. En otras palabras, es imposible movilizar los diferentes elementos independientemente uno de otro.

Desde el punto de vista de mi plática de hoy, que es el de la economía, estos resultados tienen consecuencias de largo alcance. Los teóricos en economía nos dicen que si A utiliza la proposición E, entonces esta última no es afectada por el hecho de que B también la utilice. Esto es verdad, pero sólo exactamente en la misma manera en que yo pueda salir en mi Ford Taurus con número de registro BCD 109876, sin ser estorbado por el Señor Brown, yendo en el mismo Ford Taurus, pero esta vez con número de registro BCD109877. Una proposición como la utilizada por A no es más ni menos similar a una utilizada por B de lo que un Ford Taurus es a otro -o una torre del World Trade Center lo es a su gemela-o Dos proposiciones similares, utilizadas en dos diferentes situaciones, constituyen dos bienes diferentes, cuyo uso e implementación presupone inversiones específicas. La ciencia, incluso en sus formas más codificadas, no puede, por tanto, ser considerada un bien no rival.

¿El conocimiento científico, por su propia naturaleza, es inapropiable? ¿Posee el atributo de no excluir? Primero, los mismos economistas, como hemos visto, han limitado su respuesta a esta pregunta. Ellos consideran el grado de apropiabilidad o de no apropiabilidad como fuertemente dependiente de la forma del conocimiento, esto es, de las elecciones hechas por quienes lo producen. Las habilidades incorporadas son fácilmente apropiables y la información codificada es más

difícil. Segundo, la (no) apropiabilidad pareciera ser mucho más dependiente del contexto cuando tomamos en cuenta la propiedad intrínseca de utilidad de las proposiciones. Estas son a menudo de interés para un restringido círculo de usuarios potenciales: pocos científicos que tienen el "saber-hacer" necesario y el acceso a los instrumentos adecuados. Además, los científicos de todo el mundo han sabido, a través de su experiencia, que la dificultad radica no en impedir a sus colegas leer lo que ellos escribieron, sino de convencerlos de que ellos lo deben leer. En efecto, lo que es sorprendente acerca de conocimiento científico, con respecto a otros bienes es la facilidad para su apropiación y la cantidad de trabajo necesario para crear una situación en la cual otros actores estén interesados a

Ninguna supuesta durabilidad resiste el más cercano escrutinio. El conocimiento científico es verdaderamente durable, pero únicamente al precio de fuertes inversiones necesarias para mantenerlo. Para poder hacer la ley $j=ma$ disponible en Singapur en 1993, un gran número de libros de texto tuvo que ser publicado y vendido; los maestros tuvieron que machacar el mensaje en cabezas testarudas; instituciones de investigación y empresas tuvieron que ser desarrolladas, y los investigadores tuvieron que ser entrenados y pagados. Comparado al costo de mantener una así llamada ley universal, el costo de mantener la armada americana en Kuwait parece insignificante.

¿El carácter incierto de la producción de conocimiento conduce a una subinversión que desincentiva a actores con aversión al riesgo? De ningún modo. Todos los estudios de innovación en los negocios traen involucrado un cierto grado de incertidumbre. Contrario a lo que muchos creen actualmente, las incertidumbres acerca del estado del mercado son de magnitud infinitamente mayor que cualquier incertidumbre acerca de la tecnología. No obstante, las firmas continúan invirtiendo y no titubean en tomar grandes riesgos comerciales. Por el contrario, como muestra el caso japonés, lo que es necesario es que el Estado obligue a las compañías a asumir sus propias responsabilidades. Esto dará como resultado una fuerte inversión industrial en comparada investigación y desarrollo (I+D).⁹ Comparadas a las ince-

⁸ Este caso puede, obviamente, ser mejorado en gran medida a través de legislación sobre propiedad intelectual, la cual, siendo iguales todas las cosas, contribuye a definir las condiciones de disponibilidad y apropiabilidad de proposiciones, técnicas y habilidades incorporadas. en

⁹ En Japón el 85% del gasto en I+D corre a cargo de empresas privadas. Si uno toma en cuenta el hecho de que en países como Estados Unidos o Francia, una proporción significativa de fondos públicos se destina a investigación militar o al apoyo de compañías, una oca que porcentajes del mismo orden de magnitud para fondos públicos de investigación académica no se halla directamente enlazada a programas o intereses que podrían ser considerados "públicos" y -en el sentido que daré a este término en la sección "La ciencia como una fuente de innovación y flexibilidad" (Nelson, 1992)-.



incertidumbres del mercado, las incertidumbres de la ciencia son una bagatela muy barata.

A través de movilizar algunos descubrimientos elementales de la sociología y la antropología de la ciencia -la multiplicidad de los apoyos materiales para el conocimiento y su necesaria complementariedad- he llegado a completar el trabajo empezado por algunos economistas, quienes, sin embargo, no se han atrevido a presentar conclusiones, debido a su deseo de defender la independencia de la ciencia. El conocimiento científico no constituye un bien público como se define en teoría económica. La naturaleza privada o no privada de la ciencia no es una propiedad intrínseca. Los grados de apropiabilidad y de rivalidad son el resultado de las configuraciones estratégicas de los actores relevantes y de las inversiones que ellos han hecho o están pensando hacer. ¹⁰ En la medida en que ambos puedan ser vistos como mercancía, no hay diferencia entre un Ford Taurus y la teoría general de la relatividad. En otras palabras, sin instituciones que hayan sido creadas y reforzadas por siglos, sin la intensa energía invertida por científicos y por el Estado para hacer público el conocimiento científico, la teoría de la relatividad nunca habría dejado de ser lo que siempre ha sido: un bien potencialmente privatizable, no diferente de otros bienes.!

Ciencia privada: irreversibilidad y convergencia

¿Por qué continuar gastando dinero para mantener la ciencia como un bien público, cuando todos desean que sea absorbida por las fuerzas del mercado? Requiere una cantidad significativa de dinero el divulgar y circular la información científica, tanto como invertir en activos complementarios (entrenamiento, equipo, etc.) para movilizar al conocimiento.

