

Jean-Marc Lévy-Leblond

LA PIEDRA DE TOQUE

LA CIENCIA A PRUEBA



Comité de Selección

Dr. Antonio Alonso
Dr. Francisco Bolívar Zapata
Dr. Javier Bracho
Dr. Juan Luis Cifuentes
Dra. Rosalinda Contreras
Dr. Jorge Flores Valdés
Dr. Juan Ramón de la Fuente
Dr. Leopoldo García-Colín Scherer
Dr. Adolfo Guzmán Arenas
Dr. Gonzalo Halffter
Dr. Jaime Martuscelli
Dra. Isaura Meza
Dr. José Luis Morán
Dr. Héctor Nava Jaimes
Dr. Manuel Peimbert
Dr. José Antonio de la Peña
Dr. Ruy Pérez Tamayo
Dr. Julio Rubio Oca
Dr. José Sarukhán
Dr. Guillermo Soberón
Dr. Elías Trabulse

Coordinadora

María del Carmen Farías R.

SECCIÓN DE OBRAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LA PIEDRA DE TOQUE

Traducción:
TATIANA SULÉ FERNÁNDEZ

JEAN-MARC LÉVY-LEBLOND

La piedra de toque

La ciencia a prueba



FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

MÉXICO

Primera edición, 2004

Primera edición electrónica, 2014

Diseño de portada: Laura Esponda Aguilar

Publicado por

Éditions Gallimard 5 Rue Sebastien-Bottin 75007 París

© 1996

ISBN 2-7381-0940-3

D. R. © 2004, Fondo de Cultura Económica

Carretera Picacho-Ajusco, 227; 14738 México, D. F.

Empresa certificada ISO 9001:2008



www.fondodeculturaeconomica.com

Comentarios:

laciencia@fondodeculturaeconomica.com

Tel. (55) 5227-4672

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, sea cual fuere el medio. Todos los contenidos que se incluyen tales como características tipográficas y de diagramación, textos, gráficos, logotipos, iconos, imágenes, etc., son propiedad exclusiva del Fondo de Cultura Económica y están protegidos por las leyes mexicanas e internacionales del copyright o derecho de autor.

ISBN 978-607-16-2816-9 (mobi)

Hecho en México - *Made in Mexico*

ÍNDICE

PRÓLOGO

OBERTURA

I. DEFI-CIENCIAS

La paradoja económica

La paradoja social

La paradoja epistemológica

La paradoja cultural

LA CIENCIA A PRUEBA...DE LA SOCIEDAD

II. LA CIENCIA EN FALTA

La cuestión moral

El problema cultural

Para una poética de la ciencia

III. CON DESCONOCIMIENTO DE CAUSA

Ciencia y democracia

IV. EL LADRILLO DE HEIDELBERG

V. ¿PARA QUÉ (A QUIÉN) SIRVE LA INVESTIGACIÓN?

VI. LA CIENCIA EN LA CIUDAD

Las transformaciones de la actividad científica

Política científica y organización del territorio

LA CIENCIA A PRUEBA...DE LA MEMORIA

VII. UNA CULTURA SIN MEMORIA

Un programa de amnesia

Las hojas muertas de la ciencia

Un porvenir incierto

VIII. LA MUSA DE LA TÉCNICA

IX. ¿CIENCIAS ASOCIALES E INHUMANAS?

X. LAS IMPRESIONES DE UN INVENTOR

LA CIENCIA A PRUEBA...DE LA CULTURA

XI. PARA UNA CRÍTICA DE CIENCIA

- La función productora
- La función mediadora
- La función política

XII. BREVES ENCUENTROS DEL ARTE Y DE LA CIENCIA

- Del ver al saber
- De lo abstracto a lo concreto
- De la estética a la ética

XIII. EL ESPEJO, LA RETORTA Y LA PIEDRA DE TOQUE

- ¿Qué puede hacer la literatura por la ciencia?
- El espejo
- La retorta
- La piedra de toque
- Algunas lecciones
- Bibliografía

XIV. HIPÓTESIS *FINGO*

- Ciencia y ficción

XV. LA LENGUA IMPULSA A LA CIENCIA

- Lenguaje y formalismo
- Ciencia y comunicación
- Palabras y males de la física
- De una lengua a la otras
- La edad del capitán

XVI. HABLAR CIENCIA

LA CIENCIA A PRUEBA... DEL PENSAMIENTO

XVII. EL MURCIÉLAGO Y LA LECHUZA

- Pequeña espectroscopia de la filosofía de las ciencias
- Normas y criterios
- El espectro visible
- El espectro invisible
- Tutela e independencia
- Bibliografía

XVIII. PRÁCTICAS DEL INFINITO

El infinito en la física
El infinito como problema
El infinito como método
Lo infinito como solución
Los límites del infinito físico

XIX. IGUAL A EME- CE- DOS

Energía, masa e inercia
¿Velocidad de la luz o constante de Einstein?

XX. ¿CÓMO ESTÁ EL TIEMPO?

¿Hay que creer a los físicos?
El tiempo en la física y el tiempo de la física
¿Hacia tiempos nuevos?

XXI. EL ORIGEN DE LOS TIEMPOS

Un principio sin comienzo

XXII. ¿LA FÍSICA, CIENCIA EN LA QUE NO SE DA LO COMPLEJO?

FUENTES

PRÓLOGO

¿Es moderna la ciencia? ¿Tuvo lugar la “revolución científica”? ¿Realmente hemos pasado del oscurantismo de las ciencias “ocultas” a la luz de las ciencias verdaderas? Existen buenas razones para dudar de que el cambio sea tan radical como comúnmente se cree.

Dos son los reproches que generalmente se hacen a las lejanas antepasadas de las disciplinas actuales, la astrología y la alquimia, en primer lugar. Por una parte, se supone que estas prácticas arcaicas fueron de un esoterismo tal que las hacía inaccesibles al vulgo y que consolidaba así una separación oligocrática entre los poseedores y los excluidos del saber. Por otra parte, dichas prácticas pudieron haber confundido irreflexivamente investigación intelectual e intereses materiales: la interpretación de los horóscopos y la busca de la piedra filosofal pueden concebirse a la vez como ejercicios que ayudan a la elevación espiritual o mística y como prácticas que sólo persiguen fines económicos o políticos. Basta con hacer estos reproches —sin que se trate aquí de cuestionar su validez— para comprobar hasta qué punto la ciencia contemporánea está sujeta a los mismos reproches después de dos siglos de esperanzas iluministas y positivistas. Por eso, deliberadamente tomo de esa antigua cultura alquímica la imagen de la “piedra de toque”, ese material de ensayo que servía para poner a prueba los materiales obtenidos y para verificar el éxito o fracaso de la experiencia. Me parece que a su vez la ciencia actual debe ser puesta a prueba.

Una de las características de la modernidad es que la crítica se ha vuelto una de las formas decisivas de la cultura, una actividad específica e incluso una profesión distinguida. Sin embargo, es forzoso señalar que si bien los críticos de arte, los críticos literarios, los críticos musicales, los críticos de cine (incluso de televisión) tienen derecho de ciudadanía, no hay “críticos de ciencia” reconocidos como tales. Esta paradoja, que pone trabas a cualquier tentativa de integrar la ciencia al mundo de la cultura, es el motor de los textos aquí reunidos. Todos pretenden superar el estadio de una crítica *de la* ciencia, demasiado superficial y de eficacia limitada, para desarrollar una crítica *de* la ciencia, que lleve la reflexión al seno de la actividad científica.¹ La idea está en el orden del día,² e incluso su formulación.³

Este razonamiento sólo tiene sentido si concierne a los múltiples aspectos de una actividad tecnocientífica, que ya es central en nuestras sociedades, pero que ha caído en una crisis latente y está plagada de contradicciones. Enunciarlas como introducción permite trazar el marco general de la reflexión. Si esta obra comienza en seguida sometiendo la ciencia a la prueba de la política, es porque la crisis de sus funciones y misiones sociales condiciona de manera evidente el conjunto de las dudas (Primera Parte). Pero la profundización del análisis exige tomar en cuenta una dimensión histórica

que permita enjuiciar lo que no es exagerado considerar como una pérdida patológica de memoria de la ciencia (Segunda Parte). Puede entonces aparecer la crítica, esencial, de las relaciones, o más bien de la debilidad de éstas, que hay entre la ciencia y la cultura, reservando un lugar especial a la cuestión del lenguaje (Tercera Parte). Por último, la crítica se vuelve epistemológica y desemboca en el terreno mismo del conocimiento científico, al considerar algunos problemas conceptuales de la física contemporánea (Cuarta Parte). Pero esta organización de los textos no determina en absoluto un orden de lectura imperativo.

OBERTURA

I. DEFI-CIENCIAS

LA CIENCIA CAMBIA, ¡y rápidamente! ¿Cómo considerar la posibilidad de dominarla sin estar cabalmente conscientes de sus mutaciones? Si no se toma en cuenta la amplitud y la intensidad de éstas, se corre ciertamente el riesgo de ver fracasar cualquier intento de eliminar las deficiencias de la práctica científica actual, de controlar su impacto social, de reorientar su curso, de repensar su organización. Sin siquiera aspirar a objetivos tan ambiciosos, y pensando sólo en la repartición del saber tal como es, las iniciativas de aculturación científica amenazan con girar en el vacío proponiendo una imagen de la ciencia muy diferente de su realidad. La complejidad de la situación actual puede formularse a partir de cuatro paradojas.

LA PARADOJA ECONÓMICA

La ciencia fundamental nunca ha estado tan estrechamente ligada al sistema técnico e industrial, pero su peso económico ya está en retroceso.

El signo “&” de la sigla I & D, es decir, el lazo entre investigación (fundamental) y desarrollo (aplicado) que durante mucho tiempo se dio por sentado, ahora se cuestiona, al menos en los hechos. La convicción de que la ciencia “de punta” acarrea automáticamente consecuencias benéficas para la economía ya no parece convencer a los dirigentes de las naciones más industrializadas. El desacoplamiento, o en todo caso la desconexión, entre I y D se vuelve cada vez más patente, como puede verse mediante dos simples ejemplos:

1. Algunas empresas que tecnológicamente estaban entre las más desarrolladas han reducido de manera drástica sus actividades de investigación básica, sacrificando áreas enteras de laboratorios prestigiosos, en los que abundaban los ganadores de premios Nobel; es el caso de la Bell Telephone o de la IBM, cuyo presupuesto para investigación bajó de 10% del volumen de negocios en 1990 a 5.8% en 1995.

2. Varios proyectos de ciencia compleja se han detenido, como el superacelerador norteamericano SSC, que tuvo pérdidas y ganancias después que se invirtieron en él 3 000 millones de dólares, o están en dificultades, como el proyecto conjunto europeo LHC que, sin embargo, era claramente menos dispendioso y estaba mejor planeado.

De manera general, en todas partes, o casi, los presupuestos nacionales para la investigación han sido cancelados. Veamos a algunas cifras:

–En Francia, la parte del BCRD (Presupuesto Civil de Investigación y Desarrollo, por sus siglas en francés) en el PIB, que había alcanzado 0.80% en 1985, disminuyó a 0.69% en 1988 y no pasó de 0.72% en 1994. En el CNRS [Centro Nacional de la Investigación Científica, por sus siglas en francés], aun antes de que estallara la grave crisis financiera

de los años 1995-1996, el crecimiento de sus miembros, que era de alrededor de 3% anual hasta 1987, cayó progresivamente a 0.3% en 1993 y al 0.1% en 1994.

—En los grandes países industrializados, la parte del gasto interno total de I & D (público y privado), después de un crecimiento ininterrumpido, llegó a un tope de alrededor de 2.9% en 1985 en EUA, donde volvió a bajar a 2.7% en 1992, así como en Alemania, donde ya no era más que de 2.5%. Incluso en Japón casi alcanzó 3% en 1990, pero volvió a bajar (2.8% en 1992).

Se pudo creer, hacia fines del decenio de 1980, que esta situación era coyuntural y que estaba vinculada con la recesión económica general. Los datos del decenio de 1990 muestran que el estancamiento de los presupuestos científicos es en gran medida independiente de los altibajos de la economía general, y confirman su carácter estructural. A manera de ejemplo, la IBM, entre 1994 y 1995, redujo su presupuesto de investigación en 4.4%, mientras que en el mismo periodo su volumen de negocios aumentaba en 12% y sus ganancias se duplicaban.

Ya en 1977, D. de Solla Price había criticado la idea común de que hay un acoplamiento automático entre investigación y desarrollo.¹ Por otra parte, como lo confirmó en 1995 un coloquio de la ORSTOM [Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación] sobre la ciencia que se hace fuera de los países desarrollados, el nivel de la investigación científica y el del desarrollo económico en los países del Tercer Mundo tienen muy poca relación: mientras que la India y Brasil ocupan un lugar más que honroso en numerosos sectores de la investigación, pero tienen grandes dificultades para salir del subdesarrollo, Corea del Sur ha logrado en gran medida su despegue económico aunque el nivel de su investigación científica no sea muy notable.

LA PARADOJA SOCIAL

El conocimiento tecnocientífico nunca ha adquirido tanta eficacia práctica pero se muestra cada vez menos útil ante los problemas (salud, alimentación, paz) de la humanidad en conjunto.

Las dos caras de esta contradicción son, sin duda, demasiado evidentes para que sea necesario detenerse en ellas mucho tiempo. Por un lado, hay descubrimientos que desembocan en innovaciones técnicas de gran difusión, por más elemental que sea su nivel:

—Los principios tan extraños de la teoría cuántica toman forma en los láser que leen los discos compactos o sirven para las troqueladoras industriales.

—Las ciencias de la información subyacen en el despliegue de la informática masiva y de las telecomunicaciones.

—La biología molecular empieza a tener aplicaciones médicas (terapias génicas).

Así pues, el descenso presupuestal no tendría que interpretarse como un desinterés de la industria por la investigación sino, al contrario, como la expresión de su voluntad por encontrar en ella un interés mucho más concreto e inmediato. De eso precisamente da testimonio la muy limitada atención que ponen las industrias farmacéuticas y químicas en las investigaciones sobre genética molecular, así como los intentos en EUA por hacer

de ciertas secuencias del genoma humano objeto de patente, o el trato plagado de controversias entre el Centro de Investigaciones sobre el Polimorfismo Humano en París (en gran medida financiado por los fondos del Généthon [centro de investigación sobre terapias génicas apoyado económicamente por el Teleton]) y la firma privada estadounidense Millennium en relación con un contrato de utilización exclusiva para la segunda de los resultados del primero;² por otra parte, hay que notar el paso, a fines de 1995, del director de ese centro a la industria privada, —¡llevándose consigo, obviamente, muchísimas personas capacitadas con fondos públicos! En otras palabras, lo que ahora se cuestiona es la continuidad de una actividad de investigación científica fundamental, no orientada a la ganancia inmediata y no controlada por el mercado.

No por ello es menos cierto que la eficacia social de la tecnociencia llega al tope, por no encontrar, en la mayoría de los países, las condiciones económicas y políticas que asegurarían su utilización efectiva. Sin embargo, los conocimientos y habilidades conocidos desde hace mucho tiempo son los que con frecuencia permitirían satisfacer las necesidades de la mayor parte de la humanidad en materia de salud (tratar las parasitosis y las enfermedades infecciosas; mejorar la higiene para disminuir la mortalidad infantil), de alimentación (desarrollar el cultivo de productos comestibles, aumentar su rendimiento, equilibrar los regímenes alimentarios) o de vivienda (promover técnicas de construcción ligeras y baratas). La tecnociencia de los países ricos no sólo contribuye muy poco a resolver los problemas de los países pobres, sino que a menudo son estos últimos los que ayudan a los primeros. Así, el fenómeno constante de “fuga de cerebros” permite a EUA, hacer que investigadores provenientes de Asia y de América Latina realicen lo esencial de su investigación científica (en particular en el terreno biomédico); y, también los recursos naturales, sobre todo vegetales, de numerosos países tropicales son explotados por grandes multinacionales, especialmente de la industria farmacéutica, con muy poco control y aún menos beneficios para esos países.³

LA PARADOJA EPISTEMOLÓGICA

El conocimiento científico nunca había alcanzado un nivel semejante de elaboración y de sutileza, pero cada vez tiene más lagunas y está más fragmentado; cada vez es menos capaz de hacer síntesis y reestructuración.

Sin duda, no se tiene suficiente conciencia en cuanto a que los avances científicos contemporáneos se deben, en su mayoría, a rupturas conceptuales y descubrimientos experimentales que datan de varios decenios:

- la biología moderna celebró en 1994 el cuadragésimo aniversario de sus descubrimientos fundadores (la estructura del ADN y el desciframiento del código genético);

- la teoría de la información y la informática son quincuagenarias (las primeras computadoras son hijas de la segunda Guerra Mundial);

- la microfísica cuántica, así como la cosmología, son más que sexagenarias (la expansión del Universo fue observada por Hubble y formulada en teoría en el decenio de 1920);

—en cuanto a los métodos matemáticos “modernos” (teoría del caos, fractales), éstos provienen esencialmente de desarrollos que se remontan a principios del siglo XX y que vuelven a aparecer después de una prolongada ocultación.

Verdaderos obstáculos epistemológicos e intelectuales ponen en evidencia la falta de innovaciones determinantes durante los últimos decenios. Es obvio que tanto la física fundamental como la biología se enfrentan a grandes obstáculos: no comprendemos la clasificación, y las propiedades de las partículas y la unificación de las interacciones físicas siguen siendo esquivas, aspectos esenciales del cáncer se nos escapan⁴ y las “nuevas enfermedades” (como el sida, pero también la enfermedad de Lyme, etc.) nos desconciertan.

La relación calidad/costo de la ciencia contemporánea no deja de deteriorarse: las aberraciones (del tipo de “memoria del agua” o “fusión fría”) se multiplican, así como los casos de fraude o los conflictos de intereses (véase la controversia Gallo-Montagnier). Y muchos de los conocimientos recientes de la ciencia no son más que redescubrimientos de trabajos olvidados; así, las lluvias ácidas, descritas en el decenio de 1950, tal vez fueron conocidas un siglo antes (A. Smith, 1852), y la simbiogénesis no data del decenio de 1960 (Margulis), sino de principios del siglo XX (Mereschkowski *et al.*)⁵

La visión tradicional de un conocimiento científico estable, que crece por extensión sistemática y concéntrica, debe sustituirse entonces por la imagen fractal de un terreno dividido, constituido por conocimientos diferenciados, seudópodos en perpetua ramificación, que dejan entre sí lagunas de ignorancia y en ellas vacíos de duda.

LA PARADOJA CULTURAL

La difusión de la ciencia nunca había dispuesto de tantos medios (medios masivos de comunicación, libros, museos, etc.), pero la racionalidad científica sigue estando amenazada, aislada e impotente ante ideologías que la rechazan o, lo que es peor, la recuperan.

¿Es necesario insistir en la ironía de la coyuntura mediática, que ve que los medios de comunicación modernos despliegan una variedad y una eficacia cada vez mayores gracias a las aportaciones de las tecnociencias pero que sólo ofrecen una porción cada vez más congruente con la difusión de sus principios básicos? Las ondas electromagnéticas, los tubos electrónicos, los circuitos de transistores, los algoritmos de manejo de la señal, etc., que sirven para que las pantallas de los televisores y de las computadoras funcionen, sólo en contadas ocasiones revelan su existencia para explicarse ante quienes los utilizan. Incluso las tecnologías más tradicionales, como la del automóvil, se vuelven más opacas y menos accesibles a los ojos y manos de los usuarios. No es necesario ir hasta lo profundo del espacio para encontrar agujeros negros de los que no hay ninguna información; la mayoría de los objetos técnicos modernos son buenos ejemplos de ello.

Pero aún más que la creciente dificultad de nuestras sociedades para compartir el conocimiento tecnocientífico, su incapacidad para difundir los valores de racionalidad y de espíritu crítico en los que se basa ese conocimiento es la que da testimonio de su situación paradójica. Nada demuestra mejor las esperanzas fallidas en un racionalismo

ingenuo que la perfecta compatibilidad de la ciencia moderna y los nuevos fanatismos, en detrimento de las tradiciones culturales (¡y científicas!) más ricas y más abiertas. En tierras del Islam⁶ el fundamentalismo lleva a cabo su reclutamiento con más facilidad precisamente en las facultades de ciencias, en las escuelas de ingenieros y en los institutos técnicos, y con frecuencia los jóvenes judíos ortodoxos más intolerantes están relacionados con la informática (quien planeó los primeros atentados cometidos por Hamas era ingeniero, y el asesino de [Yitzhak] Rabin, estudiante de informática). La secta japonesa Aum Shinri-kyo reclutó a gran cantidad de sus miembros en los medios científicos, su culto tenía una fuerte dimensión técnica (hay que recordar los cascos con electrodos de sus adeptos) y sus locales disponían de equipo científico perfeccionado de electrónica y, desde luego, de química.

La edición ofrece ejemplos menos llamativos, pero característicos: uno de los agentes literarios norteamericanos, especializado en libros científicos para el gran público, anuncia en su catálogo tanto obras de investigadores prestigiosos (Gell-Mann, Dawkins, Eldredge, Dennett, etc.) como textos que conjugan esoterismo y científicismo en la forma más primaria que se pueda imaginar: *Física y metafísica de la presencia espiritual*, o bien *La física de la inmortalidad (La cosmología moderna y la resurrección de los muertos)*, con todo y ecuaciones de apoyo; en Francia, *Dios y la ciencia* realizó recientemente una desafortunada alianza con un editor respetable. Aquí, hay que decirlo, la razón se enfrenta al mismo tiempo a la economía y a la ideología. En la confusión reinante, es de temerse que se perciban muy mal, y que incluso a veces se disfracen, los escasos intentos para salir de los enfrentamientos estériles entre un racionalismo estrecho y un fideísmo ingenuo.⁷

Pero sin duda es inútil detallar aquí lo que es una evidencia para todos los que luchan por injertar la ciencia en la cultura; es decir, que nuestros esfuerzos tienen una eficacia muy limitada...

Hay, pues, una crisis profunda de la ciencia. No olvidemos que la actividad científica como tal no es una constante en las sociedades humanas. Han existido grandes civilizaciones en las que la producción de conocimientos nuevos, lo que llamamos investigación, no era una práctica reconocida ni valorada por sí misma. China y Roma constituyen dos ejemplos, al contrario de la India y Atenas. Es posible, y sin duda hasta plausible, que entremos en un periodo en el que la ciencia, convertida en tecnociencia por su compromiso práctico, desaparezca bajo esa técnica que la transformó, como un río que a veces desaparece bajo los derrumbes de las mismas paredes del lecho que cavó.

Sin embargo, no todo está dicho, como la teoría del caos pretende enseñarnos. Por otra parte, si el gigantismo de la megaciencia es uno de los síntomas de su fragilidad, también puede tratarse de una enfermedad de juventud: las pirámides egipcias, los monumentos mayas y las catedrales góticas (con las que los físicos han comparado tan frecuente e imprudentemente sus aceleradores) datan del principio de sus respectivas eras culturales. La madurez traería consigo la medida.⁸

Pero esta maduración exige de la ciencia que se transforme de manera profunda; que

renuncie a sus fantasías de omnipotencia (y de omnisciencia); que sea prudente más que conquistadora; que conceda tanta importancia a la comprensión del conocimiento como a su producción (“Pienso con frecuencia que los tratados generales y las obras populares son tan importantes para el progreso de la ciencia como los trabajos originales”, decía Darwin), a su pasado como a su presente (“La historia de la ciencia es la ciencia misma”, —escribía Goethe—. No podemos saber lo que poseemos mientras no sepamos lo que otros poseían antes que nosotros. No podemos apreciar de manera seria y honesta las ventajas de nuestra época mientras no conozcamos las de las épocas anteriores”). Es decir, insertar la ciencia en la cultura ya no puede limitarse a la difusión centrífuga del saber, sino que exige un movimiento centrípeto: a la “acción cultural científica” debe añadirse ahora una reacción en retroceso sobre el propio medio científico.

Desde luego, mediante la sola actividad cultural la ciencia no conocerá esta mutación necesaria. Pero si el aleteo de una mariposa puede desencadenar las peores catástrofes, también puede impedir las...

LA CIENCIA A PRUEBA...

...DE LA SOCIEDAD

II. LA CIENCIA EN FALTA

EN EL DECENIO DE 1970, la crítica de la “ideología dominante” era afecta a desplegarse, con deleite, en el terreno de la ciencia. Modelo de objetividad, de neutralidad, de universalidad, la ciencia no podía escapar de las sospechas radicales. De hecho, no era muy difícil encontrar en ella elitismo institucional, autoritarismo jerárquico, conformismo intelectual, sumisión política, imperialismo cultural.¹ Todos los rasgos de una sociedad llena de desigualdades se encontraban también en el microcosmos científico. Lejos de escapar de las reglas comunes, y porque había aspirado a ellas durante mucho tiempo, la ciencia, supuestamente excepcional, llegó a ser un ejemplo patente de la hegemonía ideológica.²

La demostración era, al parecer, irrefutable, y en la actualidad son pocos los que cuestionarían las conclusiones en conjunto, aun cuando la terminología de los textos de esa época deja escapar a veces un encantador perfume de arcaísmo dogmático. Nadie cuestiona ya que la investigación científica sea, en efecto, una actividad social entre otras, sujeta a lo político, lo económico y, en gran medida, a lo militar. Estudios respetables en las activas disciplinas de la sociología y de la historia de las ciencias han sustituido a los virulentos panfletos izquierdistas para hacer notar —¿científicamente?— la meritocracia institucional, la contingencia cultural y el relativismo epistemológico de la ciencia.

Y nada ha sucedido.

Como la sociedad en conjunto, la comunidad científica ha soportado los golpes de la crítica radical con la tranquila indiferencia de un edredón. Algunos jóvenes investigadores hastiados se fueron a criar cabras a Lozère; algunos dirigentes indignados escribieron irrisorias apologías; los demás siguieron manejando sus probetas y sus calculadoras. El investigador medio ya no cree que sus manipulaciones genéticas eliminarán el cáncer. Ya no imagina que sus síntesis químicas abolirán el hambre en el mundo. Ya no cree que los conceptos de su nueva teoría marcarán la cultura universal. Ya no piensa que sus ecuaciones revelarán la Realidad Última. El profesionalismo tecnocrático ha sustituido al triunfalismo científicista. El investigador ya no tiene ilusiones ni responsabilidades. Si la actividad científica sólo es un componente de la actividad social, sin autonomía ni especificidad, ¿cómo y por qué el investigador debería preocuparse por lo que ocurre con su trabajo? Ni los riesgos militares de propagación nuclear, ni las vertiginosas consecuencias sociales de las diversas formas de procreación artificial, ni las nuevas catástrofes tecnológicas han conmovido a los medios científicos como tales.

La crítica de la ideología ha desembocado en la falta de ideología. No es que la primera sea la causa de la segunda: ambas son consecuencia de una mutación profunda del funcionamiento mismo de la investigación científica, que ya llega a sus límites,

económicos y políticos. El costo de la investigación, el tamaño de sus equipos, la amplitud de sus programas y la importancia de sus consecuencias han terminado definitivamente con una era de crecimiento espontáneo e incontrolado. Basta con comparar las carreras fáciles y rápidas de los jóvenes investigadores de hace 30 años con las dificultades de contratación y el estancamiento profesional de los de hoy, para persuadirse de ello —y comprender el efecto de esta situación en las mentes del medio científico—. Los presupuestos, las prioridades y la organización de la investigación son objeto de decisiones que escapan cada vez más a los representantes, aun a los mejor colocados, de la comunidad científica. Esta pérdida de una autonomía incluso parcial y este sometimiento ya notorio a las obligaciones sociales y económicas no están por accidente en la ideología de la indiferencia —y a veces ni siquiera de la prepotencia— actualmente generalizada.

Puede considerarse como un progreso de la lucidez colectiva la desaparición de un sistema de valores, de normas y de representaciones —el científicismo triunfante de hace poco tiempo— que se había vuelto ilusorio. Pero la persistencia de un vacío semejante está llena de riesgos. Una vez revelada su desnudez, el rey está amenazado —y es peligroso; la sensatez exige que se le encuentre nueva ropa—. La ciencia desempeña un papel social demasiado considerable como para poder privarse por mucho tiempo de una conciencia. A falta de eso, se quedará sin fuerzas ante las crecientes exigencias de la época y mostrará una extrema vulnerabilidad. Y es que dos espectros la asedian: la moral y la cultura.

LA CUESTIÓN MORAL

De aquí en adelante, nada es menos patente que la ciencia está al servicio del progreso humano, que era el credo del siglo XIX. Sólo como ejemplo, tomemos la evolución de ese símbolo por excelencia de los éxitos de la ciencia, el premio Nobel. Hace más de un siglo que, en su testamento fechado en París el 27 de noviembre de 1895, Alfred Nobel creó “sus” premios, anualmente “concedidos a los que hayan prestado los mayores servicios a la humanidad”. No nos preguntaremos aquí si los premios Nobel de la paz o de la literatura (estos últimos explícitamente destinados a una obra de “tendencia idealista”) han sido fieles a las intenciones de su creador. La duda es, en todo caso, legítima en el terreno de las ciencias. Para atenernos a la física, es forzoso recordar que el premio ha sido otorgado sobre todo por descubrimientos fundamentales, cuyos beneficios concretos para la humanidad son, por lo menos, inciertos —con escasas excepciones, como W. Röntgen por los rayos X (el primer premio, en 1901), o G. Dalén por un sistema automático de faros y balizas (1912)—. Puede esperarse que numerosas investigaciones hoy sin aplicación terminen por encontrarla. Pero ésa es una petición de principio, y la experiencia permite crear que esas potenciales aplicaciones corren el riesgo de resultar al menos tan dañinas como beneficiosas. Fermi recibió el premio de física en 1938 por sus contribuciones a la física nuclear, siete años antes de Hiroshima, y Rotblat el premio de la paz en 1995 por su lucha contra el armamento nuclear... ¿Qué mejor ilustración de esta ambivalencia constitutiva del conocimiento que ignoró Nobel? Ya no somos tan ingenuos.

Y ahora sabemos que la ciencia es necesaria pero insuficiente. Su capacidad de prestar “grandes servicios a la humanidad” depende, en lo sucesivo, menos de la comunidad científica que del contexto sociopolítico. ¿Cuándo habrá un premio Nobel *científico* para el ministerio que haya permitido el desarrollo de investigaciones útiles o para los que, con sus protestas, hayan impedido investigaciones nocivas?

La cuestión moral se vuelve, así, una prueba fehaciente. A Prometeo, cuyo mito sirvió de base para el desarrollo inicial de la ciencia, lo sucedió demasiado naturalmente Pandora. Creímos que la ciencia nos ofrecería posibilidades entre las cuales podríamos elegir, medios que podríamos utilizar o rechazar de acuerdo con nuestros fines. Nada de eso sucedió. La ciencia se ha vuelto técnica; lo posible se ha vuelto real. “Todo lo que puede hacerse, se hará.” Cada concepto se ha hecho realidad; cada idea se ha hecho máquina. El gesto ha olvidado la intención. La física ha hecho posible la autodestrucción de la humanidad; la biología hace posible su automutación. ¿En nombre de qué vamos a decidir poner en práctica o no poner en práctica las nuevas técnicas, desde la relativamente inocente fecundación *in vitro* hasta las vertiginosas manipulaciones del genoma y la clonación? O, más bien, ¿en nombre de qué se deben rechazar —puesto que ninguna referencia expresa, ninguna norma moral o ley social es necesaria para aceptarlas —? No hacer nada, es dejar hacer. Si para la resignación sólo basta lo implícito, el rechazo debe ser explícito. Ciertamente, la preocupación alcanza incluso a los sectores dirigentes de la sociedad, que intentan conjurar su pérdida de control reuniendo serios comités de ética. Pero cómo no ver la ironía de la situación: los científicos, finalmente asustados por las consecuencias de sus descubrimientos, se dirigen a los políticos para mendigar, y luego exigir, reglas del juego; los políticos, aterrorizados por su incompetencia, confían el estudio de la cuestión a los expertos... científicos (que tienen un gran peso en las diversas instancias éticas actuales). Y mientras este *mistigri* (los niños franceses de hoy han inventado una variante de este viejo juego de naipes francés con el nombre más realista de “paquete de mierda”) continúe, las investigaciones continuarán también. En los hechos, los comités de ética, al alimentar el discurso mediático sobre las nuevas técnicas, domesticar el imaginario colectivo y legitiman por adelantado las mismas realizaciones que pretendían retrasar o impedir. A corto plazo, la situación actual sólo puede desembocar en la justificación resignada de un laxismo desbocado o en una contrarreacción de control violenta y llena de arbitrariedades.

EL PROBLEMA CULTURAL

La cultura, por su parte, plantea a la ciencia una cuestión en forma de paradoja silogística. Por un lado, la cultura contemporánea está completamente invadida por la técnica. La creación pone en práctica tecnologías, nuevas o viejas, cada vez más diversas y perfectas. Sobre todo, la esencia mediática de la cultura contemporánea la hace depender de las tecnologías de comunicación en plena expansión. El término “tecnocultura”, que hay que entender en un sentido propiamente etnológico, da cuenta efectivamente de esta situación. Por otro lado, la técnica tiene ya (desde hace menos de un siglo) a la ciencia como núcleo —de ahí, sin duda, la fortuna del vocablo, más teórico,

de tecnología—. Si tanto los métodos como los objetos de la técnica conservan una gran autonomía, no por ello dejan de incorporar directamente una parte cada vez mayor de conocimientos científicos: la técnica no se reduce a la ciencia pero depende de ella —y, desde luego, le devuelve, en instrumentos y materiales, su buen proceder—. La separación de la investigación fundamental y de la investigación aplicada, de la “investigación” y del “desarrollo”, no es sólo una convención, institucionalmente útil, sino conceptualmente vacía. Por eso se habla con justa razón de “tecnociencia”. Y aquí está la paradoja: aunque la ciencia está en el seno de la técnica, y la técnica en el seno de la cultura, no hay transitividad, y la ciencia es más que nunca ajena a la cultura. Los conocimientos científicos, incluso los clásicos, no forman parte del saber común. Sus avances conceptuales, sus apuestas intelectuales escapan cada vez más a los propios profesionales de la cultura. La ciencia contemporánea, no obstante estar en plena renovación, alimenta poco la imaginación de los creadores, escritores o artistas plásticos, y apenas despierta el interés de los pensadores. Y más vale dejar de lado las múltiples, triviales y engañosas glosas sobre la supuesta convergencia del pensamiento científico y los mitos tradicionales: esas nostálgicas ilusiones unitarias no hacen más que aumentar la confusión. La enajenación actual muestra el contraste entre la imposición material cada vez mayor de las técnicas vinculadas con la ciencia y el peso cultural cada vez más débil de las concepciones del mundo que aquélla propone. ¿Cuál es, pues, el valor de una verdad cada vez más esotérica? ¿Cuál es el estatus de un conocimiento cada vez menos compartido? ¿Cuál es el sentido de una razón sin razones?

La discontinuidad cultural y el vacío moral de la ciencia son dos aspectos de la carencia ideológica en que se hunde la ciencia. Si la dimisión trágica, la resignación escéptica o la recuperación cínica siguen dominando; si no renace un debate colectivo vivo y verdadero sobre los fines y los medios de la investigación científica —y las oportunidades no escasean—; si no aparecen nuevas opciones, apuestas claras, objetivos redefinidos, entonces podría suceder que a corto plazo estuviera condenada la ciencia tal y como la conocemos, y que terminara sin gloria, en una subordinación absoluta, desde ahora, a las presiones económicas y a los intereses políticos, una de las grandes aventuras de la modernidad.

PARA UNA *POÉTICA* DE LA CIENCIA

En 1654, Otto von Guericke llevó a cabo una espectacular experiencia que causó viva impresión en sus contemporáneos: la “Gran Experiencia de Magdeburgo”. Von Guericke unió dos hemisferios de latón cuidadosamente ajustados; en la esfera de alrededor de 80 centímetros de diámetro así formada hizo el vacío con ayuda de una máquina neumática de su invención. Entonces, los hemisferios se adhirieron uno al otro con tal fuerza que un doble tiro de 16 caballos no pudo separarlos.

La esfera humana actual está hecha de esa manera. Sus dos caras, la de la dominación y la del conocimiento, se han acercado, y el vacío que hay entre ellas se ha vuelto tan perfecto que ya nada puede separarlas. Ya no hay distancia entre lo sociopolítico y lo tecnocientífico: el financiamiento, la administración y la orientación de

las instituciones científicas dependen directamente de las instancias políticas;³ las aplicaciones e implicaciones de la investigación son sistemáticamente de naturaleza social, política, económica y militar. El acoplamiento directo del conocimiento y el poder ha eliminado las mediaciones complejas, las causalidades recíprocas, los relevos múltiples que permitirían actuar sobre sus relaciones: ya no hay espacio, ni siquiera fallas, por donde pudieran introducirse fuerzas capaces de modificar ese dispositivo global. Trátese de decisiones colectivas deliberadas o de influencias sociales contingentes, ya nada parece poder quebrantar la aparente autonomía de un complejo político-industrial-técnicocientífico que termine por establecer su hegemonía en el planeta. La influencia de la racionalidad productivista se extiende ahora al segundo y al Tercer Mundo. Ya no escapan a ella los contramovimientos utopistas: el verde de la alternativa ecológica se vuelve rápidamente el color simbólico y publicitario del nuevo desarrollo industrial (*You can make cash out of trash* [“Puede hacerse dinero hasta de la basura”], dicen en EUA desde hace tiempo)...

La universalidad del sistema y su flexibilidad aseguran su solidez, basada en la coexistencia resignada y cómoda de las libertades individuales y la incompetencia colectiva. El despotismo ilustrado fue un modo de organización social notable por su eficacia y su estabilidad. Su contraparte, la democracia venida a menos, también lo es. Atrapados entre un poder y un conocimiento unidos entre sí, en esa esfera vacía y opaca, nuestro aliento se restringe y nuestra visión se estrecha. Una vez pasado el tiempo de las ilusiones en cuanto a la conquista del poder y el dominio del saber, ¿no podemos al menos aligerar su opresión? Dar juego a los hemisferios de Magdeburgo ¿no es el medio de hacer entrar el aire ahí, de restablecer la presión y de permitir el movimiento? Llamemos a este juego, a este aire, a este movimiento, *cultura* en singular y sin epítetos/etiquetas: la “cultura científica y técnica” sólo es una ficción cómoda (la cultura es una e indivisible... corresponde a la ciencia y a la técnica encontrar su lugar en ella).⁴ Y entendamos, con esta palabra, el tiempo de la historia, para que el presente al parecer ineluctable del desarrollo tecnocientífico revele su contingencia entre pasado y futuro; la diversidad de los modos de actuar y de pensar, con el fin de que la hegemonía de la tradición occidental no empobrezca definitivamente el patrimonio plural de las civilizaciones; la confrontación de las obras humanas, en el respeto de su alteridad, pues son sus diferencias, y no sus ilusorias convergencias, las que dan valor a las artes y las ciencias.