¿No deberíamos sólo dejar que el mercado fuera y se moviera sobre una asignación descentralizada de recursos? Para poder examinar las consecuencias de tal decisión, permítanme tratar con uno de esos experimentos imaginarios tan apreciados por los físicos. Imaginemos

¹⁰ La misma clase de configuración posible explica la profusión de modelos que han sido propuestos para explicar las formas de competencia/cooperación a las que dan lugar las estrategias de descubrimiento e innovación. Estos modelos integran más o menos sistemática y completamente las diferentes variables que, según hemos mostrado, participan directa o indirectamente en la definición del grado de exclusividad o rivalidad de los bienes relacionados (Joly y Ducos, 1993).

¹¹ Para lograr tal privatización uno podría necesitar un sistema de propiedad intelectual muy estricto, extendido a la ciencia y con un bajo costo de producción; todas las reglas que existen para otros bienes hacen posibles las transacciones de mercado.

que la ciencia es completamente privatizada y que su producción se ve asegurada exclusivamente por organizaciones lucrativas.¹²

Recientemente, los economistas han llevado a cabo estudios que nos permiten anticipar las consecuencias de tal situación." En sus análisis de las relaciones entre cambio tecnológico y competencia económica, ellos no han cubierto dos fenómenos esenciales. El primero es el de los retornos crecientes, y el segundo es el de la cooperación.

El concepto de retornos crecientes puede ser resumido en una frase: mientras más se produce una tecnología y es ofrecida en el mercado, tiene más interés para el proveedor que la produce y para el usuario que la consume. Los retornos crecientes son el resultado de dos mecanismos. El primero se relaciona con la oferta y es el resultado de lo que los economistas llaman aprendizaje. Este adopta varias formas: aprender haciendo, aprender usando, o incluso interactuando. Es aplicando y usando el conocimiento en todas sus formas (proposiciones, máquinas, habilidades) que aparecen las nuevas ideas y nuevas proposiciones son producidas, las habilidades evolucionan y las máquinas se transforman. El aprendizaje contribuye a los procedimientos de producción con mejores desempeños y productos mejor adaptados. La segunda fuente de retornos crecientes está ligada al ambiente sociotécnico que emerge progresivamente a lo largo de la demanda. Ciertas -incluso más numerosas técnicas- dan lugar a las así llamadas redes de externalidades. El valor de productos para el usuario se incrementa con su difusión. Es mejor ser el comprador número diez millones de un fax o de un teléfono, que ser el primero. Más generalmente, cuando se distribuye una pieza de tecnología, las habilidades necesarias para su uso llegan a ser más comunes y fácilmente disponibles. Las técnicas adyacentes que van junto con ella hacen su uso más fácil y la enriquecen. Un carro sin estaciones de gasolina y redes de distribución, sin tanques petroleros, sin la política exterior de Estados Unidos y sin la Guerra del Golfo, podría fácilmente perder su

¹² Hemos visto que la ciencia no puede ser un bien público en el sentido de teoría económica sin el esquema de costos de inversión. Como la mayor parte de estas inversiones ya han sido hechas, la transformación de la ciencia en un bien completamente privado podría suponer una transformación de las reglas del juego; una transformación que podría involucrar inversiones no menos costosas. Por ejemplo, uno necesitaría estimular agentes económicos para producir capacidades incorporadas más que conocimiento codificado, proteger todas las proposiciones que no podrían ser incorporadas sin hacer, por lo tanto, obligatoria su revelación y hacer más difícil la transmisión de las mismas capacidades incorporadas. Dado que este es un experimento imaginario y no un escenario realista, yo puedo ignorar los costos que acarrea la privatización de la ciencia en las sociedades que están fuertemente interesadas en hacer una parte de la ciencia no privatizable. En verdad, aquí estoy observando sólo la dinámica económica para el caso de una ciencia completamente privatizable.

¹³ Para una revisión, véase por ejemplo, Dosi *et al.*, (1988).

utilidad. De la misma manera una computadora viene a ser más atractiva mientras más variedades de programas y periféricos disponibles. La construcción de este ambiente sociotécnico toma tiempo, pero una vez que existe genera retornos crecientes de adopción.

La ley de retornos crecientes significa que conjuntamente el conocimiento científico y técnico y el mercado conducen a la creación y consolidación de ventajas adquiridas. Mientras más inversiones haya, mayor será el mercado y más variado el interés de trabajar juntos para desarrollar la misma trayectoria técnico-económica. Esto produce amarres -situaciones irreversibles- o Desde un punto de vista económico es crecientemente menos rentable retornar a opciones que fueron previamente abandonadas. El conocimiento científico y técnico sufre de una grave injusticia: aquello que ha prosperado será recompensado y lo que ha sido incapaz de desarrollarse será desechado completamente. Paul David (1994) ha desarrollado el concepto económico de QWERTY para designar esta injusticia radical. Usted puede odiar el tablero de QWERTY, pero no tiene otra opción que usarlo. El mundo posible en el cual usted tiene acceso a un tablero diferente quizá simplemente haya desaparecido -tan irreversiblemente como la cultura Kanak desapareció después de la colonización francesa- o Gracias a los retornos crecientes -la extraña conspiración entre tecnología y mercado- vivimos en un mundo de productos que otros escogieron por nosotros sin saber que ellos estaban haciendo la elección. Esto es lo que los economistas llaman dependencia de un camino (*path dependency*): las primeras decisiones predeterminan la trayectoria (Arthur, 1989).

Después de los retornos crecientes, un segundo fenómeno que debe ser tomado en cuenta es el de la cooperación. Para poder explicarlo, debemos tratar con dos elementos. El primero es el de compartir costos e incertidumbres. Como he señalado, las firmas han sabido por largo tiempo cómo manejar la incertidumbre a través de la coordinación y la cooperación. En el dominio de la ciencia y la tecnología esto se traduce en un enorme conjunto de relaciones con universidades (tales como los convenios, el reclutamiento de estudiantes, los laboratorios comunes, etc.) (Etzkowitz y Peters, 1991) y de acuerdos interfirma (intercambio de conocimiento, centros de investigación conjuntos) (Lundvall, 1992). En general, y particularmente en casos de cooperación entre universidades e industria, se reconoce el derecho de los científicos a publicar. Pero este derecho es el resultado de una política de intercambio y de conjuntar conocimiento entre socios, quienes disponen de un monopolio sobre la inversión necesaria para el uso de este conocimiento. Así, esta ciencia que parecería ser una ciencia pública, no es diferente de un bien privado compartido entre varios propietarios.