Comprendemos el mundo, cada vez mejor, gracias a la ciencia, y lo transformamos, cada vez más, gracias (?) a la técnica. No es seguro que comprendamos y transformemos bastante la ciencia y la técnica. Respecto a ellas, nos hace falta tomar distancia, tener un desfase oblicuo, una sana ironía por medio de los cuales lo real deje de parecer natural. Los científicos y los técnicos tienen una necesidad vital, que no hay que esperar a que se vuelva desesperada, de la mirada y el habla de los demás —y en primer lugar de los creadores de palabras, de imágenes, de ideas—. Los escritores, los pintores, los músicos y los filósofos desde luego, por poco que les preocupe o les interese la cuestión, tienen algo que decir y que mostrar sobre las ciencias y las técnicas, su sentido, su valor, sus

límites —y no sólo tomar de ellas sus formas y sus instrumentos. La vigilancia crítica, ¿cómo podría estar desligada de la exigencia estética (ese rechazo de la *anestesia*)? ¿Nos atreveremos a pensar en una *poética* de la ciencia? En el horizonte, un *saber alegre*...

III. CON DESCONOCIMIENTO DE CAUSA

CIENCIA Y DEMOCRACIA

DE LA CIENCIA esperamos sus explicaciones y deseamos sus aplicaciones. En la actualidad, debemos aceptar sus implicaciones y enfrentar sus complicaciones, pues casi no hay problemas graves, entre los que debe encarar la humanidad, ajenos a la ciencia, sea que se le pida que los resuelva, sea que se le consulte para aclararlos, sea que se le acuse de haberlos creado, y con frecuencia todo junto: sobrepoblación, contaminación en sus diferentes manifestaciones, proliferación nuclear, etc., la lista es tan larga como trivial. También hay que preguntarse si las formas democráticas de la organización social, en las cuales queremos seguir creyendo, son adecuadas para responder a estos desafíos.

Hace poco la pregunta no parecía tener objeto, pues una respuesta afirmativa se desprendía, “por hipótesis”, como dicen los geómetras, de la idea que teníamos de la ciencia. El gran proyecto de la Ilustración, ese hermoso sueño del que apenas empezamos a despertar, nos hacía creer en una alianza natural y constitutiva entre ciencia y democracia. En las fachadas de nuestros monumentos, detrás de las tres palabras de nuestra generosa divisa, *Libertad-Igualdad-Fraternidad*, leíamos otra en filigrana: *Verdad*, que, en principio, garantizaba los fundamentos de esos valores y, pronto, otra más, *Eficacia*, que nos aseguraba poder realizarlos.

Contra las supersticiones y las ilusiones que frenaban el progreso humano se erigía la objetividad del conocimiento científico, disipando definitivamente, en todas partes a donde su luz llegara, la ignorancia esclavizante. No contenta con aclararnos el mundo natural, la ciencia también iba a decirnos la verdad sobre el hombre y la sociedad, basándose en su derecho y asegurando en los hechos la posibilidad de transformar tanto a uno como a la otra, de manera doblemente justa, en los sentidos desde entonces fundidos de la exactitud y la justicia.

Porque, surgido naturalmente del progreso de nuestros conocimientos científicos, se desarrollaba el de nuestras capacidades técnicas. Al volvernos “amos y señores de la naturaleza”, y por tanto también de nuestra naturaleza humana, el progreso técnico, al erradicar el hambre, el frío, la miseria, aseguraría el progreso económico, que a su vez garantizaría el progreso social, político y, forzosamente, moral. Precisamente a la ciencia se le pedía que garantizara la posibilidad misma de una sociedad libre, igualitaria y fraternal, demostrándonos la “factibilidad”, como se dice hoy, de un proyecto tan utópico. Para quien crea que estas tesis son caricaturas inventadas *a posteriori*, esquematizando a ultranza el espíritu de la Ilustración, vale la pena releer el artículo “Geómetra” de la *Enciclopedia*, que le debemos a D’Alembert (y recordemos que, en su acepción de entonces, la geometría cubría lo esencial de las matemáticas):

Tal vez no se ha prestado aún la suficiente atención [a] la utilidad que puede tener este estudio [de la Geometría] para preparar, casi sin sentirse, el camino al espíritu filosófico, y para disponer a toda una nación a recibir la luz que este espíritu puede difundir en ella. Es tal vez el único medio para liberar poco a poco a ciertas regiones de Europa del yugo de la opresión y de la ignorancia que padecen [...]. Hagan nacer, si es posible, geómetras entre esos pueblos; es una simiente que con el tiempo producirá filósofos, y casi sin que uno se dé cuenta [...]. Pronto el estudio de la Geometría conducirá [...] a la verdadera Filosofía que, por la luz general y rápida que difundirá, será pronto más poderosa que todos los esfuerzos de la superstición.¹

No hay que sonreír demasiado pronto ante estas ingenuidades. Constituían los principios mismos de casi todas las corrientes del pensamiento político, desde el liberalismo extremo hasta el marxismo estricto, no hace demasiado tiempo. Y, por poco triunfalista que sea, la tentación cientificista aún subyace; lo testimonian el “llamado de Heidelberg” y el eco que tuvo.² Y es que la ciencia no sólo ha dado argumentos a las ideologías del progreso, también les ha propuesto un modelo. En efecto, hasta ahora, ¿qué otra actividad humana ha podido jactarse, sin una oposición seria posible, de una progresividad real? Se puede debatir hasta el infinito para saber si tenemos una vida material más agradable, si nuestra cultura artística es superior, si nuestra espiritualidad es más rica, si nuestras relaciones humanas son más intensas que en tal o cual de las civilizaciones que nos han antecedido. En todo caso, lo que no es discutible es que nuestro conocimiento es más amplio, más profundo y más eficaz que en todas esas civilizaciones.

Es más, no sólo la ciencia sería el modelo del progreso, sino también el de la democracia. La “república de los sabios” ofrecería un modelo de ciudad ideal: igualitaria y justa, no conocería ningún privilegio de rango o de fortuna; los arbitrajes se harían por acuerdo mutuo; los conflictos se resolverían por consenso. Siendo las victorias las de la verdad y la objetividad, ¿cómo podrían no ser reconocidas y aceptadas por todos? La “comunidad científica”, como se dice, sería una especie de Jerusalén laica, y mostraría a toda la humanidad que es posible instaurar relaciones sociales transparentes y pacíficas. En este sentido, pues, la relación entre ciencia y democracia sería intrínseca y constitutiva.

Tampoco aquí, hay que ironizar demasiado pronto sobre lo angelical de esta visión. Ciertamente, ahora los hechos la contradicen a diario. Los periódicos nos dan a conocer las disputas encarnizadas de los grandes personajes de la investigación científica, en las que se ponen en juego la notoriedad personal, la vanagloria nacional, la política industrial: la controversia Gallo-Montagnier sobre el descubrimiento del sida es una telenovela típica de nuestro tiempo. También es de notoriedad pública que, por las mismas razones, las faltas a la ética científica son moneda corriente (con frecuencia *stricto sensu*), que el fraude es ahora un componente reconocido de la actividad de los laboratorios,³ que los efectos espectaculares de la divulgación con frecuencia anteceden, y a veces simplemente sustituyen a las meticulosas publicaciones especializadas; las revistas profesionales, como *Nature* o *Science*, después de haberlos pasado por alto durante mucho tiempo, luego referido superficialmente y por último denunciado estos hechos en editoriales

moralizadores, les dedican ahora, con una tranquilidad bastante fría, tantas páginas como la prensa común y corriente a los “asuntos” político-financieros.

Sin embargo, la imagen ideal de la ciencia aún no se ve afectada por esto. Prevalece la concepción según la cual se trata, en esos casos, de “resbalones”, de “escándalos”, de “desviaciones”, cuyos culpables serían algunos individuos, pero que no podrían cuestionar la naturaleza misma del conglomerado científico —el cual, precisamente, demostraría su capacidad para mantener su esencia democrática al realizar, sin intervención exterior, su propia vigilancia y al eliminar a sus propias ovejas negras (¿con agallas?)—. Por otra parte, esto es particularmente cierto en Francia, donde la institución científica ha logrado, hasta el momento, evitar toda intrusión de lo político —a diferencia de EUA, donde una comisión parlamentaria (la *Office of Scientific Integrity*) es la que ha hecho estallar y ha informado sin demasiada delicadeza, hay que decirlo, sobre los grandes casos de fraude (como el que involucra desde hace años al profesor Baltimore, premio Nobel de medicina).

Llegamos así a una situación paradójica. En el momento mismo en que la actividad científica resulta común, marcada como todas las demás actividades sociales por la preeminencia de lo económico, por la división del trabajo, por la influencia de los medios masivos de comunicación, se mantiene —¿durante cuánto tiempo más?— una representación ilusoria de ella, como si fuera un mundo aparte, enclave —al menos en cuanto a sus principios— de justicia y de verdad. El colmo de la paradoja se alcanza en el momento en que esa supuesta esencia democrática de la ciencia la protege de la sumisión a las reglas democráticas generales. Una prueba de esto, entre tantas otras, la proporciona la hegemonía casi total de la que gozan los médicos y los biólogos en el seno de los diversos comités de ética biomédica, empezando por el Comité Nacional de Ética, en el que algunos políticos, filósofos o “representantes de las grandes corrientes del pensamiento” casi no tienen peso en relación con los especialistas. Los procesos a los directivos del Centro Nacional de la Transfusión Sanguínea y el conjunto del debate jurídico en torno al asunto de la sangre contaminada también ilustraron, primero por su carácter excepcional y luego por los testimonios a los que dieron voz sobre una institución tecnocientífica ejemplar, el desacoplamiento de que gozaba esta institución en relación con la esfera de lo político: los ministros “no estaban al tanto”, “confiaban en los expertos”, etc.⁴ Un estatus semejante de extraterritorialidad democrática no tiene igual: incluso el ejército, en la actualidad, está sujeto a un control político mucho más estrecho.

Pero si la ciencia, en la práctica, ya casi no puede aspirar a ofrecer ese modelo de democracia efectiva que tanto necesitaríamos, tampoco nos consuela, si consideramos su historia reciente, en cuanto a los argumentos generales, el de la verdad y el de la eficacia, en los que esperamos basar una concepción progresista de la historia humana en general.

No podríamos, ciertamente, negar la capacidad de que nuestro conocimiento se convierta en poder, basada en la existencia de mediaciones complejas que permiten a nuestras teorías volverse prácticas, a las nociones más abstractas encarnarse en objetos materiales cotidianos: todos saben de qué manera las esotéricas fórmulas de Einstein

sobre la emisión cuántica estimulada han permitido el desarrollo de los discos compactos de lectura con láser, o de qué manera el análisis de los mecanismos moleculares de la herencia desemboca en el nuevo tratamiento de ciertas enfermedades o en la fabricación de nuevos medicamentos. Este engranaje no es tan antiguo como para darlo por sentado: si la ciencia, en el sentido en que la entendemos, nació en el siglo XVII, y si uno de los motivos de su surgimiento se encuentra en la mucho más antigua actividad técnica de la humanidad, no es, propiamente hablando, antes de la segunda mitad del siglo XIX cuando se hace sentir con cierta amplitud la fecundación, incluso el engendramiento, de las técnicas por parte de las ciencias. Desde entonces, el acoplamiento se ha estrechado al grado de que, en la actualidad, se ha vuelto completamente artificial distinguir investigación (fundamental) y desarrollo (aplicado). Así, con justa razón, se designa como “tecnociencia” a la esfera unificada en que circulan y se intercambian ideas y objetos, experiencias y productos, investigadores e ingenieros.

No obstante, hay que ver en su justa medida otra dimensión de esta evolución que distendía los lazos entre ciencia y técnica al mismo tiempo que los ampliaba. Podemos —debemos— afirmar actualmente *al mismo tiempo* que cada vez más innovaciones tecnológicas tienen su origen en descubrimientos científicos, y que cada vez menos descubrimientos científicos dan lugar a la innovación tecnológica. El impetuoso desarrollo, hasta una época reciente, del sector de la investigación científica, el crecimiento de sus medios materiales y humanos han permitido simultáneamente la irrigación del campo industrial y el autoconsumo por parte de la ciencia de resultados sin consecuencias efectivas. Sería un paralogismo llegar a la conclusión de que, por un crecimiento real de la producción de conocimientos científicos que tienen una utilidad técnica efectiva, hay un crecimiento paralelo de la productividad de esos conocimientos. Como en los sectores más antiguos de la producción industrial, la ley de los rendimientos decrecientes está en acción. Enmascarada mientras duró el periodo de expansión continua de la investigación, subyace en la crisis latente que ya presenta ese sector.

Las condiciones económicas y sociales necesarias para la transformación de una invención en innovación, de un descubrimiento en realización, sólo se cumplen en tiempos y lugares muy restringidos. Y en nuestros días, cada vez es mayor el contraste entre lo que *podría* hacerse utilizando los recursos científicos y técnicos y lo que *no se puede* hacer por falta de medios financieros y políticos. Terminar con el hambre en el mundo no depende ya de la agronomía, erradicar las enfermedades parasitarias endémicas no es ya competencia de la medicina, dar vestido y vivienda a todos ya no es de la incumbencia de la ciencia de los materiales. Nos avergonzaríamos de tener que recordar estas trivialidades si tantos ganadores de premios Nobel no intentaran todavía persuadirnos de que la ciencia y la tecnología poseen las claves del progreso económico y social, según los términos del llamado de Heidelberg ya citado.

Hay más: no son sólo las condiciones externas (una forma de decir, desde luego) a las que imponen severos límites la actividad científica, sino su propia naturaleza en la actualidad: todos los eslabones de la cadena epistemológico-técnica ahora se distienden.

Cada vez son más numerosos los fenómenos que se pueden observar sin que por ello se les comprenda, comprender sin que por ello se les reproduzca, reproducir sin que por ello se les transforme. Si todos los conocimientos científicos adquiridos hasta principios del siglo XX han sido más o menos integrados a desarrollos técnicos (así se trate de la mecánica, de la electricidad, de la química, de la microbiología, etc.), es totalmente irracional esperar en lo sucesivo que, en un plazo previsible y pertinente (digamos algunos decenios), la mayor parte de nuestros sutiles teoremas de análisis funcional, de nuestras profundas apreciaciones sobre la cosmología primordial, de nuestras sorprendentes teorías sobre los quarks subnucleares, de nuestros delicados estudios de genética molecular, tengan algún tipo de “consecuencia”. Esto, desde luego, en nada contradice el hecho seguro de que algunos de estos descubrimientos tendrán salidas sin duda decisivas. Y, de cualquier manera, esta aseveración no es más que un enunciado de hecho y no podría bastar para emitir un juicio de valor sobre la ciencia contemporánea, para el cual habría que explicitar, en primer lugar, los criterios necesarios.

Nos vemos, pues, forzados a reconocer que sólo una visión muy miope en el tiempo (el fin del siglo XIX) y en el espacio (el mundo occidental) ha podido hacernos creer que el innegable progreso científico podía ofrecer a la vez un fundamento y un ejemplo a la verdad y a la eficacia unidas, por medio de las cuales deseábamos garantizar la opción democrática. Y es que hemos cometido el error trivial de considerar que cualidades circunstanciales y temporales son esenciales y permanentes, pues la ciencia, ciertamente, ha protegido valores liberadores, y aún puede, aquí o allá, apoyarlos. Contra la autoridad dogmática de la Iglesia, contra el despotismo político, la virtud crítica de la ciencia en los siglos XVII y XVIII no fue pequeña. No habría que olvidar o desacreditar el proceso de Galileo, así como los combates de los enciclopedistas. Pero precisamente de su juventud, de su fragilidad, de su propia inmadurez, la ciencia obtenía esa capacidad ofensiva. En su común adolescencia, sí, la ciencia y la democracia concordaban. Sólo hay libertad, igualdad y fraternidad —que siempre hay que reconquistar— contra los poderes dominantes. Antes de lograr su integración social, la ciencia, por sus llamados a una razón crítica, por sus embestidas contra formas de saber caducas, y también por la expresión que permitía a fuerzas sociales nuevas, fue una preciosa aliada del movimiento hacia la democracia. Y el establecimiento mismo de las primeras formas de Estado democráticas (aunque lo fueran de manera muy limitada...) coincidió con la institucionalización definitiva y generalizada de la actividad científica. Iba a perder *ipso facto* lo esencial de su fuerza crítica y ya no serviría, en el plano ideológico, más que de coartada a los nuevos poderes. Sin duda la ardua batalla que tuvo lugar a fines del siglo XIX en torno a la teoría darwiniana de la evolución fue el último combate progresista de gran alcance que llevó a cabo una ciencia en vías de una integración social completa. Desde entonces, del lado del poder y tributaria de su apoyo, la ciencia, en conjunto, perdió toda capacidad de intervención en el plano político, y se mostró, por otra parte, muy ingrata respecto del espíritu democrático que había permitido su desarrollo y su plenitud.

Nada podría ilustrar mejor la disolución de esta alianza entre ciencia y democracia, y

por lo tanto su carácter coyuntural, que las relaciones por lo menos ambiguas de la ciencia con los totalitarismos del siglo XX. Han tenido mucho eco las persecuciones que el estalinismo infligió a la biología mendeliana o el nazismo a la física relativista, y se ha referido con justicia el martirio de sus investigadores. Pero si Vavilov murió en pleno lisenkismo y si Einstein debió huir de la persecución del Tercer Reich, no implica que la ciencia en conjunto fuera un bastión de resistencia contra el comunismo soviético o el fascismo hitleriano, ni que esos regímenes la asfixiaran o la sometieran. Por el contrario, tanto en la URSS como en la Alemania nazi⁵ ciertas disciplinas científicas tuvieron intensos desarrollos, generosamente apoyadas y financiadas por Estados antidemocráticos. En principio, no hay una antinomia entre ciencia y totalitarismo; el siglo XX lo ha probado, y podría reforzar aún más la demostración: seguiremos con interés los progresos científicos de los Estados islámicos fundamentalistas. Y no es su incapacidad científica o técnica la que hizo caer tanto al Tercer Reich (a la vanguardia, hay que recordarlo, en cuanto a los materiales sintéticos o la aeronáutica) como a la Unión Soviética (famosa por sus cohetes, así como por sus matemáticas fundamentales), sino más bien dicho sus fracasos propiamente políticos y económicos. Por otra parte, el hundimiento del sistema soviético, lejos de ayudar a un nuevo desarrollo del sistema tecnocientífico, lo arrastró en su caída. Por último, ¿es necesario recordar que en el apogeo de la lucha entre los Aliados y el Eje, el perfeccionamiento de la bomba nuclear en el marco del Proyecto Manhattan fue resultado de la organización bajo control militar, con las estrictas obligaciones jerárquicas y las reglas de confidencialidad correspondientes, de un proyecto tecnocientífico en una escala hasta entonces desconocida, demostrando así, sean cuales hayan sido o sigan siendo las justificaciones que, incluso en la democracia, la tecnociencia no tiene necesidad de la democracia?

Visión miope en el tiempo y en el espacio, hemos dicho, es la que proporciona esta imagen iluminista de la ciencia, ¡pero también miope en cuanto a la propia ciencia! Sólo un sector bastante particular de la ciencia ha podido justificar esa ambiciosa ilusión de un completo “dominio y posesión” de la naturaleza: la física. En su campo, efectivamente, los más abstractos formalismos matemáticos han puesto en marcha las más impresionantes realizaciones técnicas. Pero el ideal de científicidad que ha surgido de ello ha quedado fuera del alcance de cualquiera otra disciplina: ni la matematicidad, ni la repetitividad, ni la refutabilidad, ni cualquier otro criterio general existente tiene, por otra parte, una validez comparable. También hay que aceptar la evidencia: la física obtiene menos sus privilegios de su anterioridad que de su prejuicio inicial de ocuparse sólo de los aspectos más elementales y más esquemáticos de la realidad. Hay mucha fatuidad en pretender hacer de la resignación un triunfo; de su restricción la ciencia física obtiene su fuerza —en ningún caso podría presentarse como un modelo consumado de toda ciencia—. Entendámonos bien: aquí no se trata de descalificar la validez o la pertinencia de los conocimientos obtenidos por otras disciplinas, sino más bien de tomar nota del carácter ineluctablemente parcelario, frágil y contingente de toda ciencia y de sus relaciones con las posibles prácticas que establece. El mundo *es* complejo, ya se sabe, y reconocer como en una letanía esta complejidad no basta para conjurarla: la misma física, al

teorizar sobre el caos, la catástrofe o la disipación, no logrará recuperar su soberbia de antaño, ni fundar en una falsa modestia una “nueva alianza” con la cultura. Las mediaciones que parecían constitutivas de la idea misma de ciencia entre descripción, explicación, predicción, acción, se han desunido irreversiblemente, y se ha evaporado la pretensión que tenía la ciencia de inspirar y regir la reflexión política o filosófica.

Pero de repente desaparece al mismo tiempo una paradoja capital que minaba solapadamente la propia posibilidad de analizar con cierta coherencia las relaciones entre el proyecto democrático y la busca científica. De hecho, si la ciencia era —aunque fuera idealmente— el origen de esa verdad universal y de esa objetividad absoluta a las que aspiraba, lejos de fundar la idea democrática demostraría su futilidad. Los aduladores de la ciencia han insistido mucho en la naturaleza supuestamente intrínseca de su verdad, independiente de toda subjetividad, individual o colectiva. Superado el marco de la opinión, rechazando la dominación de la *doxa*, la ciencia produce supuestamente algo verdadero que no se puede cuestionar: se puede tener razón contra todos, y terminar por convencerlos de ello, no mediante la persuasión, sino mediante la prueba. No se vota para decidir la validez de un teorema, y las leyes físicas no están sujetas a la ratificación de alguna asamblea; ésa es, en todo caso, la visión convencional de la práctica científica. Nada hay, pues, *menos* democrático que esos procedimientos basados en la certeza de una verdad preestablecida que no está por producirse sino por descubrirse, y que pretende no ser en forma alguna dependiente de los intereses o de los proyectos humanos. ¿Acaso la democracia no se basa, por el contrario, en el reconocimiento de que no hay una verdad política abstracta y previa al enfrentamiento de las opiniones? El debate democrático es una técnica de decisión social que sólo adquiere su sentido y su fuerza una vez admitida la gran ignorancia en la que somos sujetos y objetos de nuestros comportamientos colectivos. La visión iluminista de la ciencia y su concepción dogmática conducen de manera natural, no a la apuesta democrática, con su permanente inseguridad, sino a la tranquilidad del despotismo ilustrado: no es una casualidad histórica que Diderot y Voltaire hayan estado en la corte de (y hecho la corte a) Catalina y Federico (II, tanto la una como el otro) de Rusia y de Prusia (¡ya entonces! —véase más adelante—). También podemos, un poco más de un siglo después de su muerte, releer hoy a Renan, quien, en 1848, desde el inicio de *El porvenir de la ciencia*, anunciaba claramente su programa: “ORGANIZAR CIENTÍFICAMENTE A LA HUMANIDAD [las mayúsculas son del autor], tal es, pues, la última palabra de la ciencia moderna, tal es su audaz, pero legítima pretensión”,

precisando, además:

“La ciencia que gobernará el mundo no será la política.”⁶

Renan explicitará su pensamiento en sus *Diálogos filosóficos*, escritos, como por casualidad, en Versalles, en mayo de 1871, durante la Comuna:

“Los países en los que hay clases marcadas son los mejores para los sabios, pues, en tales países, no tienen deberes políticos, ni deberes sociales, nada los falsea. Por esto, finalmente, el sabio se muestra respetuoso de buen grado (no sin cierta ironía) ante la gente de guerra y la gente del mundo.”

Mejor aún:

“Si se quiere imaginar algo sólido, hay que concebir un pequeño número de sabios que sostienen a la humanidad con medios que mantendrían secretos y de los que la masa no podría servirse, porque supondría una dosis demasiado fuerte de ciencia abstracta.”⁷

Un ejemplo contemporáneo viene aquí oportunamente a ilustrar estas reflexiones. Me conformo con reproducir esta información encontrada en *Nature*:

Nueva Delhi. Un tribunal de apelación hindú consideró que reservar puestos a las castas inferiores en los empleos públicos y los programas universitarios de ciencia y de tecnología es ilegal y contrario a la Constitución hindú. Esta decisión del Tribunal Supremo de Uttar Pradesh, el estado más grande de la India, echa abajo la política que reservaba [al menos] 22% de los puestos y de las admisiones a la universidad a los candidatos de las castas bajas [hasta entonces excluidos de hecho]. El juez declara que la ciencia no tiene religión ni casta y “por lo tanto no puede haber ahí ninguna política de cuota admisible en el terreno de la ciencia y de la tecnología”. La política actual de la India intenta equilibrar la necesidad de excelencia técnica y la de una atención particular a las clases desfavorecidas en los planos social y educativo. Sin dejar de reconocer que esas clases debían ser ayudadas, el magistrado juzgó que los intereses de la nación y de la ciencia eran primordiales. “Ha llegado el tiempo de afirmar clara y valientemente que no puede haber concesiones en el campo de la técnica y de la ciencia”, escribió en su juicio.”⁸

Así pues, la igualdad (abstracta) ante el conocimiento sirve aquí para mantener la desigualdad (concreta) ante el poder. ¿Puede mostrarse con mayor claridad cómo la pretensión de la ciencia de encarnar valores universales preservando procedimientos de validación autónomos entra en contradicción directa con los principios democráticos de una sociedad conflictiva? Para quien crea que se trata de un caso particular y un poco exótico, observemos que el 15 de junio de 1992 la prensa francesa publicó un llamado firmado por 25 de los biólogos franceses más reconocidos, a propósito de un proyecto de ley discutido entonces por los legisladores sobre “el control de la utilización y de la diseminación de los organismos genéticamente modificados”. Estos investigadores se oponían a una enmienda destinada a reforzar esos controles instituyendo la obligación de una encuesta pública previa a la creación de nuevos centros de investigación de índole biológica; los biólogos aseguraban que este procedimiento “pesado y complejo” iba a frenar el desarrollo de la investigación científica... El mensaje de la camarilla científica fue escuchado por el Senado, que, con un notorio cinismo, limitó las obligaciones de transparencia a las informaciones científicas “no protegidas por el secreto industrial y comercial”, concesión finalmente aceptada por la Asamblea, y que da una medida exacta de *nuestra* democracia en cuanto al campo tecnocientífico.

Ahora bien, la ciencia, más vale regocijarse que lamentarse de ello, *no* es esa fuente sagrada e infalible de la verdad teórica y de la eficacia práctica. Ninguna esencia epistemológica la protege de la multiplicidad de contingencias y contradicciones de toda actividad social. La especificidad de sus metas y de sus métodos es lo bastante incuestionable como para que sea necesario separarla, dentro de una torre de marfil, de la vida y milagros de la comunidad. Si la cuestión de la verdad o, al menos, de la validez de

sus resultados conserva un sentido autónomo e interno para sus prácticas, no sucede lo mismo respecto de la pertinencia de esos mismos resultados, para la elección de sus orientaciones, para las formas de su organización, para el interés de sus actores (y sus intereses). En este plano, está sujeta a la influencia directa de lo económico, de lo social, de lo político y de lo ideológico. Pero este reconocimiento de la falta de autonomía de la actividad científica a la vez mina la ilusoria garantía teórica del proyecto democrático y disipa la verdadera paradoja conceptual a la que aquél se enfrentaba. Si la ciencia ya no puede pretender inspirar o guiar la democracia, tampoco puede ser un obstáculo para ésta. Nada es más claro que actualmente la opción democrática tenga necesidad en numerosas cuestiones de informaciones científicas o de medios técnicos. Nada es menos cierto que esas necesarias pericias son suficientes, o incluso esenciales, pues ahora la ciencia plantea más cuestiones de las que puede resolver, y son más las respuestas falsas que elimina que las verdaderas que da —y esto ya es mucho—. Sí, la investigación científica es la que nos alertó sobre el agujero en la capa de ozono, el efecto de invernadero, el invierno nuclear, el sida, las amenazas a la biodiversidad, para atenernos a los grandes encabezados de los periódicos. Pero también resulta incapaz de remediar rápida y seguramente la amplitud, las causas y los remedios de esos peligros. Comprobemos sus limitaciones en lugar de esperar milagros y de reprocharle su impotencia después. Así, más que indignación, debería provocar una sonrisa la firma común, abajo del llamado de Heidelberg que suplica a los gobiernos que sigan las opiniones científicas informadas, de dos especialistas franceses de las ciencias de la tierra conocidos por sus divergencias de opinión sobre la evaluación científica de los riesgos volcánicos, así como de la contaminación estratosférica. La ilusión de la pericia así disipada aleja la tentación de la “expertocracia”, neologismo anglosajón tan temible como lo que designa, una forma moderna del despotismo (supuestamente) ilustrado.

Reconozcamos, por último, que la democracia es aceptar que, al deber declararnos con (relativo) *desconocimiento de causa*, la “menos peor” de las soluciones (según el ineluctable aforismo churchilliano) es hacer una apuesta colectivamente y correr juntos los riesgos de esas decisiones. Al principio del proyecto democrático, éste enuncia que *la conciencia es más importante que la competencia*.⁹ Es curioso comprobar las resistencias a que se enfrenta esta idea desde el momento en que atañe al campo tecnocientífico. Sí se aprueba, *tendría* que poder decidirse democráticamente la evolución del programa electronuclear, controlar democráticamente el desarrollo de tipo genético, discutir democráticamente prioridades de la investigación fundamental, pero la masa profana del cuerpo social estaría demasiado lejos del nivel de competencia requerido para poder decidirse razonablemente. No se sospechará, creo, que desdeño la importancia de un vigoroso desarrollo de la cultura colectiva en materia de ciencia y de técnica... Sin embargo, tampoco se trata de subordinar a aquél el principio de un derecho de fiscalización y de decisión en materia de tecnociencia, que pertenece a la sociedad entera, tal como es, profana y (relativamente) ignorante. No se exige a los ciudadanos un certificado de teoría constitucional antes de dejarlos votar, ni a los jurados de una

audiencia un comprobante de aptitud en derecho penal antes de consultarlos. ¿Por qué habría que ser más sabio en física que en política para poder opinar sobre la construcción de una central nuclear, en biología que en derecho para hacer juicios sobre un programa industrial de tipo genético? Lejos de que el crecimiento del nivel general de cultura científica y técnica de la sociedad sea un requisito para la extensión del proyecto democrático a la tecnociencia, por el contrario, esta extensión es la que estimulará ese crecimiento: la supremacía otorgada a la conciencia es la que desarrollará la capacidad.

Finalmente, será necesario que la tecnociencia no sólo renuncie a toda preeminencia moral o intelectual sobre lo político, sino incluso que se someta a él para que la idea misma de democracia conserve un sentido. Esa “libertad de la investigación”, de la que se jactan los científicos, envueltos en su bata blanca para resistir a cualquier influencia de lo político, es una pretensión carente de sentido (“¿Quién te hizo sabio?”, podría preguntar el Estado, promotor y organizador de la investigación) o un privilegio exorbitante del derecho común. La “libertad de la investigación”, en una sociedad en la que la ciencia está totalmente atrapada, no tiene ya nada que ver con la libertad de conciencia o de opinión individual, aun cuando, antaño, fueran a la par en el caso de Galileo; actualmente, apenas es defendible en el plano de los principios, como la libertad de la propiedad, cuyos poseedores también debieron ceder algún terreno en el curso de los últimos siglos. Por otra parte, vale la pena recordar que la asimilación de Galileo a un héroe de la protesta democrática contra el poder de la Iglesia violenta un poco sus posiciones personales, que ya subordinaban sus convicciones políticas a sus condiciones profesionales. Recordemos cómo, en 1609, presenta su proyecto de dejar la República de Venecia, muy celosa de su independencia en relación con el papado, por el gran ducado de Toscana, mucho más ligado a Roma:¹⁰

Obtener de una República, aunque sea resplandeciente y generosa, un salario sin servir al público no es habitual, pues, para obtener una ganancia del público, hay que satisfacer al público, y no a un solo particular; y tanto tiempo como sea capaz de enseñar y de servir, ningún hombre de una República puede exentarme de este cargo dejándome mis emolumentos. Y, en suma, no puedo esperar una disposición semejante de nadie más que de un príncipe absoluto (carta de febrero de 1609, al S(eñor) Vesp.).

Y aún más: “[...] Tengo grandes y muy admirables proyectos. Pero sólo pueden servir o, mejor dicho, ser puestos en práctica por príncipes...” (carta del 16 de mayo de 1610, al secretario del gran duque de Toscana).

Así pues, se suscita ya, al principio de la ciencia moderna, ese conflicto entre intereses propios y bien público. A pesar de la reprobación de sus amigos más perspicaces, Galileo dejará a Venecia para irse a Florencia, que casi no lo protegerá de la Inquisición. Pagará caro su egoísmo científico y su ingenuidad política, al igual que Oppenheimer, tres siglos más tarde.

Exigir que la actividad tecnocientífica sea en lo sucesivo gobernada explícitamente por la elección democrática no equivale, en efecto, a legitimar cualquier intervención política arbitraria en su organización y en su desarrollo. Por el contrario, sólo aceptando plegarse a la justa regla común y renunciando a su privilegio de extraterritorialidad

política (por otra parte, ¡muy amenazado en los hechos!) los actores de la ciencia y de la técnica encontrarán las alianzas sociales que les permitirán salvaguardar la relativa autonomía y recobrar el apoyo colectivo que les son indispensables. No tienen otra opción si quieren evitar volverse, como Brecht hace decir a Galileo en su profética autocrítica,¹¹ “una raza de enanos inventivos”, al servicio de esa nueva forma de organización política —cuya instauración ya está muy avanzada— que sería, simétrica y equivalente al despotismo ilustrado, la democracia venida a menos.

IV. EL LADRILLO DE HEIDELBERG

EL LLAMADO DE HEIDELBERG, dirigido por varios cientos de científicos a los jefes de Estado y de gobierno reunidos en Rio en junio de 1992, ha hecho correr mucha tinta y suscitado vivas polémicas. Sin embargo, una primera lectura haría creer en loables, aunque triviales, declaraciones de intención: “Expresamos la voluntad de contribuir plenamente a la preservación de nuestra herencia común, la Tierra” (¡bravo!). “Nos adherimos totalmente a los objetivos de una ecología científica, centrada en la consideración, el control y la preservación de los recursos naturales” (¡muy bien!). “Nuestra intención es afirmar la responsabilidad y los deberes de la Ciencia hacia la Sociedad en conjunto” (¡nos quitamos el sombrero!). “Atraemos la atención de todos sobre la absoluta necesidad de ayudar a los países pobres a alcanzar un nivel de desarrollo duradero y en armonía con el del resto del planeta, de protegerlos de daños provenientes de las naciones desarrolladas y de evitar encerrarlos en una red de obligaciones poco realistas que comprometería a la vez su independencia y su dignidad” (¡excelente!). Nada de esto es muy original, pero, en fin, más vale tarde que nunca, y agradezcamos al *establishment* científico que se ocupe de la suerte del mundo.

No obstante, numerosos comentaristas ya han observado que lo esencial de ese texto se encuentra en las múltiples reservas y reticencias que el mismo formula sobre sus enunciados generales. Las tres primeras citas incluidas aquí van, en efecto, seguidas respectivamente de las tres frases claves siguientes: “*Sin embargo*, nos preocupa presenciar, en los albores del siglo XXI, el surgimiento de una ideología irracional que se opone al progreso científico e industrial, y daña el desarrollo económico y social”. “*Sin embargo*, exigimos formalmente por medio de este llamado que esta consideración, este control y esta preservación se basen en criterios científicos y no en prejuicios irracionales”. “*No obstante*, ponemos sobre aviso a las autoridades responsables del destino de nuestro planeta sobre cualquier decisión que se apoye en argumentos pseudocientíficos o en datos falsos o inadecuados.”

¿Realmente “en los albores del siglo XXI”? Más bien parecería que estuviéramos en el crepúsculo del XIX.

¿Cómo puede suponerse actualmente que “*surja* una ideología irracional”? Como si la cuestión de la racionalidad no se hubiera planteado desde el principio de la civilización moderna; como si el terreno político no hubiera conocido, hace poco tiempo, muchas otras ideologías irracionales aparte de cierto ecologismo extremista y minoritario — y que, lejos de eso, no siempre suscitaron la noble indignación de los medios científicos; como si toda ideología no fuera irracional, ¡empezando por el científicismo!

¿Cómo pueden hoy identificarse progreso científico y progreso industrial, y considerarlos el origen del desarrollo económico y social? Como si muchas culturas no

occidentales no hubieran demostrado su capacidad científica antes de cualquier industrialización; como si el problema fundamental de nuestros días no fuera precisamente asegurar un “desarrollo” económico y social para toda la humanidad *a pesar de* un “progreso” industrial no igualitario (se observará, de paso, que el sentido común y la generosidad deberían haber contribuido a invertir los términos y a hablar de desarrollo industrial y de progreso social —se medirá con esta vara terminológica la escala de valores que subyace en el texto del llamado—).

¿Cómo puede actualmente pedirse que se respeten “criterios científicos” contra “prejuicios irracionales” o “argumentos pseudocientíficos”? Como si lo esencial de los debates del momento —los mismos que motivaron la conferencia de Río— no dependiera justamente de la extrema dificultad, incluso la imposibilidad, en lo sucesivo, de trazar una línea de demarcación clara; como si las cuestiones claves —el índice y el origen de las contaminaciones, la magnitud del agujero en la capa de ozono, la importancia de las modificaciones climáticas de origen humano (efecto de invernadero)— no fueran precisamente objeto de un notorio *dissensus* científico entre investigadores con tesis opuestas; como si, por último, los dirigentes políticos (a los que este llamado claramente divirtió y puso a la vez en aprietos...) no se vieran forzados a reconocer la imposibilidad de adoptar decisiones basadas científicamente en ámbitos en que la urgencia y la importancia de los problemas ya no permiten al peritaje técnico proporcionar respuestas seguras, por falta de tiempo y, sin duda también, por falta de medios materiales, pero también intelectuales.¹

Sin embargo, no podría hacerse una lectura puramente teórica del llamado de Heidelberg, y el contexto político se encargó rápidamente de explicar su sentido práctico. Destaquemos algunos hechos pertinentes de la actualidad, escogidos entre muchos otros. Así, el 15 de junio de 1992, en el mismo momento, pues, como vimos, aparecía en la prensa francesa otro llamado, firmado por 25 biólogos, más de la mitad firmantes del llamado de Heidelberg, que protestaban por ciertas disposiciones de un proyecto de ley sobre “el control de la utilización y la diseminación de los organismos genéticamente modificados”. La Asamblea Nacional, en primera lectura, había adoptado una enmienda que sujetaba a una encuesta pública previa la autorización de nuevas instalaciones de índole genética. Los investigadores se rebelaban contra este procedimiento, arguyendo que iba a “frenar la innovación y el progreso médico” —mientras que esa legislación se quedaba corta en relación con lo que se impone en otros numerosos países europeos. El Senado iba a escuchar el mensaje de la camarilla científica y, a pesar de la contraofensiva de diversas asociaciones de defensa del ambiente, a sustituir la encuesta previa por la transparencia *a posteriori*... ¡“con exclusión de toda información protegida por el secreto industrial y comercial, o cuya divulgación podría causar perjuicios a los intereses de quien la explote”!). La Asamblea ratificaba, en segunda lectura, esta cínica mascarada de control público, considerando, según su relator un poco desencantado, que sólo se trataba de “un primer paso hacia la instauración de un verdadero diálogo entre la comunidad científica y la población”; un primer paso, a decir verdad, en una dirección

muy inquietante.