El segundo elemento para tomar en cuenta está ligado a lo que los economistas llaman complementariedad de activos. Esta es una frase horrible pero que describe un fenómeno fundamental. Un recurso dado, científico o técnico, no tiene uso intrínseco. Debe estar asociado con otros recursos científicos y técnicos (esto es más y más aparente en campos como la bioóptica) y también con unidades de producción, redes de distribución comercial, estrategias financieras y demás. Se requiere de una verdadera maquinaria colectiva para dar al conocimiento un uso o valor económico (Teece, 1988).

Tomados en conjunto, la férrea ley de retornos crecientes y la ineluctabilidad de la cooperación conducen a dos consecuencias principales: primero, ciencia y tecnología -ya sea codificadas o incorporadas- son "endogeneizadas" o absorbidas en un sistema económico; y segundo, el control es ejercido dentro de colectivos integrados por firmas, laboratorios universitarios y usuarios cautivos, quienes forman lo que he llamado redes tecnoeconómicas flexibles. Estas redes subsisten y evolucionan de manera relativamente autónoma, siguiendo sus propias trayectorias (Callon, 1992 y 1993).

Estas breves consideraciones arrojan luz en el experimento que sugerí al principio. En un régimen de ciencia perfectamente privatizable, la ciencia podría ser privatizada tan rápida y tan brutalmente que podría estar cautiva de las redes tecnoeconómicas a las que he hecho alusión, y habría un doble movimiento hacia la irreversibilidad y la convergencia.¹⁴ La irreversibilidad podría ocurrir debido a que los actores económicos podrían seguir el camino natural de retornos crecientes juntos y continuar a lo largo de trayectorias seleccionadas por la oportunidad. La convergencia -o más precisamente, la estabilización de la variedad tecnológica- podría ocurrir porque ellos compartirían el mismo conocimiento, la misma tecnología genérica y únicamente estarían diferenciados en aspectos menores." En tal configuración, el límite entre una ciencia que divulga los resultados y una que asegura su confidencialidad sería el resultado de decisiones estratégicas privadas que pueden conducir a su transformación en un

¹⁴ Es interesante notar que los economistas neoclásicos, quienes están trabajando con hipótesis bastante diferentes de los economistas evolucionistas (que han desarrollado esta noción de irreversibilidad y de *path dependence*), han llegado a conclusiones casi idénticas. En una situación de información imperfecta, aprendizaje del oficio, externalidades de las redes y total protección de la innovación, se puede mostrar que las compañías que compiten en un mercado único, tienden tanto a minimizar la diversidad de sus proyectos de IyD, como a continuar a lo largo de trayectorias dadas para poder desarrollar su capital técnico (Tirole, 1989).

¹⁵ Tal situación, que debo insistir es imaginaria, de hecho no es tan diferente de las que tenemos ante nuestros ojos. En un artículo reciente basado en análisis estadísticos, Nelson y W-ight (1992) apuntan hacia lo que llaman convergencia tecnológica entre los sistemas tecnológicos avanzados: la multiplicidad de conexiones y la lógica de retornos crecientes conduce a situaciones en las cuales las tecnologías llegan a ser más homogéneas y dinámicas.

bien público local, el cual hemos visto como un posible modo de privatización.¹⁶ Lo que se llama ciencia pública es meramente algo adjunto a la ciencia privada. Desde esta perspectiva, el apoyo del Estado, aunque esté dirigido a divulgar públicamente la ciencia y pueda fácilmente ser interpretado como una ayuda para los actores, quienes por razones estratégicas (compartir riesgos o compromisos de cooperación para los propósitos de rentabilidad de activos complementarios) han preferido hacer una fracción del conocimiento no rival y no exclusivo que ellos producen.

Esta lógica de la ciencia privada subraya una nueva falla del mercado que es mucho más seria que todas las demás. En este escenario, el mercado se transforma a sí mismo en una poderosa máquina para construir irreversibilidad y limitar la variedad de opciones tecnológicas o bien el rango de opciones posibles. No es el mercado el que está haciendo peligrar aquí a la ciencia; es la ciencia la que está paralizando al mercado. Un exceso de mercado asfixia al mercado.

¿Cómo debemos analizar y reaccionar ante este diagnóstico? Hay tres posibles actitudes.

Primero, podríamos permitir que la ciencia llegue a ser un bien privado otra vez y celebrar la creciente irreversibilidad y convergencia que dan como resultado inversiones más efectivas y mayores rendimientos. Yo puedo desafiar esta actitud sobre la base de que no trata con la cuestión de la variedad. En mi opinión -y Leibniz dice exactamente la misma cosa- un mundo en el cual haya una gran diversidad de tecnología y bienes accesibles a tanta gente como sea posible, será mejor que un mundo con menos diversidad.¹⁷

La segunda actitud es la de asirse desesperadamente a la vieja idea de la ciencia como un bien público, mientras aceptamos que la inversión necesaria para la ciencia permanezca y/o tome forma, asimismo, como un bien público. Esto podría darse haciendo su apropiación tan costosa como fuera posible. Es fácil mostrar que en este caso el resorte de la competencia se rompe, porque ningún monopolio, incluso uno temporal, puede ser contemplado. Un mercado insuficien-

¹⁶ Dasgupta y David reconocen (véase nota 4) que no hay diferencia epistemológica entre la ciencia pública y privada (ellos llaman a esta última tecnología), pero dado que reducen a la ciencia y a la tecnología a simple información, no pueden ver que la sola revelación no es incapacidad suficiente para asegurar su no rivalidad y su incapacidad de exclusión.