Algunas noticias del extranjero, escogidas entre muchas otras, aclararán también las apuestas del llamado de Heidelberg. Por ejemplo: en una carta dirigida el 9 de junio de 1992 a George Bush, presidente de EUA, G. Kirk Raab, gerente general de Genentech, una de las firmas norteamericanas más importantes en la biotecnología, da las gracias al presidente de ese país por haberse negado a firmar en Río el tratado de protección de la biodiversidad. Este tratado, que prevé el derecho para cada nación de controlar el acceso a sus propios recursos genéticos y de cobrar una parte de las ganancias provenientes de su ocasional uso, preocupaba mucho a la industria biofarmacéutica, que veía en él una amenaza “la salvaguardia de los derechos de propiedad industrial y el respeto de las obligaciones económicas”. Otra información, que pasó un poco inadvertida: también en junio de 1992, la nueva Yugoslavia (Serbia y Montenegro) eligió un nuevo primer ministro. El presidente nacional-comunista Slobodan Milosevic había elegido a Milan Panic, gerente general de la empresa norteamericana ICN Pharmaceuticals, de Costa Mesa. Este multimillonario había tenido, sin embargo, dimes y diretes con la administración estadounidense por diversas propagandas farmacéuticas engañosas y comportamientos comerciales dudosos.

Queda por explicar la sorprendente amplitud del espectro de los firmantes del llamado de Heidelberg. Vale la pena, en primer lugar, destacar, a manera de ejemplos pintorescos pero reveladores, ciertas firmas. Ahí encontramos, aliados con intransigentes miembros de la Unión Racionalista para Denunciar una “Ideología Irracional”, a algunos miembros de la Academia Pontificia, que depende del Vaticano, así como a un gran dramaturgo francés cuyo teatro parecía ilustrar lo absurdo más que la racionalidad humana... Ahí vemos, firmando un llamado a los (¿otros?) dirigentes políticos, a un ex primer ministro y a algunos ministros franceses... Ahí encontramos a los directores de los laboratorios de los perfumes Christian Dior, cada uno de los cuales conoce la contribución a la solución de los problemas del subdesarrollo (los dirigentes de los grandes laboratorios farmacéuticos que fomentaron y financiaron el llamado, más discretamente se abstuvieron de firmarlo)... Ahí observamos, juntos, a dos eminentes geofísicos franceses, ambos bien conocidos por los medios masivos de comunicación debido a sus enfrentamientos científicos y jurídicos, y que no dejan pasar la oportunidad de afirmar sus desacuerdos, trátase de los riesgos sísmicos o del agujero en la capa de ozono, pero que aquí están de acuerdo para exigir decisiones basadas científicamente... Observemos por último, en el papel de la policía armada, el apoyo *a posteriori* de los comunistas: “Si el llamado se hubiera propuesto a los científicos comunistas, sin ninguna duda lo habrían firmado. La lucha por la ciencia en beneficio [*sic*] del progreso forma parte de la identidad de los comunistas”, escribió un miembro del comité central del Partido Comunista Francés.

El cinismo de una minoría y la ingenuidad de la mayoría no bastan, no obstante, para explicar la sorprendente unanimidad de los firmantes del llamado de Heidelberg. En realidad, como toda unión sagrada, ésta se basa en el miedo. Hay que ver ahí la expresión —¿racional o no?— del desasosiego de la colectividad científica —o más bien

de sus dirigentes— ante la mutación acelerada de la naturaleza y del estatus de la ciencia, convertida ya en tecnociencia, cada día más mercantilizada e industrializada. La mayoría de los investigadores comprueba entonces, sin comprender las razones, que es irrisorio su sueño de un conocimiento objetivo y positivo, a la vez interesante para ellos y útil para la humanidad entera. Se encuentran ante problemas cuya complejidad técnica los hace fracasar y cuyas apuestas sociopolíticas los rebasan. Su profesión y sus instituciones se les escapan cada vez más, sujetas como están a la regulación de lo político y a las obligaciones de lo económico. Más que reconocer el origen de esas transformaciones en la naturaleza misma del sistema del que viven, prefieren entonces crearse un adversario ilusorio, el “irracionalismo ecológico” mitificado. El rechazo de la amenaza y su proyección en un enemigo exterior imaginario es, obviamente, una constante de toda comunidad humana en crisis de identidad y de proyecto.

El llamado de Heidelberg por lo menos habrá tenido el mérito de descubrir la profundidad de esta crisis. La diversidad de reacciones que ha provocado muestra también la existencia, de buen augurio para la continuación del debate, de serias líneas de fractura en los medios científicos. El ladrillo que querían lanzar los promotores del llamado en el charco ecológico, propuesto con tanta torpeza, sólo podía caer en el pantano científico.

V. ¿PARA QUÉ (A QUIÉN) SIRVE LA INVESTIGACIÓN?

¿CUÁL ES LA UTILIDAD de la investigación científica? ¿Cuál es el papel de los investigadores? Sería un error considerar evidentes las respuestas a estas preguntas. Ni la problemática eficacia tecno-económica de investigaciones en lo sucesivo al menos tan consumidoras como productoras, ni las representaciones culturales comunes de la ciencia que oscilan entre la apología y la denuncia, bastan para justificar actualmente la existencia del sistema social de la investigación y aún menos sus formas concretas de organización. Ya hace más de 20 años que uno de los mejores especialistas en política científica, Derek de Solla Price, propuso una concepción un poco iconoclasta, y que fue pasada por alto más que refutada, del valor social de la ciencia.¹ Este valor, según él, sería más extrínseco que intrínseco: la investigación fundamental valdría menos por sus hipotéticas consecuencias económicas directas que por la competencia tecnocientífica colectiva que permitiría obtener y difundir en el conjunto de la sociedad. En otras palabras, el contenido específico y los temas concretos de la investigación científica serían de importancia secundaria, a corto plazo en todo caso. La práctica de la investigación, por el contrario, garantizaría a sus actores el mantenimiento de un alto nivel de calificación tecnocientífica que, difundido por las instituciones de enseñanza y de formación, permitiría *in fine* el funcionamiento de un sistema industrial de producción y de innovación competitivo y evolutivo. De Solla Price considera el financiamiento nacional continuo de la investigación científica como la adquisición de un “boleto de acceso” permanente al almacén mundial de conocimientos acumulados, y no como una inversión rentable a corto plazo. Incluso propone, sobre esta base, un método para valorar el esfuerzo financiero que es “razonable” pedir a la colectividad en favor de la investigación científica.

De todas formas, el ineluctable límite de los recursos dedicados por los países desarrollados a la investigación científica, la confusión de la frontera entre investigación fundamental e investigación aplicada, el aumento de los retos políticos y éticas, así como ciertos factores en apariencia más internos (la crisis del sistema de publicación, el aumento del fraude) hacen pensar que en los próximos años habrá profundos cambios en la organización social de la investigación. En Francia, la ley de orientación de la investigación del 15 de julio de 1982, que surge de las condiciones generales de la investigación, había formulado redefiniciones muy amplias para las orientaciones de la investigación científica y las misiones de su personal. Así (art. 5), “la política de la investigación aspira al incremento de los conocimientos”, en efecto, pero también “a la valoración de los resultados de la investigación, a la difusión de la información científica y a la promoción del francés como lengua científica”. Asimismo (art. 14), “la investigación pública tiene por objeto: el desarrollo y el progreso de la investigación en

todos los ámbitos del conocimiento; la valoración de los resultados de la investigación; la difusión de los conocimientos científicos; la formación en la investigación y mediante la investigación”. Por último (art. 24),

los oficios de la investigación colaboran en una misión de interés nacional. Esta misión comprende: el desarrollo de los conocimientos; su transferencia y su aplicación en las empresas y en todos los terrenos que contribuyen al progreso de la sociedad; la difusión de la información y de la cultura científica y técnica a toda la población, y principalmente entre los jóvenes; la participación en la formación inicial y en la formación continua; la administración de la investigación.

Así pues, las tareas profesionales del investigador científico ya no se limitan a la investigación *stricto sensu*, es decir, a la sola producción de conocimientos nuevos. El hecho de que estas tareas incluyan en lo sucesivo la valoración y la difusión de esos conocimientos se debe al cambio, justamente reconocido, de las funciones de la investigación. Se ha vuelto difícil, si no imposible, separar los descubrimientos científicos de sus aplicaciones técnicas y sobre todo de sus implicaciones sociales. La ampliación de las misiones del investigador es una respuesta obligada al carácter cada vez más complejo del papel de la investigación.

Pero esta redefinición corre el riesgo de ser letra muerta, puesto que actualmente no se toma en cuenta ni en la formación del investigador ni en la evaluación de su carrera. La formación profesional, como el doctorado, sigue estando identificada con una iniciación a las puras actividades de investigación en su sentido más estricto. ¿Cómo pedir, pues, al investigador que cumpla con otras misiones si no está preparado para hacerlo? Es, entonces, indispensable considerar una reforma del tercero, e incluso del segundo ciclo de las universidades, para incluir en los programas de enseñanza una dimensión cultural explícita: introducción de la historia, de la filosofía, de la sociología de las ciencias (en todo caso, de la ciencia estudiada), por una parte, iniciación teórica y práctica a los problemas de la comunicación científica (interna y externa) y a sus retos pedagógicos y mediáticos, por la otra. Sería, reconozcámoslo, paradójico que las nuevas ramas de formación en la cultura y en la comunicación científicas que se desarrollan en el plano de las licenciaturas, maestrías o diplomados de estudios superiores no estuvieran, al menos en parte, abiertas a los futuros investigadores. En efecto, con el pretexto de resolver las dificultades de la comunicación científica, existe el riesgo de aumentarlas al interponer entre los investigadores y el público una capa de especialistas sólo encargados de esas misiones, lo que por fuerza se convertiría en una pantalla. Si la existencia de tales profesionales es necesaria, no es, con mucho, suficiente, y sería extremadamente peligroso que la institución científica descargara sus responsabilidades de información y de difusión en un cuerpo exterior de periodistas y de mediadores especializados.

Para que esos nuevos elementos de formación desempeñen su papel y no se queden en simples coartadas, o en vagos consuelos espirituales, es indispensable que sean reconocidos institucionalmente. Así, el doctorado debería comprender, además de la defensa de la habitual tesis, que desarrolla los trabajos de investigación originales del aspirante, la presentación al menos de una actividad de difusión o de valoración pública

efectuado durante la preparación del doctorado: redacción de un artículo de divulgación o de síntesis para una revista de gran tiraje, colaboración en emisiones de radio o televisión, conferencias públicas en MJC [Casas de la Juventud y de la Cultura en Francia] o liceos, participación en programas de formación continua, etc. Esta “tesis pública”, que vendría a aunarse a la usual “tesis privada”, representaría un trabajo relativamente modesto, basado en el modelo ampliado de la extinta y añorada “segunda tesis” (estudio de síntesis sobre un tema externo a la especialidad). De igual manera, la participación del investigador, durante su actividad profesional, en tales actividades de mediación y de difusión públicas debería ser tomada en cuenta explícitamente al evaluarse su trabajo y efectivamente valorada al tomarse decisiones relativas a su promoción.

La ampliación de la formación profesional del investigador a dimensiones más culturales no es sólo una necesidad política relativa al papel de la tecnociencia en nuestra sociedad. Es también una exigencia interna de la investigación, cuyos cambios hacen ya contraproducentes las especializaciones disciplinarias excesivas. ¿Cómo enfrentarse a los tropezones, cada vez más numerosos, en direcciones tan irrisorias como mediatizadas (fusión fría y memoria del agua...), si no dando a los investigadores una mínima formación histórica y epistemológica? ¿Cómo evitar la multiplicación de los casos de fraude, frecuentemente vinculados a los retos económicos de la investigación, sin incluir una dimensión sociológica y ética en las competencias profesionales? ¿Cómo paliar la crisis creciente del sistema de publicación científica (revistas cada vez más numerosas, cada vez más caras —y cada vez menos leídas—) sin una preparación para los problemas de la comunicación y la información?

A decir verdad, puede uno preguntarse si esta ampliación de las tareas profesionales del investigador no cuestiona su propio estatus. Después de todo, la idea de la investigación como profesión exclusiva y permanente no es tan antigua, y la figura del investigador apenas tiene más de medio siglo. Antes, la actividad científica estaba indisolublemente formada por la investigación y la enseñanza —a menudo también por la aplicación y la difusión—. El avance y la creciente complejidad del trabajo científico han acarreado una división de las tareas y una especialización que, al principio, aumentaron la productividad pero que ahora parecen —como en la producción industrial— encontrar sus límites y afectar, por sus excesos y sus rigideces, la eficacia del sistema. ¿No habría que imaginar estructuras más flexibles, dentro de las cuales la movilidad profesional y la diversificación de las actividades fueran más fáciles que en los actuales organismos de investigación frecuentemente demasiado separados de la universidad y aislados del mundo cultural?

La ley de orientación de 1982, ya mencionada, precisa además que “el personal de investigación, de conformidad con la misión que se le confía, deberá ejercer, sucesiva o simultáneamente, funciones de investigación, de enseñanza, de administración o de valoración de la investigación”, y el texto insiste en la evaluación y el reconocimiento de estas actividades. Sería deseable que los científicos pudieran trabajar dentro de un cuerpo único de profesores— investigadores, y tuvieran carreras diversificadas de acuerdo con

orientaciones y proyectos tanto individuales como colectivos, alternando fases de investigación exclusiva o mayoritaria con fases más específicamente orientadas a la enseñanza, la difusión o la valoración. La necesaria conciliación entre los deseos personales y las obligaciones institucionales se lograría —como en parte ya se consiguió, pero dentro de un sistema demasiado rígido— dentro de comisiones mixtas. Los organismos de investigación, desembarazados de la tutela y de la gestión de personales propios y rompiendo con su creciente burocratización, se dedicarían a conceder créditos de investigación para programas y lugares de alojamiento temporal para investigaciones de tiempo completo, reanudando así una práctica original (la CNRS fue al principio la *Caja* Nacional de la Investigación Científica), de conformidad con un modo de organización mucho más general en Europa y en el mundo que el modelo francés (al que sólo fue semejante el extinto sistema soviético).

Las frecuentes reorganizaciones de la CNRS y de otros organismos de investigación ¿no deberían alentar a los responsables de la política científica a superar un entredicho puramente administrativo? Y los investigadores, más que limitarse a la defensa corporativa de su situación, ¿no deberían inspirarse para reflexionar sobre su estatus? A falta de respuestas positivas para estas preguntas, es de temerse que los cambios por venir se impongan mediante dolorosas crisis.

VI. LA CIENCIA EN LA CIUDAD

DIVERSOS ELEMENTOS indican que están sucediendo cambios muy profundos en cuanto a la naturaleza y el papel de la actividad científica en las sociedades desarrolladas. Estas transformaciones tienen muchas consecuencias sobre el lugar de la ciencia en la ciudad, especialmente si tomamos la palabra “lugar” en el sentido estricto, es decir, geográfico. Para poder reflexionar sobre los lazos a largo plazo entre la política de organización del territorio¹ y la política científica, conviene hacer primero un balance de esas evoluciones.

LAS TRANSFORMACIONES DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA

Hoy, la opinión pública está profundamente convencida de que la función esencial de la investigación científica es fecundar el desarrollo económico y social mediante la innovación tecnológica e industrial. De hecho, ésta es la idea que subyace en las consideraciones usuales sobre el vínculo que hay entre la política de la investigación y la organización del territorio, y la mayoría de las decisiones que se derivan de él. Así, se cree, el establecimiento de nuevos centros de investigación fundamental ofrece a los actores industriales que los rodean un estímulo más intenso y más directo a la innovación tecnológica. Ésa sería la justificación básica que, al menos en los discursos de numerosos actores políticos y económicos, conduce al desarrollo de poderosos polos científicos en la escala regional o local, y a la idea de la integración de éstos dentro de complejos tecnoindustriales “de punta”. De ahí una política de descentralización de las grandes instalaciones de la investigación científica (aún muy voluntarista: la mayor parte de ellas siguen agrupadas en la región parisiense) y de los establecimientos universitarios: creación de tecnopolos (¿cuál es la gran ciudad que no quiere el suyo propio?) y diseminación de antenas universitarias (¿cuál es la pequeña ciudad que no quiere la suya propia?).

Sin embargo, hay que recordar que las relaciones entre la investigación científica, la innovación técnica y el desarrollo industrial se comprenden bastante mal, y que todos los intentos por demostrar empíricamente la existencia de una cadena causal directa han sido muy poco concluyentes. Numerosos estudios, realizados principalmente en el decenio de 1970, han tenido como objetivo analizar la rentabilidad socioeconómica y los reingresos sobre inversión, a corto y mediano plazo, de la investigación fundamental; sus resultados han sido por lo menos contradictorios, y ninguno ha podido llegar a conclusiones sin ambigüedades. Esto es verdad tanto en una escala global (nacional o internacional) como en una escala local (regional). A manera de ejemplo, el CERN (Centro Europeo de Investigaciones Nucleares, por sus siglas en francés), una de las instituciones mundiales de investigación fundamental más importantes, llevó a cabo, hace ya varios años, una encuesta sobre el efecto socioeconómico de su actividad en la región ginebrina en que

está situado; ni en términos de empleos (una buena parte de su personal es de origen exterior y de naturaleza móvil), ni en términos de plusvalías (el CERN consume más tecnología de la que produce, y sus proveedores no son necesariamente sus vecinos), los resultados fueron convincentes. A decir verdad, ya hace más de 20 años que uno de los mejores especialistas en política científica, Derek de Solla Price, propuso una concepción innovadora del valor social de la ciencia, que, según él, sería puramente *extrínseco*.² La actividad de la investigación valdría menos por su propia producción, por los resultados científicos obtenidos, que por su papel social de desarrollo de una destreza tecnicocientífica colectiva cuya verdadera utilidad sería externa al sector de la investigación propiamente dicho.

Los estudios de desarrollos tecnoindustriales más importantes de estas dos últimas décadas, así se trate de la electrónica, de la informática o de las biotecnologías, no han hecho más que confirmar la gran complejidad y la dificultad de un análisis preciso de los vínculos que hay entre la investigación fundamental y el desarrollo económico.³ En todo caso, de dichos estudios se deduce que esos lazos tienen un largo alcance en el tiempo (al contrario del prejuicio según el cual un plazo cada vez más breve separaría un descubrimiento de su aplicación) y en el espacio. Después de todo, no hay razón para que la globalización de los intercambios sólo opere hacia abajo, para los productos, y no hacia arriba, para las ideas y las habilidades que subyacen en la producción.⁴ La pérdida de confianza en la rentabilidad directa de la investigación básica no podría estar mejor ilustrada que por la notoria reducción, durante los últimos años, de las actividades científicas fundamentales de las mayores firmas de la tecnoindustria; sucesivamente, los prestigiosos laboratorios de la Bell y los de la IBM, cuyos trabajos habían sido acogidos con la atribución de varios premios Nobel de física, han sufrido drásticas reducciones en sus presupuestos y su personal. El sector privado, en este caso, sólo antecedió al poder público. De hecho, los presupuestos de investigación en los países desarrollados han alcanzado lo que parece ser un nivel máximo en la coyuntura económica del presente, así como del futuro cercano, y no podrían más que estancarse o retroceder.⁵

Hay que reconocer, por lo demás, que, más allá de su supuesta eficacia económica, la rentabilidad propiamente intelectual de la investigación científica contemporánea no deja de plantear problemas. En efecto, los conocimientos nuevos siguen acumulándose. Sin embargo, los observadores más imparciales, e incluso numerosos investigadores (en privado, al menos) reconocen que la importancia y la novedad de esos descubrimientos, sobre todo en los sectores más activos y más mediatizados (física fundamental, biología molecular, matemáticas aplicadas, etc.), apenas parecen estar a la altura de las inversiones aprobadas y son bastante modestos en relación con los grandes avances de hace algunos decenios: el descubrimiento del código genético data de hace 40 años, la formulación de los principios de la informática de hace 50, el perfeccionamiento de la teoría cuántica de más de 60 y la observación de la expansión del universo de cerca de 70; en cuanto a ciertas ideas de moda, como la llamada teoría del “caos determinista”, no hacen sino retomar ideas diferidas durante mucho tiempo, pero que se habían propuesto hace más de 80 años. Si bien los progresos realizados en la comprensión profunda de

estos descubrimientos y en su ejecución práctica han sido considerables, casi no vemos conmociones recientes de nuestros conocimientos que puedan comparárseles por su amplitud. Podemos preguntarnos si esa disminución de la velocidad a la que tiende la innovación científica debe atribuirse a dificultades objetivas derivadas de la complejidad misma del mundo natural, más allá de las fronteras del conocimiento alcanzadas en la actualidad, o si más bien manifiesta el agotamiento de cierto modo de producción y tal vez de formulación de ese conocimiento. Los dos factores actúan probablemente en sinergia, pues la baja en la relación calidad/costo de la actividad científica contemporánea no podría atribuirse únicamente a la limitación de sus recursos. Es notorio, en todo caso, que el mismo valor profesional de la investigación científica tiende a deteriorarse, como lo muestran la multiplicación de los casos de fraude y de las aberraciones, la uniformación y la mediocridad de numerosos trabajos, la crisis del sistema de publicación y de la circulación de la información científica, etc. Lo que aquí se cuestiona es toda la organización del sistema institucional de investigación científica y, en particular, la definición de las misiones de los investigadores y, por lo tanto, su formación. Por otra parte, así es como concluía, hace 20 años, D. de Solla Price su artículo precursor ya citado.

La reflexión sobre estas cuestiones se impone especialmente en Francia, que tiene la particularidad de poseer, después de la desaparición de la Unión Soviética y de su Academia de Ciencias, las instituciones nacionales de investigación fundamental (los “grandes organismos de investigación”, como se dice: el CNRS, el CNEXO [Centro Nacional para la Explotación de los Océanos], el INRIA [Instituto Nacional de Investigación en Informática y en Automática, por sus siglas en francés], el INSERM [Instituto Nacional de la Salud y de la Investigación Médica, por sus siglas en francés], etc.) más importantes, más rígidas y más desacopladas del sistema educativo, sin que por ello las relaciones entre investigación y desarrollo sean más eficaces que, por ejemplo, en los países anglosajones, donde la investigación está a la vez más integrada a la universidad y más vinculada a la industria.⁶ Sólo podemos empezar a remediar la fragilidad de los lazos entre la investigación y el desarrollo volviendo a poner en un primer plano la función social, y por lo tanto cultural —en el sentido más amplio—, de la investigación científica. En primer lugar, es conveniente revitalizar las conexiones entre la investigación y la enseñanza, sin duda cuestionando la separación institucional de las actividades de investigador y de profesor: la necesidad de realizar actividades de investigaciones intensivas (en todo caso, para ciertos proyectos en algunas disciplinas) no exige forzosamente la existencia de un cuerpo específico de investigadores de tiempo completo y de carreras totalmente dedicadas a esas únicas actividades, especificidad bastante exclusiva de Francia, por lo demás. Habría que estudiar formas mucho más flexibles de división entre actividades de producción y de difusión del conocimiento.⁷ Es cierto que la tentación de endosar a corto plazo los problemas de orientación de la universidad a los investigadores, así como, simétricamente, las reacciones con demasiada frecuencia corporativas de estos últimos no permiten augurar en lo inmediato reformas deseables. En todo caso, insistimos en esta cuestión: el lugar de la tecnociencia en el

mundo contemporáneo hace cada vez más anticuado un modo de organización que separa los diferentes componentes de la actividad científica tomada en su totalidad: investigación, enseñanza, difusión, valoración. La ciencia atañe, en efecto, a la industria y a la economía, pero también (¿en primer lugar?) a lo político propiamente dicho. El desarrollo de la tecnociencia plantea, en lo sucesivo, problemas temibles a las sociedades contemporáneas, hasta el grado de cuestionar su proyecto democrático.⁸ Es decir, la enseñanza y la cultura, dos aspectos de la investigación, deben tomarse en cuenta como componentes esenciales de la actividad científica. Por otra parte, en los años recientes se ha visto el surgimiento de un interés real del poder público por lo que se ha dado en llamar, bastante inapropiadamente, la “cultura científica y técnica”: creación de la Ciudad de las Ciencias y de la Industria de la Villette, proyectos de renovación de las grandes instituciones museísticas científicas (Palacio del Descubrimiento, Museo Nacional de las Técnicas, Museo de Historia Natural, Museo del Hombre), desarrollo de una red de centros regionales de cultura científica y técnica, etc. Pero una de las limitaciones esenciales a que se ha enfrentado la política de cultura científica del Estado durante los últimos años es que se ha desarrollado de manera demasiado autónoma en relación con las instituciones de investigación y de enseñanza, contrariamente a las intenciones iniciales de la ley de orientación de la investigación de 1982, que preconizaba el reconocimiento y el desarrollo de la difusión de los conocimientos científicos como una nueva misión confiada por completo a los investigadores científicos. La falta casi total de vínculos orgánicos entre la Ciudad de la Villette en la región parisiense, y los centros de cultura científica en las regiones, por una parte, y las universidades, los centros de investigación y las grandes escuelas, por la otra, ilustra de manera caricaturesca esta afirmación.

POLÍTICA CIENTÍFICA Y ORGANIZACIÓN DEL TERRITORIO

La argumentación precedente sobre las transformaciones de la actividad científica muestra bien que únicamente superando el estrecho marco de una concepción que la reduciría a la pura investigación conviene reflexionar sobre las cuestiones que plantea la ciencia a la política de organización del territorio. Añadamos esta observación sencilla en cuanto al funcionamiento de la investigación en sí: actualmente está desplazada por completo. Las redes de intercambios científicos se han especializado y globalizado simultáneamente, a tal grado que investigadores individuales, así como equipos de investigación, mantienen un contacto permanente a menudo mucho más intenso con sus homólogos extranjeros, sean estadounidenses, sean europeos, sean japoneses, por teléfono, fax o correo electrónico, que con sus vecinos de disciplina y de oficina. Puede ser que en términos un tanto brutales, pero realistas, *la investigación como tal ya no tiene territorio, y por lo tanto no hay un territorio que organizar...*

El mantenimiento de una actividad científica fecunda y de alto nivel exige, en primer lugar, un desarrollo dinámico y sano del sistema universitario. La tendencia a centrar el apoyo público en la investigación científica sólo en los grandes organismos de

investigación corre el riesgo de resultar cada vez más contraproducente. Privada de un vínculo orgánico con la enseñanza y la difusión del conocimiento, la producción de ese conocimiento no dejará de debilitarse; es decir, el despliegue de grandes institutos especializados de investigación en zonas de actividades tecno-industriales “de avanzada”, por ejemplo en el emplazamiento de los “tecnopolos” de moda, podría muy bien tener sólo consecuencias positivas menores en cuanto a la “fertilización cruzada” de la investigación fundamental y de la investigación aplicada que se espera de tales proyectos. En cambio, las implicaciones negativas a largo plazo podrían ser desastrosas, si, como es generalmente el caso en esas operaciones, van acompañadas de un irreversible desacoplamiento entre investigación y enseñanza, por el solo alejamiento espacial entre laboratorios y aulas, que, ya en numerosos casos, obstaculiza seriamente las actividades pedagógicas de los profesores-investigadores y, en consecuencia, contribuye al deterioro del nivel de formación de los propios futuros investigadores. Es en parte este desacoplamiento lo que explica el fracaso actual del intento, no obstante bien orientado, de implicar a la universidad en la formación de los maestros de enseñanza secundaria y primaria: los IUFM (Institutos Universitarios de Formación de Maestros) no tienen, por el momento, de universitarios más que el nombre...

Para acercar de nuevo la enseñanza y la investigación, podría proyectarse desplazar de igual modo las actividades universitarias propiamente dichas a esos parques de alta tecnología. Algunos lo proponen o se dedican a ello: varias universidades ya han exportado enseñanzas a esos emplazamientos especializados, en particular del tercer ciclo. No obstante, el remedio es peor que la enfermedad en la medida en que las instalaciones de los tecnopolos están, por regla general, descentradas en relación con los núcleos urbanos, de los cuales las universidades están ya demasiado alejadas, ya que una de las causas principales de la crisis intelectual y moral del sistema universitario, además de su patente falta de medios materiales reside en la política sistemática de relegación extraurbana de que ha sido víctima la universidad francesa desde hace 25 años. A las facilidades económicas y administrativas que ofrecía la construcción de las universidades nuevas en los suburbios, en terrenos menos caros y menos solicitados que en los centros históricos, se ha aunado, por supuesto después de 1968, el recelo ideológico respecto a la juventud estudiantil y sus maestros —¡temor por otra parte irrisorio cuando se consideran la seriedad y el conformismo forzados de las generaciones actuales!—. Ahora bien, el aislamiento geográfico y la insipidez arquitectónica de la mayoría de las universidades actuales contribuyen en gran medida a la morosidad de la población estudiantil y a la mediocridad de la vida universitaria. Si se quieren revalorar la imagen y el estatus de las universidades, y suscitar una verdadera vida estudiantil, haciendo al mismo tiempo que los núcleos de las ciudades, cada vez más invadidos por el comercio y las oficinas y abandonados por las viviendas, recuperen una vitalidad que se apaga, hay que permitir a los establecimientos universitarios que reconquisten el centro de las ciudades, particularmente en los barrios con tradición cultural. Francia tiene en ese sentido un considerable retraso en relación con los otros países europeos. Sin embargo, algunos urbanistas y arquitectos han comenzado a reflexionar, desde hace poco tiempo,

sobre las relaciones entre ciudad y universidad, y han salido a la luz algunas realizaciones innovadoras.⁹ Todo nuevo proyecto arquitectónico en este sector debería aspirar principalmente a crear las condiciones que permitan a establecer vínculos orgánicos entre establecimientos universitarios y establecimientos de cultura (teatros, museos, etc.), para que la vida cultural de las ciudades deje de estar dividida entre trabajo intelectual y espectáculos de entretenimiento.¹⁰ De manera más específica, en lo que se refiere al componente propiamente científico de la actividad universitaria, una sinergia con los establecimientos de cultura científica, sean de tipo tradicional (museos de historia natural, museos técnicos), sean más recientes (centros de cultura científica, museos sociales), permitiría a las universidades participar en forma activa en la vida de las ciudades y desempeñar de manera natural su papel en la difusión de los conocimientos y el debate público.

Una perspectiva tal es tanto más importante cuanto que por naturaleza está destinada a dar ciertas respuestas a los problemas que plantea la noción de democracia local. La mayoría de los proyectos de desarrollo plantean, en lo sucesivo, difíciles cuestiones científicas y técnicas, trátase de infraestructuras de carreteras, de instalaciones industriales, de remodelación urbana, de equipo energético, etc. Y los ciudadanos se remiten cada vez menos a los procedimientos de decisión administrativos y centrales. Pero, a falta de medios de división y de evaluación de la pericia, la mayoría de estas decisiones escapa en la actualidad al debate público. ¿Por qué no movilizar, para desarrollar este debate, las capacidades de estudio y de mediación reunidas en el lugar de los establecimientos de investigación y de enseñanza? Las limitaciones actuales de la política de cultura científica podrían superarse de esta manera. Pero uno de los requisitos esenciales para que pueda concretarse esta nueva visión de las relaciones entre la ciencia y la ciudad es que los responsables políticos tengan conciencia en la escala adecuada. Durante las últimas décadas los funcionarios locales elegidos han integrado la dimensión cultural de sus responsabilidades, y numerosos municipios y departamentos han comprendido el triunfo que representaba para su vida y su imagen un centro teatral activo o una orquesta sinfónica de alto nivel. Falta mucho para que las actividades científicas, en su componente público, sean tan bien comprendidas; la sensibilización y la formación de los funcionarios en este terreno son de extrema urgencia.¹¹

Sin embargo, contrariamente a una tentación actual muy imperiosa, no parece razonable dotar a cada ciudad, o casi, de un establecimiento universitario de una escala comparable, una “antena”, según la jerga administrativa, o una “minifac”, según el vocabulario estudiantil.¹² Desde el punto de vista defendido aquí, una universidad es necesariamente un todo orgánico, que reúne enseñanzas de todos los niveles y de todas las disciplinas, estrechamente ligadas a actividades de investigación. Se debe llegar, pues, a un numeroso público crítico para que una universidad digna de ese nombre pueda desempeñar su papel, más bien sus papeles, a la vez de formación, de producción y de difusión. Ni el desarrollo científico ni el desarrollo urbano salen ganando con la creación de una miniuniversidad —en general limitada a los primeros ciclos de enseñanza y carente de medios de investigación— en una ciudad de tamaño mediano. Es una ilusión

crear, como lo hacen muchos directivos, que establecimientos semejantes proporcionarán a su municipio a la vez prestigio y empleos. Como prueba de ello se argumenta la dificultad que hay para establecer verdaderas universidades en ciudades que son, sin embargo, importantes y ricas, pero que carecen de las tradiciones intelectuales, culturales y políticas que poseen las ciudades universitarias tradicionales. Basta comparar, por ejemplo, la joven y aún vacilante universidad de Niza (desviada demasiado pronto hacia el tecnopolo de Sophia-Antipolis, por otra parte) y las viejas y prestigiosas Universidades de Montpellier o Estrasburgo. En otras palabras, incluso en las ciudades cuya importancia justifica a todas luces el establecimiento de universidades, sólo una política voluntarista y perseverante puede tener éxito (Grenoble constituye un buen ejemplo de esto). Por otra parte, podemos preguntarnos si las dificultades de desarrollo de una universidad nueva no son relativamente independientes del tamaño de la ciudad. Entonces, de manera paradójica, parece más razonable considerar la creación en ciudades medianas o pequeñas de universidades de tamaño consecuente, en lugar de las miniuniversidades actuales. En todo caso, es un modelo que, si bien casi no está conforme con la tradición francesa, se ha legitimado en todo el resto de Europa, donde algunas de las más importantes y prestigiosas universidades se han establecido en ciudades de tamaño modesto, de las que constituyen el núcleo mismo; basta pensar en Oxford, en Gotinga, en Pisa... Una segunda paradoja supone que si se insiste en crear institutos de investigación autónomos, relativamente independientes y externos a un medio universitario, se podrían instalar sin inconvenientes, más que las universidades o las grandes escuelas, en ciudades de tamaño limitado, puesto que, como ya se dijo, su actividad está de cualquier forma desplazada. También hay que insistir en este hecho: la dificultad de un desarrollo nacional coherente del dispositivo de enseñanza y de investigación exige una vigilancia continua y una responsabilidad constante del poder público en una escala nacional. Es decir, si la descentralización tiene el gran interés de comprometer a los responsables de ese ámbito, así como de aumentar los recursos disponibles, no podría exonerar al Estado de sus deberes. Cualquier liberación del compromiso del poder central, sea en favor de poderes locales o, lo que es peor, privados, estaría llena de peligros para la actividad científica en Francia. Sólo el Estado puede garantizar la calidad, la permanencia y el funcionamiento de la actividad científica para el bien común.

Ni el marco regional ni el marco nacional agotan evidentemente las implicaciones territoriales de la actividad científica. Entre la restricción en la escala local y la ampliación en la escala mundial, debe tomarse en cuenta la cooperación internacional tal como puede desarrollarse con base en el contexto geográfico propio de cada establecimiento. Los proyectos científicos desempeñan un papel capital como bancos de pruebas de las formas de colaboración multinacional y como factores del desarrollo de intercambios transfronterizos (véase el caso del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares en Ginebra, o el Instituto Laue-Langevin en Grenoble). Al respecto, las relaciones en el plano de las grandes regiones transnacionales europeas tienen una importancia considerable. La extensión de relaciones continuas entre establecimientos universitarios y

de investigación (incluso el intercambio de estudiantes) en las zonas fronterizas (con Gran Bretaña y Benelux en el norte del país, Alemania y Suiza en el Este, Italia en el Sudeste y la península ibérica en el Sur y el Sudoeste) puede ser un valioso factor en el desarrollo de una conciencia y una actividad realmente europeas. Desde esta perspectiva, resulta especialmente importante una política mediterránea. De Oeste a Este, en primer lugar, desarrollando los lazos científicos y universitarios entre España, Francia e Italia antes que nada, una política semejante permitiría volver a equilibrar a la Europa cultural y científica en el Sur y enfrentarse a los riesgos de dominación anglosajona, apoyándose en la comunidad cultural y lingüística de los países de lengua y civilización latinas. En seguida, del norte al sur del Mediterráneo, las relaciones entre sus dos orillas ofrecen, por la antigüedad de los intercambios entre las culturas mediterráneas y los beneficios mutuos que han obtenido de ellos, un terreno de experimentación privilegiado para las formas modernas de cooperación científica y técnica que es urgente establecer entre países del “Norte” y del “Sur” en general.¹³

LA CIENCIA A PRUEBA...

...DE LA MEMORIA

VII. UNA CULTURA SIN MEMORIA

LA CIENCIA AFIRMA que dice la verdad sobre el mundo. Aceptemos aquí esta pretensión, sin dejarnos engañar por los límites a que se enfrenta y los intereses a los que sirve. Reconozcamos que la ciencia, si no dice toda la verdad, ni nada más que la verdad, dice al menos *algo* de verdad sobre el mundo. Pero ¿de dónde proviene esta verdad, si no del error? ¿De dónde surge el orden del conocimiento, si no de la confusión de las investigaciones? Para algunos descubrimientos fulgurantes, para escasas iluminaciones, cuántos penosos titubeos, cuántas burdas aproximaciones, cuántos hallazgos mediocres, cuántas buscas fastidiosas. Mito tras mito, la imagen de Pierre y Marie Curie expurgando a mano, todo un invierno, en un cobertizo sin calefacción, toneladas de peblenda, con el fin de aislar algunos gramos de radio, da mejor cuenta de la actividad científica real que la imagen de Newton iluminado por una genial intuición y concibiendo la teoría de la gravitación universal durante el breve segundo en que cae una manzana. Y si, en el desván de la naturaleza, bastara con saber encontrar las piedras más preciosas, las formas más curiosas... Pero al desorden de las cosas se añade el de las ideas. Y el investigador debe también encontrar su camino en el dédalo de las teorías contradictorias acumuladas, evitar el encanto de imágenes mentales demasiado seductoras, desconfiar de los conceptos mejor establecidos.

Se le ha reprochado a la ciencia su carácter crítico, negador, disolvente. Es lo mismo que reprochar al mar que sea salado. Y es que la ciencia *debe* ser negación, de sí misma en primer lugar. Sus verdades de hoy sólo puede imponerlas contra las de ayer. O, más bien, *sobre* esas verdades ahora agotadas, empobrecidas, marchitas, que proporcionan el humus en el cual pueden enraizarse las nuevas ideas: la redondez de la Tierra sólo puede afirmarse negando su carácter plano, la circulación de la sangre, refutando la teoría de los humores, la expansión del Universo, contradiciendo una cosmología estática.¹ La ciencia se construye contra sí misma. Se entrega a una perpetua autodigestión, y sus transformaciones son metamorfosis en que la forma anterior ha pasado por una *lisis*, se ha disuelto y reorganizado en la forma nueva. Nadie mejor que Víctor Hugo ha descrito este movimiento:

La ciencia busca el movimiento perpetuo. Lo ha encontrado; es ella misma.