¹⁷ Esta preferencia evidentemente introduce un punto de vista normativo. Pero es del mismo orden de la definición de Pareto o el principio de Justicia propio de Rawls (1972). Si uno está considerando dos situaciones, es colectivamente preferible aquella en la que la diversidad de tecnologías y bienes es mayor. La medida concreta de diversidad es, por supuesto, un peliagudo problema (Weitzman, 1992).

te mata al mercado. Los compromisos propugnados por algunos, que involucran la coexistencia pacífica entre ciencia pública y privada, conducen a la divergencia en la medida en que la coordinación entre las dos no puede asegurarse; si lo fuera, podríamos retornar al dominio de la ciencia privada.

La tercera posición es la que me agradecería adoptar. Basándome en estudios sociales de la ciencia, yo la defino a ésta como una fuente de variedad y flexibilidad, a fin de escapar en parte de la posibilidad de convertirla en mercancía y de abrir el camino para una nueva definición económica de un bien público.

La ciencia como una fuente de variedad y flexibilidad

En mi discusión acerca de la ciencia como un bien público, concedí que era posible reducir el conocimiento científico al *status* de información. Ahora hemos visto que tal definición conduce a un callejón sin salida. Restringe la elección a uno de dos posibles resultados, los cuales son altamente problemáticos. Uno de ellos podría reforzar instituciones que a un elevado costo podrían transformar la ciencia en un bien no rival y no apropiable. Pero en este caso, podríamos condenar a la economía a quedar lisiada. Uno podría, de manera inversa, asegurar que la ciencia alcanzara el *status* de bien rival y apropiable, pero en este caso podríamos condenar a la economía a menos variedad y a hacer elecciones irreversibles.

Para evitar esta dificultad necesitamos abandonar la noción de información y usar en su lugar la de redes. En efecto, el principal resultado de la actividad científica no es producir información, sino reconfigurar redes heterogéneas.¹⁸ Desde este punto de vista, los análisis económicos y sociológicos son complementarios. La economía del cambio tecnológico ha hecho grandes aportaciones para entender cómo el mercado, unido a la tecnología, ha producido irreversibilidades e impedido el incremento de variedad. Por su parte, la antropología de la ciencia ha permitido entender la producción de variedad, así como la irreversibilidad progresiva de las elecciones.

Enla-

zando los dos enfoques, es posible vislumbrar una dinámica en la cual las irreversibilidades del mercado sean perpetuamente contrabalanceadas por la ciencia. La ciencia como información, o es absorbida por el mercado, o se opone a él. La ciencia, como una red y como una

¹⁸ Esta es la razón por la cual sería inútil refinar el análisis de la ciencia como información introduciendo conceptos tales como asimetría o velocidad de circulación. Lo que es importante es precisamente la operación de una separación de la concepción tradicional de información.

fuentes de variedad, lucha contra las rigideces del mercado y en esta lucha, en algunos casos, finaliza liándose con el mercado mismo. 19

Redes y redes

Las redes de las que estoy hablando ahora no deben ser confundidas con las redes técnicas de los ingenieros (por ejemplo, las supercarreteras electrónicas que Mr. Clinton desea desarrollar), ni con las redes sociales de los sociólogos (amistad, especialización, confianza y reputación), ni con las redes de proposiciones o textos que aman tanto los filósofos y los especialistas en análisis del discurso. Las mías son un híbrido de estas tres formas de redes (Callon, 1994).

Si, por ejemplo, yo deseo hablar acerca de la red de la física einsteniana (suponiendo siempre que esté unificada en alguna manera), entonces podría incluir artículos, libros y libros de texto que presenten y circulen sus proposiciones constitutivas. Pero podría también incluir el equipo y las máquinas en las cuales están inscritas esas proposiciones y las habilidades incorporadas en las personas que las propugnan (físicos, químicos y también estudiantes universitarios, quienes están luchando con las transformadas de Lorentz). A esto deberíamos añadir las instituciones que las apoyan y desarrollan: laboratorios, agencias gubernamentales, universidades. Esto es hoy una red abierta -si bien frágil, pero extendida- Aquí y allá se mezcla con otras redes, tales como, por ejemplo, la de la física Newtoniana, con la cual comparte las mismas personas. ¿Qué físico, o incluso qué estudiante universitario, no es capaz de cambiar de una a otra conforme lo necesita? Las dos redes juntas hacen que ciertas máquinas se mantengan juntas y funcionen. Ellas coinciden en que forman capítulos sucesivos de los mismos libros de texto.

Tales redes pueden ser encontradas en todos los campos y todas las disciplinas. Un sorprendente ejemplo de la variedad y heterogeneidad de elementos que pueden ser asociados es dado por Robert Friedman (1989) en su descripción de la red de meteorología. En esta red yuxtapone departamentos de aviación civil y militar, de pesca y agricultura, planes para coleccionar datos, estándares que aseguren la COordinación de mediciones y cálculos y modelos para hacer predicciones.

19 El marco del análisis propuesto aquí nos permite dar un significado nuevo y más relevante al término *información*, al ligarlo a las redes en las cuales circula y que han sido desarrolladas al mismo tiempo que él.

Dinámica

Esto conduce a la siguiente pregunta: ¿cómo las redes llegan a existir y cómo llegan a extenderse a sí mismas? ¿En otras palabras, cómo podemos describir su dinámica en términos que describan simultáneamente la creación de la variedad y la de procesos de irreversibilidad?

La respuesta a esta difícil pregunta se encuentra en los trabajos llevados a cabo por los antropólogos y sociólogos de la ciencia en los últimos años, y puede resumirse en dos conceptos relacionados: los conceptos de reconfiguración local y extendida.

Reconfiguraciones Locales. Permítanme empezar con el proceso de reconfiguración local que nos permite abandonar la vaga noción de laboratorios.?? La reconfiguración de redes -esto es, la producción de nuevas proposiciones, el desarrollo de nuevos instrumentos o la elaboración de nuevas habilidades y técnicas- opera dentro de grupos con membresía restringida. Estas fronteras de grupo están bastante bien definidas. Pueden ser más pequeñas o más grandes que un laboratorio, y sólo raramente coextensivas con uno mismo.