La ciencia se mueve continuamente en su acción benefactora.

Todo se mueve en ella, todo cambia, todo se despoja de su piel vieja. Todo niega todo, todo destruye todo, todo crea todo, todo sustituye a todo. Lo que se aceptaba ayer, se pone en tela de juicio hoy. La colosal máquina de la Ciencia nunca descansa; nunca está satisfecha; es insaciable de lo mejor, que lo absoluto ignora [...].

La ciencia va tachándose a sí misma sin cesar. Tachaduras fecundas. ¿Quién sabe ahora lo que es la

homeometría de Anaxímenes, la cual es tal vez de Anaxágoras? La cosmografía se ha enmendado bastante notoriamente desde la época en que este mismo Anaxágoras afirmaba a Pericles que el Sol es casi tan grande como el Peloponeso. Se han descubierto muchos planetas y muchos satélites de planetas desde los cuatro astros de Médicis. La entomología ha avanzado desde la época en que se afirmaba que el escarabajo era un poco dios y primo del Sol; en primer lugar, debido a los 30 dedos de sus patas que corresponden a los 30 días del mes solar; en segundo lugar, porque el escarabajo no tiene hembra, como el Sol; y desde la época en que san Clemente de Alejandría, yendo más lejos que Plutarco, hacía notar que el escarabajo, como el Sol, pasa seis meses sobre la tierra y seis meses bajo tierra. ¿Quiere usted verificarlo? Vea el *Stromata*, párrafo IV.”²

Pero hay que deshacerse de ese “montón hormigueante” de errores de ayer, de esa montaña después de que ha parido ratones de laboratorio, de esas toneladas de pecblenda que se ha vuelto a convertir en simples piedras una vez que se les ha quitado el radio. Conjeturas falsas, demostraciones poco sólidas, conceptos vagos, experiencias viciadas, razonamientos confusos, no hay avance científico que no se construya gracias a los andamiajes hechos con tan pobres materiales. Aún hay que eliminarlos una vez que el edificio se ha terminado provisionalmente. Esos desechos intelectuales, esos escombros del pensamiento no son menos estorbosos, ni menos peligrosos, que la basura cotidiana. Rechazarlos es una necesidad vital.

UN PROGRAMA DE AMNESIA

El olvido es constitutivo de la ciencia. Es imposible para ella conservar la memoria de todos sus errores, la huella de todos sus vagabundeos. La pretensión de decir lo verdadero obliga a olvidar lo falso. El positivismo de la ciencia la fuerza a negar su pasado. Tal vez la novedad radical del conocimiento científico sea la que lo opone a las otras formas del conocimiento humano —filosóficas, místicas, eróticas, poéticas—. En todas estas experiencias el cuestionamiento prevalece sobre la respuesta, y el camino importa más que la llegada. La ciencia, por el contrario, afirma sin dudar la validez de sus conclusiones, incluso si reconoce que son provisionales. No tiene ningún escrúpulo para olvidar el camino que ha seguido, para tirar sus archivos, para quemar sus naves. Convencida de haber avanzado, segura de su progreso, ¿por qué habría de volverse hacia un pasado alcanzado por la caducidad? Whitehead es quien afirmaba: “Una ciencia que vacila en olvidar a sus fundadores está condenada al estancamiento”, haciendo así de la negación un verdadero programa epistemológico, de la amnesia un criterio de científicidad.

Ésa es la práctica, singular, de la ciencia. Víctor Hugo, otra vez:

Yá no se enseña la astronomía de Tolomeo, la geografía de Estrabón, la climatología de Cleóstrato, la zoología de Plinio, el álgebra de Diofanto, la medicina de Tribuno, la cirugía de Ronsil, la dialéctica de Esfero, la miología de Sténon, la uranología de Tacio, la estenografía de Tritemo, la piscicultura de Sebastián de Médicis, la aritmética de Stifels, la geometría de Tartaglia, la cronología de Escaligero, la meteorología de Stoffler, la anatomía de Gassendi, la patología de Fernel, la jurisprudencia de Robert Barmne, la agronomía

de Quesnay, la hidrografía de Bouguer, la náutica de Bourdé de Villehuet, la balística de Gribeauval, la hipiátrica de Garsault, la arquitectura de Desgodets, la botánica de Tournefort, la escolástica de Abelardo, la política de Platón, la mecánica de Aristóteles, la física de Descartes, la teología de Stillingfleet. Se enseñaba ayer, se enseña todavía hoy, se enseñará mañana, se enseñará siempre el *Canta, ¡oh diosa!, la cólera de Aquiles.*”³

No hay que sorprenderse de que los científicos desconozcan la historia de su disciplina. Es inútil haber leído a Galileo, a Newton o incluso a Einstein para ser físico, a Claude Bernard, a Pasteur o a Morgan para ser biólogo, a Lavoisier, a Van't Hoff o a Grignard para ser químico. Sin embargo, ¿puede imaginarse a un filósofo que ignore a Kant, a un pintor que no conozca a Rembrandt, a un escritor que no sepa nada de Stendhal, a un teólogo que no medite sobre san Agustín? Ciertamente, los grandes hombres de ciencia dejan su nombre en nuestro conocimiento. Pero invocar los postulados de Euclides, las leyes de Kepler, el teorema de Chasles, las leyes de Mendel, las fórmulas de Lorentz, etc., constituye más un rito propiciatorio dedicado a los manes de los antepasados que una fuente de inspiración activa y de referencia fecunda. Por otra parte, esas raquílicas huellas mnésicas con frecuencia son engañosas y abarcan muchos orígenes míticos, atribuciones dudosas, prioridades cuestionadas, que los historiadores de las ciencias, nuevos Sísifos, se matan por rectificar infinitamente, y casi sin ningún efecto, pues la ciencia no tiene nada que hacer con su historia, se diría. A menudo invocada, nunca practicada, la historia de las ciencias, para el investigador, sigue siendo un lujo, un complemento espiritual, la coartada cultural de los mandarines que están terminando su carrera. Los mejores espíritus de la filosofía y de la ciencia han insistido, desde hace decenios, en las virtudes pedagógicas y el papel crítico de la historia de las ciencias en la educación científica general y para la formación profesional de los investigadores. Ya no cuentan, a este respecto, los brillantes alegatos de Bachelard, Langevin, Kastler y otros, las recomendaciones de las comisiones pedagógicas, los deseos de las sociedades de sabios. Sin embargo, la historia de las ciencias sigue estando desesperadamente ausente de nuestros programas de enseñanza escolares y universitarios, así como de los cursos de formación en la investigación. Y, año tras año, la ciencia continúa su camino, despreocupándose de su pasado, olvidando sus orígenes.

No se crea que esta amnesia está limitada a la ciencia de un pasado ya respetable, fijada en una historicidad irreversible. La memoria cercana no está más favorecida, y las huellas del pasado se borran con una sorprendente rapidez. Tenemos pruebas para demostrarlo. El criterio de continuidad del trabajo de investigación, la clave de su respetabilidad institucional, la marca de fábrica de su calidad profesional son proporcionados por la indispensable bibliografía técnica que acompaña toda publicación científica. Por la lista de las referencias de un artículo, sus iguales juzgan primero la competencia de un autor y la pertinencia de su trabajo. También el análisis de las bibliografías ofrece una representación bastante exacta de la imagen que los científicos se forman de su actividad. Escojamos, al azar, la entrega del 1° de marzo de 1988 del volumen 37 de la *Physical Review* (D), la más renombrada de las publicaciones

internacionales en materia de física de las partículas e interacciones fundamentales. Recopilemos las 893 referencias de su cincuentena de artículos. Ahí encontramos nueve citas de artículos... que están por aparecer y cinco del año en curso, 1988 (los retrasos de publicación usuales son de varios meses —esos artículos eran conocidos *antes* de su publicación—); luego, 141 citas de artículos de 1987, 150 de 1986, 110 de 1985, 71 de 1984... La disminución es muy rápida: entre 50 y 20 artículos para cada uno de los años de 1982 a 1977, menos de 10 antes de 1973, menos de cinco antes de 1968 y prácticamente nada antes de 1950 (nueve citas *en total*). En otras palabras, la tercera parte de las citas sólo son de los dos años precedentes, y más de las dos terceras partes de los siete últimos años. La edad promedio de una cita es inferior a seis años... Puede objetarse que se trata de una revista especializada en un terreno particularmente activo y competitivo, emblemático, si se quiere incluso, de la modernidad. Abramos ahora la prestigiosa revista *Nature*, una de las escasas publicaciones científicas pluridisciplinarias, en la que están representadas todas las ciencias de la naturaleza y en la que los artículos de síntesis están junto a los informes de investigación. En su número 6 159 del volumen 332, con fecha 3 de marzo de 1988, se encuentran 621 referencias, de las cuales casi una tercera parte son de principios de 1988 y del año de 1987, y más de dos terceras partes son posteriores a 1982. La división es en extremo semejante a la de la *Physical Review*, ¡y la edad promedio de una cita es aquí inferior a cinco años! Por último, consultemos *La Recherche*, una revista representativa de la literatura científica “secundaria” no especializada, que no publica los resultados mismos de investigaciones, sino que los sintetiza y los divulga fuera de su disciplina e incluso fuera de los medios estrictamente profesionales de la ciencia. Podríamos imaginar que el retraso debido a la transferencia de las fuentes primarias a esta revista de interés general y la necesidad de asegurar a las síntesis bases sólidas en referencia con resultados clásicos extienden considerablemente la distribución temporal de las citas. Pero en la práctica no es así. En el número de enero de 1988, sin tomar en cuenta las secciones de pura actualidad para no facilitar la demostración, se cuentan 289 citas, de las cuales cerca de una tercera parte corresponde a los años de 1986 y 1987, y otra tercera parte a los años que van de 1982 a 1985. La edad promedio de una cita es, aquí también, inferior a seis años. Se puede, pues, afirmar, con pruebas en apoyo: la ciencia sólo se reconoce a sí misma durante alrededor de una década. Más allá, pierde la memoria activa de su vida y milagros, y los deja deslizarse al tranquilo olvido de archivos rara vez consultados. Aún hay que añadir que nuestro breve análisis estadístico sobrevalúa esta memoria a corto plazo, puesto que se refiere, por hipótesis, a los artículos citados. Ahora bien, se han llevado a cabo serios estudios con ayuda del *Science Citation Index* que han mostrado que la gran mayoría de los artículos científicos *nunca* son citados después de su aparición: sólo de 15 a 25% de las publicaciones, según la disciplina, son citadas, aunque sea una sola vez, en publicaciones científicas posteriores —pongamos aparte, desde luego, la autocita en los informes de investigación redactados con fines institucionales y administrativos (como decía recientemente Jean d’Ormesson en un contexto bastante diferente, la mayoría de los artículos científicos se hacen “no para ser leídos, sino para estar ahí...”). Para la masa

informe de la producción científica, la caída en el olvido es inmediata.

Sin embargo, no nos engañemos. Esta obsolescencia tan rápida de la producción científica no podría interpretarse como una falta de pertinencia. Incluso sería una grave equivocación, a veces cometida de manera más o menos consciente por políticos en busca de economías fáciles, considerar inútil y costosa esa vasta masa de investigaciones invisibles. Si bien se puede reconocer que pocas de ellas marcan el camino que lleva finalmente a un importante descubrimiento, muchas desempeñan un papel indirecto pero capital. En esos trabajos oscuros es en los que se forman las habilidades, en los que se prueban los métodos, se afinan los conceptos, se perfeccionan las técnicas. Así como cada obra literaria se apoya en borradores con frecuencia abundantes (se sabe de qué manera despiadada corregía Flaubert sus manuscritos) y cada obra plástica supone decenas de bocetos (el Museo Picasso exhibió en 1988 el gigantesco trabajo subyacente en *Les Demoiselles d'Avignon*), así también no hay un resultado científico destacado que no *resulte*, sí, de contribuciones modestas, múltiples, dispersas, con mucha frecuencia pasadas por alto. Hay que considerar lo esencial de la producción científica como ese indispensable borrador, pues si el escritor y el pintor, creadores solitarios, guardan en sus cajones personales esos esbozos, ejercicios e intentos, los científicos los comparten. Su miseria y su grandeza es trabajar juntos y tener que exponer ahí mismo sus obras más pequeñas, a veces las más insignificantes. No habría, pues, por qué preocuparse, sino al contrario, de que se deslicen a un olvido indulgente y, hojas muertas, se vuelvan ese humus fecundo en el que se enraizarán los futuros brotes.

Incluso las grandes obras apenas escapan a este proceso. Si su existencia es, en efecto, reconocida, a un físico no se le ocurriría incluir en la bibliografía de uno de sus artículos una referencia precisa a los *Principia mathematica* cuando utiliza la ley de Newton, al *Sidereus Nuncius* de Galileo cuando habla de los satélites de Júpiter, ni siquiera a la famosa entrega de 1905 de los *Annalen der Physik* cuando escribe $E = mc^2$ —textos que, por otra parte, nunca ha leído—. Y es que la importancia misma de esos descubrimientos les ha permitido ser integrados, asimilados, digeridos y remodelados hasta volverse, en una forma a veces muy diferente de su versión original, parte integrante de la estructura del conocimiento contemporáneo. La metamorfosis va acompañada de metempsicosis. En sus reencarnaciones sucesivas, las obras del pasado transmiten un espíritu que a la vez es idéntico a sí mismo y olvida esta identidad.

Como vemos, debido a que la noción de progreso tiene ahí un sentido, la ciencia está condenada a la amnesia, muy diferente en esto a los terrenos de la cultura —Victor Hugo, otra vez—:

[...] el progreso es el motor de la ciencia; el ideal es el generador del arte.

Es lo que explica por qué el perfeccionamiento es propio de la ciencia, y para nada es propio del arte.

Un sabio hace olvidar a un sabio; un poeta no hace olvidar a un poeta.

El arte camina a su manera; se desplaza como la ciencia; pero sus creaciones sucesivas, que contienen algo de lo inmutable, permanecen; mientras que las admirables aproximaciones de la ciencia, al no ser y no poder ser más que combinaciones de lo contingente, se borran unas a otras.”⁴

Sin embargo, con los progresos de la ciencia sucede lo mismo que con sus verdades: son innegables, pero relativos y, después, quedan sujetos a la sospecha. El desarrollo científico ya no está adornado automáticamente con las virtudes que permitirían calificarlo de progreso. Los obuses químicos de 1916 y la bomba A de 1945 también hicieron estallar en pedazos el consenso ingenuo que identificaba la mayor cantidad de ciencia con lo mejor del hombre. Y la conciencia crítica de las apuestas de la ciencia, que se desarrolló primero en el terreno exterior de sus repercusiones sociales, terminó por ganar los campos propios en que se ejerce. Respecto a los puros criterios internos a la investigación científica, y desde el simple punto de vista del avance de los conocimientos, ahora ya no es obvio que más sea mejor. Por otra parte, la posibilidad misma de distinguir un dentro y un fuera de la ciencia parece en lo sucesivo comprometida. No regresemos aquí al conjunto de análisis críticos y autocríticos del desarrollo de la tecnociencia, ni a las cuestiones políticas, económicas e ideológicas que se derivan de ellos. Mostremos simplemente cómo los mecanismos de inhibición y de ocultación, constitutivos del funcionamiento de la investigación, conducen desde ahora a efectos perversos o, por lo menos, contraproducentes. Y es que la eliminación de las hojas muertas de la ciencia, el rechazo de sus desechos opera, de ahora en adelante, en la misma escala industrial que su producción. Son volúmenes gigantescos de conocimientos considerados caducos y que poco a poco son condenados a un olvido deliberado. Ningún laboratorio puede seguir conservando, más allá de algunos años, aunque sólo sea por falta de lugar en sus estanterías, las revistas científicas que alimentan y recogen su actividad. Incluso las grandes bibliotecas universitarias o académicas se enfrentan a insolubles problemas de almacenamiento, que las técnicas modernas (la microficha, ya superada, ¿el videodisco mañana?) apenas parecen ser capaces de resolver. Ahora se abandona en desorden el conocimiento de ayer. ¿Cómo dejar de pensar en que, en ese rechazo continuo, se van, con una masa de residuos, elementos útiles y recuperables? O, con mayor precisión, ¿cómo saber si, en lo que actualmente consideramos trabajos secundarios, atolladeros, esbozos o repeticiones, no yacen, invisibles en el contexto actual, un punto de vista, un método, un resultado llenos de implicaciones futuras? El reciclaje de los desechos, tal es quizá la gran idea del siglo XX, incluso en el terreno intelectual. Por otra parte, ¿no es así como nació la física moderna? Las toneladas de peblenda de las que Pierre y Marie Curie aislaron el radio sólo eran, después de todo, mineral de desecho, después de que extrajeron de ellas la plata que contenían (esa plata que se recupera actualmente en las películas fotográficas...).

Ilustremos los efectos de la amnesia programada de la ciencia contemporánea con algunos casos. Recientemente vimos en física un antiejemple instructivo para comprobar la obsolescencia acelerada de las obras del pasado. Desde hace algunos años, no es raro ver citar, en artículos de investigación “de punta”, como referencia técnica inmediata, trabajos del matemático Henri Poincaré que se remontan a más de tres cuartos de siglo y que no se habían mencionado durante varias décadas. Y es que se ha desarrollado todo

un terreno de la teoría física: la teoría de los sistemas dinámicos, transformación contemporánea de la vieja mecánica de científicos como Newton, Lagrange y Poincaré precisamente. La irrupción de la física llamada moderna, teorías cuánticas, relatividades, había relegado —o eso parecía— a principios del siglo XX a esa física a las estanterías de un clasicismo polvoriento. El átomo, y luego el núcleo y las partículas, por una parte, y las estrellas, cuasares y agujeros negros, por la otra, parecían, hasta hace poco tiempo, los únicos objetos dignos de interés para un físico. Ahora bien, de pronto los investigadores encuentran en una nube, una cascada, un ciclón —pero también en una caldera, en una estela, en un conducto— fenómenos tan ricos en desafíos intelectuales y seguramente más prometedores en aplicaciones técnicas. Si bien es cierto que este nuevo desarrollo de una física macroscópica y clásica ha sido impulsado ampliamente por la disponibilidad de los medios de cálculo y de simulación que proporciona la informática, no es menos cierto que esa mutación técnica no basta para explicar el largo retraso del resurgimiento. Una parte esencial en la duración de esta latencia debe atribuirse al olvido colectivo de los fundamentos y del estado último de la disciplina temporalmente abandonada. Los teóricos formados hace 20 o 30 años sólo estaban provistos de conocimientos bastante rudimentarios de mecánica clásica. La dinámica de los fluidos estaba (sigue estando) ausente de los diplomados universitarios de física fundamental, relegada a los cursos de física aplicada en las escuelas de ingenieros. Las obras de Poincaré y de sus contemporáneos o de sus antecesores inmediatos ya no estaban disponibles en las bibliotecas científicas comunes. Fue necesario realizar una verdadera reconquista y, a través de terrenos no hacía mucho reconocidos y cultivados pero luego abandonados y vueltos baldíos, recuperar caminos olvidados. Así, la creencia ingenua en una modernidad irreversible y la negligencia presuntuosa de una antigua disciplina han obstaculizado y retrasado un desarrollo científico mayor.