Estamos empezando a tener suficientes descripciones de estos colectivos para ser capaces de obtener conclusiones más generales acerca de ellos. Primero, una de sus más destacadas características es la diversidad de elementos que estos colectivos reúnen. Dentro, uno puede encontrar artículos completos o en proceso de ser escritos, técnicos, investigadores, administradores, especialistas en propiedad industrial, ingenieros, máquinas e instrumentos, estudiantes de doctorado, muestras, listas de números u órganos congelados que circulan de un laboratorio a otro. Los festivales panatenienses, con sus largas filas de ciudadanos, vírgenes, efebos, animales, caballería y carrozas, formarían una menos abigarrada cuadrilla que aquellos elementos que se mezclan juntos en estos colectivos.

Segundo, cada uno de los elementos dentro de las colecciones juega un papel activo. Interactúa con los otros. El cromatógrafo produce diagramas de los cuales el técnico toma una selección que él o ella pasan al investigador, quien consulta algún artículo, lleva a cabo cálculos, escribe el borrador de un artículo -no bien se cite o circule- el cual es remitido a un colega cuyas convicciones pueden ser debilitadas con esta información y lo que sigue. La naturaleza de estas interacciones, las secuencias de los elementos son tan variadas como los colectivos locales. En este caso, la máquina es el principal actor y

20 K . K
 ann norr demostró convincentemente la diversidad de papeles que el laboratorio juega ~n una estructura organizacional y en la dinámica de la producción de conocimiento científico e acuerdo Con la especialidad (Knorr-Cetina. 1993).



ada cosa depende de las inscripciones que produce. Los investigadores y las ratas que ellos sacrifican son los principales agentes. También circulan espectros de un laboratorio a otro unificando prácticas y diagnósticos, o ecuaciones que proliferan y atraen a los matemáticos, casi contra su deseo, hacia nuevas líneas de inquirir. Estas interacciones modifican y transforman los aspectos relacionados y hacen que nuevos aspectos aparezcan en la forma de proposiciones, instrumentos, habilidades, creencias y sustancias. Por lo tanto, es apropiado hablar acerca del proceso de la producción de conocimiento científico como del trabajo de reconfiguración (Knorr-Cetina, 1992), o como la práctica de lustrar (Pickering, en prensa).

Las reconfiguraciones producidas por estos colectivos dependen en gran medida de los elementos que se pongan juntos, y en la cultura local que ellos integren. Los problemas planteados; la decisión entre dar preferencia a experimentos o teorías; el favorecer cierto tipo de explicación; la aversión hacia algo; el interés en las aplicaciones, las cuales obviamente dependen de la identidad de los elementos que integran el colectivo, y de la organización de sus interacciones. Al cambiar la composición del colectivo, se modifica el contenido de sus producciones. Por ejemplo, Peter Galison (1987) ha argüido que algunos conceptos básicos de la física de partículas fueron alterados por el uso de contadores en los años treinta; ellos transformaron electrones de un agregado en un concepto enumerable. Como Simon Schaffer (1992) Y Freeman Dyson (1992) han mostrado, si uno cambia los instrumentos de los astrónomos, la descripción del comportamiento de los planetas cambia. Este principio no se aplica únicamente a instrumentos. Si se introducen nuevos textos o nuevas habilidades incorporadas a los colectivos, entonces el grupo reconfigurado se moverá en nuevas direcciones. Desde este punto de vista, debo rendir homenaje a Mullins, quien fue el primero en enlazar la forma y composición de estos colectivos locales a la dinámica del contenido de sus producciones (Mullins, 1972).

Mientras más numerosos y diferentes sean estos colectivos, mayores serán las reconfiguraciones producidas por ellos mismos. La fuente de esta diversidad es la multiplicidad y variedad de estas culturas locales. Todavía falta mucho para que arrojen luz sobre estas culturas, las cuales son mezclas de lo particular y lo cosmopolita. Ellas son similares a los *collages* de los que Clifford Geertz (1986) nos platicó, y puede ser que algunos de estos colectivos, como algunas especies en la selva amazónica, estén bajo amenaza de extinción.^{2\}

^{2\} El análisis de estos colectivos ha recorrido un largo camino en los últimos años. Para una estimulante presentación, véase Haraway (1994).

Reconfiguraciones intermedias y extendidas. Para entender cómo las irreversibilidades creadas por el mercado pueden ser amenazadas por la producción de diversidad, necesito de explicar cómo los colectivos locales tienen éxito en contender con las irreversibilidades existentes, y debo explicar también cómo ellos extienden la variedad que han creado fuera de su medio ambiente. Yo deseo entender cómo estas reconfiguraciones locales restringidas se expandieron de tal suerte que, al final, ellas pueden reconfigurarse totalmente, algunas veces en grandes redes. Aquí de nuevo la antropología de la ciencia indica el camino para responder a este importante problema. La respuesta puede encontrarse en el concepto de intermediario.

Cada elemento en un colectivo local se refiere a otros elementos que lo representan y que están presentes a través de él. La polisemia del concepto de representación necesita ser tratada con respeto. En un colectivo local, el microscopio electrónico pone de manifiesto una red completa de otros microscopios, expertos, observaciones de rutina y reglas más o menos estables para la interpretación de resultados. Los científicos mismos en el colectivo representan una red completa de colegas que han leído los mismos artículos, toman los mismos cursos, asisten a las mismas conferencias y han sido entrenados para usar los mismos instrumentos. La misma cosa se mantiene para las proposiciones que ellos movilizan, al referirse a otras proposiciones y también a otros colectivos que las utilizan, así como los instrumentos y el "saber-hacer" asociados a esto. Los apoyos con unos cuantos requerimientos bien protegidos pueden asegurar la presencia y los deseos del Estado. Los compromisos con firmas o asociaciones comerciales introducen estas últimas cosas al colectivo local. Este colectivo parecería estar confinado dentro de estos límites, por lo cual lo he llamado local. En realidad, cada uno de los elementos que lo constituyen representa redes que pueden estar unidas, confrontándolos o intercambiándolos entre ellos por medio de representantes. De acuerdo con lo anterior he elegido el concepto de intermediario para designar las entidades heterogéneas que constituyen el colectivo local. Ya sea que uno hable de objetos límite, como Star y Griesemer (1989), o de mediadores como Norton Wise (1992), en cada caso nos referimos a la doble naturaleza de estos intermediarios. Ellos son a la vez cosas, proposiciones y personas (visibles, tangibles, y con cierto peso) y redes representadas y puntualizadas (Callan, Law y Rip 1986; Latour, 1987). Estos colectivos locales son como las mónadas de Leibniz. Constituyen un microcosmos que contiene un mundo completo en algún sentido incluido en ellos. Debido a que los sociólogos y antropólogos han sido capaces de desdoblar estos pliegues uno por uno, es que hemos tenido éxito en percibir las redes presentes en esos colectivos.

La variedad de conocimiento producido y su capacidad para cambiar bruscamente redes hechas irreversibles por el mercado, dependerá de la composición de estos colectivos. Podríamos hacer de una idea de la multiplicidad de las posibles dinámicas viendo dos extremos opuestos. En el primer caso, las grandes redes presentes en los colectivos, vía intermediarios interpuestos, están en contacto cercano y se enlazan una con otra. En los colectivos locales, algunas reconfiguraciones menores trabajan de un modo que no afecta las conexiones existentes. Un poco de remiendos han sido necesarios, unas cuantas puntadas, pero el tejido mismo no ha cambiado en gran medida. El estado actual del juego se consolida. En el segundo caso, las grandes redes presentes, vía sus intermediarios interpuestos, no están conectadas todavía. En esta circunstancia, el colectivo local está en posición de proponer algunas reconfiguraciones muy originales e innovativas, enlazando juntas las redes que han sido separadas. Esto conduce a la proliferación de nuevos estados del mundo.

El primer resultado se asocia con trabajo rutinario, consolidación y mejoramiento continuo y obstinado. Las conexiones se ven reforzadas, hay mayor irreversibilidad y retornos crecientes. El segundo resultado corresponde a lo que generalmente se denomina invención: una asociación inesperada de algunas redes preexistentes que hasta este momento eran ajenas una a la otra. En este proceso de entramado, son propuestas nuevas proposiciones, nuevas habilidades desarrolladas y nuevos instrumentos son diseñados²². Ellos permiten construir puentes y forjar enlaces. Esta clase de reconfiguración es más improbable y más radical mientras mayor sea la distancia y menor la conexión entre las redes relacionadas. F Numerosos trabajos sobre la emergencia de nuevas especialidades proporcionan material para ilustrar esta tesis.

En cada caso, el trabajo de la reconstrucción del espacio de circulación de nuevos intermediarios también será muy diferente. En la primera situación, nuevas proposiciones y habilidades permitirán encontrar redes preparadas para recibirlas. La difusión será rápida. En el segundo caso, nuevos espacios de circulación habrán de ser completamente reconfigurados. Es necesario convencer, traducir algunas veces intereses contradictorios, crear tecnologías compatibles, instalar infraestructura técnica y extender cadenas metrológicas, entrenar especialistas y reconfigurar sociedades (Latour, 1987 y O'Connell, 1993). El costo de ampliar el colectivo a través de esta reconfiguración de trabajo puede ser muy alto.

²² Para un buen ejemplo de análisis que muestra la posible dualidad de estas dinámicas, véase Cambrosio y Keating (1994).

Hacia una política económica de redes para la producción y movilización de la ciencia

Estoy ahora en posición de reformular mi pregunta inicial en nuevos términos, para defender la siguiente tesis. La empresa científica debe organizarse de tal forma que permita el desarrollo del mayor número posible de reconfiguraciones y asegure que cada una de ellas tenga la misma oportunidad de crecer. Esto presupone que, en ciertos momentos, estas redes podrán ir tan lejos como el mercado, con la creación de nuevos productos y servicios ofrecidos a los usuarios. El mercado no puede hacer esto porque opera esencialmente de acuerdo con una lógica de retornos crecientes. Los agentes económicos resultan atrapados en una red estratégica que los anima a continuar haciendo lo que ellos saben cómo hacer o a querer lo que otros han querido.

La ciencia es un bien público cuando puede hacer que un nuevo conjunto de entidades prolifere y reconfigure los estados existentes del mundo. La ciencia privada es la ciencia que de línea mundos haciéndolos habitables. Esto es porque la ciencia pública y la privada son complementarias, sin importar que sean distintas: cada una se basa en la otra. Tal definición es independiente de la identidad de los actores

involucrados. Una firma que financia diversidad al apoyar nuevos colectivos está produciendo un bien público y la agencia gubernamental que contribuye a reforzar el enlace entre la investigación que financia y el perfeccionamiento de misiles Tomahawk, apoya una ciencia que, sin duda, debe ser llamada privada.

Por el contrario, la reversión que les he estado proponiendo a ustedes es elegir como nuestro punto de partida la dinámica de colectivos híbridos, más que el concepto de información. El principal discurso económico que ha tenido influencia en años recientes dió como resultado que nos olvidemos de esta realidad. Si queremos entender el significado económico real de la ciencia, necesitamos reconocerla como una fuente de variedad y admitir que puede ser más o menos rival o apropiable de acuerdo a las configuraciones estratégicas en las cuales ingrese. Considerar la dinámica de la ciencia en términos de colectivos híbridos y redes nos conduce a preguntarnos el papel del Estado. La nueva doctrina necesariamente será diferente de la antigua. Su elaboración es doblemente urgente, porque estamos entrando en un período en el cual los respectivos papeles del Estado

²³ S''
 b'' en a interesante releer la historia a la luz de esta nueva definición de ciencia como un
 cren PUBhC~'' Uno podría poner, entonces, atención a incentivos, reglas y arreglos institucionales
 c~f-guna '' unción de su mayor o menor proclividad a favorecer la emergencia de nuevas
 uraciones, y asegurar la extensión progresiva de las redes que ellas hacen surgir.



y la empresa privada en trabajo de investigación y desarrollo están siendo puestos en cuestión. Desde un punto de vista económico, lo que importa es el sistema de incentivos, o si ustedes lo prefieren, las reglas del juego que hacen posible que ocurra esta compleja dinámica. Desde este punto de vista pueden invocarse tres principios.^e

a) El primero es un principio de libre asociación. El conocimiento producido y, particularmente, las proposiciones expresadas, dependen de la colección de intermediarios que están juntos en un colectivo local. Si ustedes cambian la composición del colectivo, entonces se obtendrán otras proposiciones, las cuales no serán ni más ni menos sólidas; solamente serán diferentes. Ningún colectivo debe ser condeñado al ostracismo *a priori*, independientemente de la asociación de intermediarios que se proponga. Para asegurar un mínimo de variedad, los representantes de grupos sociales existentes, pero que han estado excluidos, deben incluirse en estos colectivos. Con introducir el punto de vista de la mujer en la investigación médica, súbitamente se ganarán nuevas proposiciones, nuevas técnicas y nuevas habilidades. Nuevos estados del mundo podrían empezar a proliferar en nuevas direcciones. Las representaciones del cuerpo y de la naturaleza de ciertos padecimientos cambiarían, pero el principio de equidad entre todos los intermediarios debiera ir más lejos que esto, y habría de extenderse a instrumentos, máquinas y capacidades incorporadas. Éstos deberán tener igual derecho de asociación y participación en los colectivos locales. Este principio de libre asociación es también un principio de libre circulación, no de mercancías sino de intermediarios.

b) El segundo principio es el de la libertad de extensión. Una vez que un colectivo local existe y ha empezado su trabajo de reconfiguración, debe tener los medios de construir el espacio de circulación de proposiciones y otros intermediarios que produzca. Esto cuesta dinero.²⁵ Las transacciones necesarias y negociaciones que le permiten a uno interesar a otros actores, crear compatibilidades técnicas, adaptar producción a expectativas, convencer, desplazar y duplicar, representan una considerable inversión. Estas inversiones aseguran el paso de lo local a lo global y reconfiguran las redes que han sido trazadas por el colectivo local. Este principio es uno de los que busca la producción progresiva de irreversibilidad a través de la multiplicación de conexiones y alianzas y de la acumulación de experiencia.

e) El tercer principio es el de la lucha contra la irreversibilidad y la convergencia. Una vez que las redes están en su lugar tienden a

²⁴ Para un análisis muy relacionado con lo que aquí comentado, véase Cowan (1991).

²⁵ Podría decirse que es cuestión de hacer aquí la construcción del mercado posible, enlazando oferta y demanda a un nuevo bien.

perpetuarse a sí mismas y reforzar sus conexiones. La ciencia Se convierte en ciencia privada y actúa en lo sucesivo reduciendo la variedad. Provoca contribuciones significativas al reforzamiento de irreversibilidades. Esta lucha puede tomar varias formas. Antes que nada, puede provocar la práctica de una injusticia medida pero sistemática hacia redes irreversibles. Esto no debería ser apoyado. Más aún, ciertas restricciones deberán serles impuestas, especialmente Con respecto a la obligación de divulgar el conocimiento producido, la duración de la protección ofrecida en retorno para esta obligación y la compatibilidad entre los productos propuestos a los consumidores. Pero la manera más efectiva de luchar contra la irreversibilidad y convergencia sigue siendo prestar apoyo a colectivos emergentes y estimular su proliferación.

Una inmensa cantidad de esfuerzo será necesaria para concebir e implementar los procedimientos y las herramientas esenciales para la aplicación de estos principios. ¿Cómo puede uno medir el grado de originalidad de un nuevo colectivo? ¿Cómo puede uno ayudarlo a crecer sin darle demasiado apoyo? ¿Cómo puede uno medir el grado que ha alcanzado de irreversibilidad? Esto podría ser materia de otro artículo."

Finalmente, me gustaría añadir unas pocas palabras acerca del tono adoptado en esta presentación. Podría parecer algo extraño e incluso reprensible para un sociólogo de la ciencia que se proclama asimismo agnóstico, adoptar un punto de vista grandemente normativo. Yo creo que al dar este paso, simplemente estoy completando el proceso de reflexividad. Tal reflexividad teórica involucra mostrar no solamente los resultados de uno, sino el interés de estos resultados: el espacio social que ellos designan y construyen.

La sociología y la antropología están preocupadas con mostrar el papel de la contingencia irreductible dentro de las ciencias. Las reglas, las prácticas, las formas culturales y las relaciones con todas las cosas varían de un colectivo a otro. La diversidad y lo local son el corazón de la ciencia. Persiguiendo implacablemente la tarea de "mapear" la diversidad en una actividad, por ejemplo, la ciencia, que es generalmente acusada de crear uniformidad y destruir el bienestar de las culturas tradicionales, la antropología ha hecho un importante descubrimiento. La ciencia es un bien público, el cual debe ser preservado a cualquier costo, porque es una fuente de variedad. Provoca que

26 Una relectura de la historia, tal como sugerí en la nota 23, podría ser útil para ayudar a e: <traer algunas lecciones del pasado. ¿Cómo, a través del tiempo y en diferentes disciplinas, ha sido apoyada esta diversidad (o, en contraste, se ha debilitado)? ¿Y cómo ha tenido o no los medios requeridos para regenerar las estructuras industriales?

uevos estados del mundo proliferen. Y esta diversidad depende de la diversidad de intereses y proyectos incluidos en aquellos colectivos que recorren la naturaleza y la sociedad. Sin ella, sin esta fuente de diversidad, el mercado -con su propensión natural a transformar a la ciencia en una mercancía- podría estar condenado a una mayor convergencia e irreversibilidad. Al final, podría negarse a sí mismo. Al igual que en el ciclo de Carnot, la maquinaria económica pudiera funcionar solamente con una fuente de calor y una fuente de frío.

Bibliografía

- Arthur, B.W. (1989), "Competing technologies, increasing returns and lock-in by historical events". *The Economics Journal*, 99: 116-31.
- Biagioli, Mario. (1990), "Galileo's system of patronage". *History of Science*, 28: 1-62.
- Callon, Michael (1992), "The dynamics of techno-economic networks", en *Technological change and company strategies*, editado por R. Coombs, P. Savioti, and V. Walsh, 72-102. London: Academic Press.
- (1993), "Variety and irreversibility in networks of technique conception and adoption", en *Technology and the wealth of nations*, editado por Dominique Foray and Christopher Freeman, 232-68. London: Francis Pinter.
- (1994), "Four models for the dynamics of science", en *Handbook of science, technology and society*, editado por J.c. Petersen, G.E. Markle, S. Jasanoff, and T. Pincho Newbury Park, CA: Sage.
- Callon, Michael, John Law, y Arie Rip, eds. (1986), *Mapping the dynamics of science and technology. Sociology of science in the real world*. London: Macmillan.
- Cambrosio, Alberto (1988), "Going monoclonal": Art, science and magic in the day-to-day use of hybridoma technology. *Social problems* 35:244-60.
- Cambrosio, Alberto y Peter Keating (1994), Monoclonal antibodies: From local to extended networks. Unpublished manuscript.
- Collins, Harry (1974), "The TEA set: Tacit knowledge and scientific networks. *Science Studies* 4: 165-86.

- (1990), *Artificial experts: Social knowledge and intelligent machines*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Comes, R., y T. Sandler (1986), *The theory of externalities, public goods and club goods*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cowan, R (1991), "Tortoises and hares: Choice among technologies of unknown merit", *Economic Journal* 101:801-14.
- Dasgupta, Partha y Paul A. David (1992), "Toward a new economics of science", ponencia presentada en el Center for Economic Policy Research. Conference on the Role of Technology in Economics: A Conference in Honor of Nathan Rosenberg, 9 November, at Stanford University, Palo Alto, California.
- David, Paul A. (1984), "Clio and the economics of QWERTY", *American Economic Review* 75:332-37.
- Dosi, Giovanni, C. Freeman, R Nelson, G. Silverberg, y L. Soete, eds. (1988), *Technical change and economic theory*. London: Francis Pinter.
- Dyson, Freeman J. (1992), Revolution in astronomy. Faculty lecture, Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey.
- Etzkowitz, Henry, and Lois Peters (1991), "Profiting from knowledge: Organizational innovations and the evolution of academic norms", *Minerva* 29:133-66.
- Foray, Dominique (1994), "Les brevets dans la nouvelle économie de l'innovation: les rôles des droits de propriété intellectuelle", *Science Technologie Industrie*, OCDE, 14,127-161.
- Friedman, Robert (1989), *Appropriating the weather. Wilhem Bjerknes and the construction of modern meteorology*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Fuller, Steve (1993), "Knowledge as product and property", en *The Culture and power of knowledge*, editado por Nico Stehr and Richard Ericson, 157-90. Berlin: Walter de Gruyter.
- Galison, Peter (1987), *How experiments end*. Chicago: University of Chicago Press.
- Geertz, Clifford (1986), "The uses of diversity", *Tanner Lectures on Human Values* VII. Salt Lake City: University of Utah Press.
- Haraway, Donna (1994), "A game of cat's cradle: Science studies, feminist theory, cultural studies", *Configurations* 2:59-71.
- Joly, Pierre-Benoit y Chantal Ducos (1993), *Les artifices du vivant: Stratégies d'innovation dans l'industrie des semences*. IRA-Economica. Paris: Economica.
- Kabla, Isabelle (1993), "Le rôle du brevet dans les politiques publiques de l'innovation. Aspects théoriques", inédito.
- Knorr-Cetina, Karin (1992), "The couch, the cathedral and the laboratory: On the relationships between experiment and laboratory



- in science", en *Science as practice and culture*, edited by Andrew Pickering. 113-38. Chicago: University of Chicago Press.
- Latour, Bruno (1987), *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Latour, Bruno y Steve Woolgar (1979), *Laboratory life: The construction of scientific facts*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Lundvall, B.A. ed. (1992), *National systems of innovation*. London: Belhaven.
- Machlup, F. (1984), *Knowledge: Its creation, distribution, and economic significance*. vol. 3, *The economics of information and human capital*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Mullins, N.e. (1972), "The development of a scientific specialty: The phage group and the origins of molecular biology", *Minerva* 10:51-82.
- Nelson, R.R., ed. (1992), *National innovation systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Nelson, Richard R y Gavin Wright (1992), "The rise and fall of American technological leadership: The postwar era in historical perspective", *Journal of Economic Literature* 30:1931-64.
- Nouchi, Franck, (1992), "Les chercheurs français en génétique moléculaire offrent leurs découvertes à la communauté scientifique internationale", *Le Monde*, 29 october, 1.
- O'Connell, Joseph, (1993), "Metrology: The creation of universality by the circulation of particulars", *Social Studies of Science* 23:129-73.
- Pickering, Andrew (s.f.), "The mangle of practice", *American Journal of Sociology*, próxima aparición.
- Rawls, J. (1972), *A theory of justice*. Oxford: Oxford University Press.
- Romer, Paul M. (1992), "Two strategies for economic development: Using ideas and producing ideas", en *Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics*, editado por L. Summers and S. Shah. Washington, DC: World Bank Press.
- (1993), "Implementing a national technology strategy with self-organizing industry investments boards", *Brooking Papers: Microeconomics* 2:345-99.
- Rouse, Joseph (1993), "What are cultural studies of scientific knowledge?", *Configurations* 1: 1-22.
- Schaffer, Simon (1992), "Where experiments end: Table-top trials in Victorian astronomy", inédito.
- Star, Susan Leigh y James R Griesemer (1989), "Institutional ecology, translations and boundary objects: Amateurs and profes-

- nals in Berkeley's ~useum of Vertebrate Zoology, 1907_3 " 9
Social Studies of Science 19:387-420.
- Teece, DJ. (1988), "Technological change and the nature of the firm",
 en *Technological change and economic theory*, editado por G. Freeman,
 C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, y L. Soete, 256-81. MIT Press,
 Cambridge, MA.
- Tirole, Jean (1989), *The theory of industrial organization*. Cambridge,
 MIT Press.
- Weitzman, X. (1992), "On diversity", *Quarterly Journal of Economics* 107:363-405.
- Wise, Norton (1992), "Mediations: Enlightenment balancing acts, or
 the technologies of rationalism", en *World changes: Thomas
 Kuhn and the nature of science*, editado por Paul Horwich
 Cambridge: MIT Press.