Tomaré de mi experiencia personal un segundo ejemplo, de importancia más reducida, pero de interés esencialmente epistemológico y pedagógico. La relatividad einsteiniana estableció una concepción nueva del espacio y del tiempo que prolonga el punto de vista clásico de Galileo y Newton, al mismo tiempo que rompe con él. El postulado de la invariancia de la velocidad de la luz desempeñó un papel capital en la elaboración de esta teoría, desde el artículo básico de Einstein en 1905. Por diversas razones, tanto teóricas (las ecuaciones de Maxwell) como experimentales (el experimento de Michelson-Morley), se había llegado a afirmar, en efecto, que la luz se desplaza *siempre* a 300 000 kilómetros por segundo, sea cual fuere el sistema de referencia —idea eminentemente molesta en relación con la práctica ordinaria, en que la velocidad de un automóvil, pongamos por caso, no es la misma, en cuanto al suelo, a un viandante en la acera, a otro vehículo o a sus pasajeros—. La aserción de una velocidad de propagación luminosa invariante permite efectivamente construir con facilidad la estructura formal de la teoría (transformaciones de Lorentz). Sin embargo, no deja de formular preguntas que el profesor ve reaparecer año tras año en sus estudiantes y que el divulgador espera que su público le haga durante cada conferencia. Por ejemplo: si la teoría de la relatividad está ligada a los procedimientos de sincronización de relojes y de señalamiento de las

distancias efectuados con ayuda de señales luminosas, ¿no se obtendría otra teoría adoptando otros métodos de medición (con ayuda de señales sonoras, llegando al caso)? ¿Y cómo una teoría basada en una propiedad de la luz o, de manera más general, de los fenómenos electromagnéticos rige no sólo esos fenómenos, sino también las interacciones nucleares o gravitacionales, que son de una naturaleza totalmente diferente? Por último, la misma mecánica relativista, una vez desarrollada, muestra que la invariancia de la velocidad de la luz está ligada a la exacta nulidad de la masa del fotón, el “grano” elemental de la onda luminosa. Pero de esta masa, en rigor, sólo conocemos un límite superior, ínfimo en efecto, pero no nulo, y ningún experimento puede probar su nulidad absoluta; así pues, es bastante posible que, si esta masa no es rigurosamente nula, la velocidad de la luz no sea exactamente invariante. ¿En qué acabaría, entonces, la teoría basada en un postulado que resultara falso? Reflexionando sobre estas cuestiones, hace algunos años, me convencí y mostré que, de hecho, podía uno prescindir de ese postulado frágil. Si consideramos la teoría de la relatividad, según el punto de vista moderno, como una descripción de la estructura del espacio-tiempo, podemos construirla a base de hipótesis muy generales, independientes de los fenómenos considerados (luminosos o de otro tipo) y basadas en la noción de simetría (mediante la teoría matemática de los conjuntos).⁵ Curiosamente, ese trabajo se publicó más o menos al mismo tiempo que un artículo semejante debido a dos autores australianos, que habían llegado a conclusiones similares. Su bibliografía difería de la mía, y, al remitirme a una de sus referencias, me vi orillado a remontarme a una larga cadena de autores. Me di cuenta entonces de que ese resultado, que yo creía original, sólo era una transformación moderna de un punto de vista casi tan antiguo como la formulación convencional de la teoría, ya que se remontaba a 1911. En tres cuartos de siglo, unos 10 autores habían dado los mismos pasos en Alemania, en Inglaterra, en Francia, de manera independiente y aislada, y habían vuelto a encontrarse, también *a posteriori* generalmente, con la misma sorpresa, a sus antecesores.⁶ En el momento actual, ese punto de vista estructural sobre la teoría de la relatividad, aunque aclara y solidifica de manera considerable sus fundamentos, sigue siendo ampliamente pasado por alto. El olvido en el cual en apariencia caen poco a poco sus expresiones —¿hay que decir, más bien, la represión de que son víctimas?— continúa manteniendo y agravando toda una serie de dificultades pedagógicas y epistemológicas. Una verdadera modernización de la enseñanza y de la reflexión sobre la teoría de la relatividad exigiría, pues, la rehabilitación de una línea de pensamiento encubierta.

El presente texto estaba en elaboración cuando el número de marzo de 1988 de *La Recherche* le proporcionó, en un terreno completamente diferente, una ilustración ideal, al publicar un artículo de Didier Fleury con un título elocuente: “¿Tiene memoria la ciencia? El caso de la enfermedad del olmo”. Sólo tendría que citar el principio:

Las instancias responsables de la protección de la naturaleza en particular y del ambiente en general, interrogan con frecuencia a las ciencias biológicas, con el fin de definir las bases objetivas necesarias para una mejor administración de los recursos naturales, tanto de las especies como de los espacios. Ante una

creciente exigencia social, común al conjunto de países con un gran desarrollo técnico, los funcionarios y los técnicos del aprovechamiento se volverán cada vez más hacia los científicos. La cuestión que hay que plantearse entonces es la de la capacidad de las ciencias biológicas para responder a esa exigencia en términos socialmente asimilables.

El caso de la enfermedad holandesa del olmo —la grafiosis— es una muestra de la actitud del medio científico ante un problema de considerable importancia social y ecológica. Desde 1970, aproximadamente, una nueva ola epidémica afecta a los olmos, que mueren uno tras otro, tanto en Europa como en América del Norte. A pesar de todos los medios modernos con que cuentan los biólogos, ningún tratamiento ha permitido aún salvar un solo árbol. ¿Cómo de 2 millones de olmos que constituían la magnífica floresta normanda hace 20 años sólo quedan 145 árboles censados, sin que se sepa por qué algunos han resistido y otros no? No es la primera vez que el olmo ha estado amenazado de esta manera: las enfermedades de los vegetales son tan antiguas como los mismos vegetales. Pero es sorprendente comprobar, al remitirse a la bibliografía especializada de principios del siglo XIX, que los sabios de la época, a pesar de que no disponían del arsenal químico y técnico actual, habían logrado contener la plaga de la enfermedad del olmo, que entonces causaba estragos. Para comprender cómo y por qué, revisemos los estudios del siglo pasado.

El autor describe entonces en detalle esos estudios, realizados de 1843 a 1859 y debidos principalmente a cierto Eugène Robert; las técnicas que obtuvo de ellos permitieron en esa época detener eficazmente la epidemia, salvar e incluso restaurar numerosos olmos. Didier Fleury observa en seguida que el olvido de esas experiencias depende de la naturaleza misma de la ciencia contemporánea:

¿Por qué el método de Robert nunca aparece en la bibliografía de los autores actuales? Esta pregunta es importante y sale del marco nacional, puesto que un artículo de *Saturday Review*, fechado el 8 de enero de 1859, con el título “La cirugía vegetal”, analiza los trabajos de Robert. El descortezamiento sólo aparece en las publicaciones modernas como un medio para impedir que los árboles talados se conviertan en focos de infección. Es muy sorprendente que ningún investigador, aun sin referirse a Robert, haya pensado en aplicar ese medio a los árboles que están en pie, para impedir que los escólitos vuelen e infecten otros árboles. Debería haberse propuesto una solución semejante como complemento a los tratamientos insecticidas o a la lucha biológica. ¿Una disciplina científica puede prescindir así de su historia? Es significativo que la parte bibliográfica que constituía uno de los cuerpos de las tesis —y no el menor de ellos— haya desaparecido totalmente. En la actualidad, es más importante saber lo que se hace en los cuatro puntos del mundo que conocer lo que pasó, en resumidas cuentas, hace poco tiempo. Entre las escalas mundial, por una parte, y la microscópica, por la otra, la actividad científica pierde en profundidad.

Al tener a su disposición medios de investigación de una potencia nunca igualada en el pasado, la biología tiende a ver preguntas nuevas ¡ahí donde en realidad hay poco de nuevo! Al separar la vida de los ambientes en que se expresa, al confinarla al fondo de las probetas, la biología se hace la ilusión de tener un conocimiento aumentado de lo vivo. Sólo puede, en esas condiciones, crear conocimiento por el conocimiento en sí.

También en el mes de marzo de 1988, la revista *Nature* publicaba un artículo de J.-M. Diamond sobre la conservación de las especies animales en el que el mismo tema se ilustra de manera patente. Las especies amenazadas de extinción se encuentran

actualmente en un “libro rojo”, sugiriéndose así que todas las demás están protegidas. El director del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves, C. Imboden, señala que esa estrategia es errónea y peligrosa, pues supone, en efecto, que todas las especies se estudian permanentemente y que se vigila la evolución de su estado. Ahora bien, si los naturalistas del siglo XIX realizaron un enorme trabajo de descripción y de clasificación, muchas especies sólo son conocidas en la actualidad por las publicaciones de esa época y ya no se benefician con ninguna observación efectiva. Las tendencias actuales de la biología casi no favorecen, es lo menos que puede decirse, a la zoología de campo, incluso rebautizada como etología o ecología. El conocimiento concreto del mundo animal simplemente ya no forma parte de las ciencias de la vida y desempeña un papel menor en la formación y en la práctica de los investigadores. Nada sabemos ya sobre una gran parte de las especies, observadas no hace mucho en los bosques salvajes y en la actualidad perdidas de vista, relegadas a las estanterías de las bibliotecas. Y esto da como resultado que, sobre todo en las zonas tropicales, con mucho las más ricas en animales y las más pobres en zoólogos, el estado real de numerosas especies sea desconocido. Y cuando, mucho tiempo después de los primeros estudios, el terreno se vuelve a explorar, desagradables sorpresas esperan a los investigadores. Cito el artículo de *Nature*:

En el siglo XIX, cinco especies endémicas de pájaros fueron descubiertas por expediciones zoológicas en las islas Sangihe y Talaud en Indonesia, después de lo cual estas islas volvieron a caer en la oscuridad ornitológica. Cuando finalmente regresaron algunos ornitólogos en el decenio de 1980, comprobaron que la parte esencial de los bosques había sido sustituida por plantaciones; en las tierras boscosas restantes, sólo encontraron una pareja del loro suspendido de Sangihe, un macho del elegante pájaro sol y ninguna ave del Paraíso cerúlea. Un estudio reciente en las islas Salomón evidenció la desaparición de 12 de 164 especies de aves antes descritas en este archipiélago (ocho de ellas, que anidaban en la tierra, parecen haber sido destruidas por la introducción de gatos). Filipinas cuenta con las especies más grandes de murciélagos [...]; entre ellas, el “zorro volador” nunca ha vuelto a verse desde su descubrimiento en 1888. Etcétera.”⁷

Ninguna de esas especies de Indonesia, de Filipinas o de las islas Salomón aparecía en un “libro rojo”. Teóricamente inventariadas, pero prácticamente olvidadas, se han extinguido o se acercan a la extinción, sin que siquiera los biólogos se hayan dado cuenta del peligro. Por eso, C. Imboden propone sustituir el “libro rojo” de las especies en peligro por una “lista verde”, la de las especies cuya seguridad está garantizada. Todas las demás serían automáticamente consideradas amenazadas y por lo tanto recibirían protección. ¡Él calcula, con base en eso, ¡que menos de una tercera parte de las especies de aves conocidas podrían aparecer en una “lista verde”! La urgencia es grande, pues, concluye el artículo:

“Existen numerosas especies de los trópicos, en Asia, África o América del Sur, sobre las cuales no tenemos ninguna información reciente, para las cuales no ha habido ninguna investigación moderna y que por lo tanto no aparecen en el “libro rojo”.”

Es ya un componente regular de las revistas científicas de divulgación, como *Nature* o *Science*, dar a conocer trabajos olvidados que anticipan a veces con varios decenios (re)descubrimientos recientes presentados como originales. Un ejemplo particularmente

notorio lo proporciona la reciente “revolución” médica relativa a la úlcera estomacal, enfermedad rara vez mortal, pero de las más molestas y de las más extendidas (80 000 nuevos casos por año en Francia, aproximadamente 15 veces más que el sida). Al contrario de la *doxa* que pretendía que el estómago no podía abrigar bacterias patógenas crónicas, la úlcera sería finalmente una enfermedad esencialmente infecciosa, debida a un germen desconocido durante mucho tiempo, el *Helicobacter pylori*. Y una cura de una semana de antibióticos parece bastar para sanar la enfermedad... Casi tuvo que pasar un siglo para que la medicina oficial tomara en serio ciertas observaciones anatomopatológicas hasta entonces puestas en la picota —y 25 años para aceptar los trabajos precursores de un médico cubano. Pero también fue culpa de éste: ¡sólo había publicado en revistas cubanas o soviéticas!—.

El olvido científico se vuelve aquí irresponsabilidad ética.

UN PORVENIR INCIERTO

La amnesia aceptada, incluso reivindicada, de la ciencia, que tantos logros le ha dado hasta el momento, corre ahora el riesgo de dar lugar a graves equivocaciones. Desde el solo punto de vista de sus exigencias propias, en relación con el único criterio del aumento de los conocimientos, el desclasamiento acelerado de sus producciones al estado de desecho sólo puede agravar la inflación ya amenazadora de la producción, favorecer el fenómeno, común en las disciplinas de punta, de las modas efímeras y ocasionar que los trabajos de investigación sean superficiales. Pero la situación es más grave aún respecto de los problemas que plantea a la sociedad el desarrollo tecnocientífico.

El rechazo por la ciencia de su pasado amplía cada vez más la zanja que separa a sus clérigos de sus profanos. ¿Cómo tener acceso en lo sucesivo a conocimientos cada vez más esotéricos cuando se borran los caminos que hasta hace poco se tomaban para llegar a ellos y cuando incluso los actuales pioneros de la investigación enfrentados al nuevo desconocido no podrían volver a encontrar, tras de sí, las huellas de sus antecesores? ¿Estamos conscientes de que el astrofísico X no podría distinguir a Júpiter de Sirio, que el biólogo Y no reconocería un mirlo de una mirla, que el físico nuclear Z se vería en apuros para explicar el arco iris? ¿Y nos damos cuenta de lo que implica esta solución de continuidad entre el pasado de la ciencia y su presente como laguna entre sus poseedores y sus excluidos? ¿Cómo imaginar que la humanidad se apropie colectivamente de ese conocimiento hoy reservado a una minoría o que al menos pueda dominar su desarrollo y sus aplicaciones, a falta de una percepción clara de su trayectoria histórica? No nos engañemos: no bastaría ciertamente con hacer realidad los deseos hasta ahora piadosos de una enseñanza de la historia de las ciencias, en forma paralela a la de sus contenidos, por más positiva que fuera tal innovación. Es, mucho más profundamente, la idea misma de historia, y por lo tanto de memoria, la que debe volverse a encontrar en la práctica de la ciencia. Una actividad humana sólo tiene sentido si tiene, en primer lugar, el del tiempo, y si se vive como movimiento, del pasado hacia el porvenir. ¿No sería ésa una posible definición de la *cultura* y la razón por la cual la ciencia no forma parte —en todo caso, ya no, y tal vez aún no— de ella? Al identificarse con la modernidad, al vivirse ya

sólo en el presente, la ciencia ha olvidado su pasado y, por lo tanto, sólo puede estar ciega ante su porvenir. Olvidadas sus raíces, ¿cómo trazar sus perspectivas? Se corre actualmente el gran riesgo de ver que la investigación científica se extravíe en direcciones peligrosas, o se pierda entre obstáculos insignificantes, y se vuelva así vulnerable a los azares de la coyuntura política o económica, así como a los vaivenes ideológicos de la opinión.

Para decidir a dónde queremos ir, no olvidemos de dónde venimos.

VIII. LA MUSA DE LA TÉCNICA

¿QUÉ ES, PUES, un *museo* de las *técnicas*? Tenemos la costumbre, desde hace varios siglos, de asociar la idea de museo con una colección de obras, principalmente artísticas, que son en esencia obras singulares, únicas, personales, que tienen autores, mientras que la técnica, por el contrario, se encarna, en la medida en que es “sistema técnico”, es decir, en que tiene una naturaleza y una función sociales, en máquinas, objetos, instrumentos comunes, múltiples y de uso colectivo. Hay, pues, al parecer, una diferencia esencial entre la obra de arte tal como puede verse en el Louvre un cuadro singular y único debido a un autor, y la mayoría —no todos, se verá después— de los objetos que pueden observarse en un museo de las técnicas. De hecho, la paradoja parece acentuarse si reflexionamos en que las obras de arte son *hechas* para mostrarse y mirarse, exponerse. Su única función social es ser presentadas y ser vistas, y con frecuencia, en todo caso desde hace bastante tiempo en la historia del arte, precisamente en edificios o instituciones de tipo museístico. Ahora bien, los objetos industriales que exponen los museos de las técnicas nunca fueron concebidos, por supuesto, para ser mostrados en un museo. Fueron fabricados, simplemente, para funcionar. Y el simple hecho de conservarlos, de mostrarlos en la actualidad, de intentar darles otra vida, implica que les conferimos un valor añadido, supone que les hacemos una exigencia suplementaria, puesto que no fueron, *a priori*, concebidos para esos fines.

Hay, así, en la noción misma de museo técnico una especie de contradicción en los términos, en esa denominación una figura retórica, casi un oxímoron, sobre lo cual hay que reflexionar. El “museo” de Artes y Oficios es, por otra parte, en su origen, para su fundador, el abad Grégoire, un *conservatorio* nacional de las técnicas. La palabra y, por lo tanto, la noción de *museo* sólo datan en realidad de principios del siglo XX, del decenio de 1920, es decir, precisamente el momento en que se interrumpe la recolección de los objetos que constituyen la colección permanente, el momento en que el establecimiento entra en su periodo de “bella durmiente del bosque” del cual proviene en la actualidad. Estas observaciones no tienen como finalidad cuestionar la hermosa y noble denominación museística actual, sino invitarnos a reflexionar sobre el sentido que hay que darle hoy. Tenemos que interrogarnos sobre el riesgo en que podría caer la renovación presente, o lo que se perdería si cediéramos a una idea demasiado tradicional del museo, destacando los objetos singulares, los más artísticos por su forma estética, los más excepcionales por su avance histórico o los más espectaculares por su escala. Ahí estaría el peligro de mostrar árboles que tal vez ocultarían el bosque.

La pregunta puede hacerse de otra manera: cómo conciliar el carácter implícitamente sagrado de un museo —después de todo, el *museo* está consagrado a una *musa*, y, hasta donde sé, no existe, aunque tal vez haya que lamentarlo, una musa de la técnica— con la

naturaleza, en esencia profana, de la técnica. Una respuesta consiste en contrarrestar el hincapié hecho en objetos únicos y excepcionales con la idea, intrínseca a la técnica, de *serie* de objetos. Sin duda hay que ir más lejos —incluso en el plano de los “objetos faros” simbólicos del museo renovado— demostrando el carácter esencial del objeto técnico en su función social, es decir, su trivialidad misma. Así, Bruno Jacomy, en el original librito que dedicó a la historia de las técnicas,¹ al hablar de las técnicas del siglo XIX, y buscando un objeto emblemático de ese periodo, escogió no el ejemplo más esperado, la máquina de vapor, sino simplemente el remache. Se trata de una idea notable, que consiste en tomar el objeto técnico más pequeño y menos espectacular, pero el que sostiene el conjunto de la técnica en el siglo XIX, y en mostrar, mediante ese mínimo objeto de metal, a la vez el conjunto del dispositivo técnico que se despliega a su alrededor, y además, Bruno Jacomy lo subraya mucho en su libro, el conjunto de las relaciones sociales y humanas que subyacen en la técnica.

¿Por qué, entonces, no tomar como “objeto faro” un trivial remachito y colocarlo en una enorme vitrina, con el fin de evidenciar justo ese carácter fundamental de la técnica, que *no* está hecha precisamente de “obras”, en el sentido en que entendemos las “obras de arte”? Con mayor razón si la obra de arte, en todo caso hasta la modernidad, siempre ha sido considerada intemporal; incluso su valor se reconocía, se reconoce aún, por su capacidad de trascender el paso del tiempo. En cambio, el objeto técnico es inmanente a su época; es tanto más importante cuanto mejor la caracteriza, y cuanto más intrínsecamente se le asocia. Está condenado, por naturaleza, a la obsolescencia. Esto quiere decir que en la actualidad el significado de un objeto técnico que data de dos o tres siglos sólo puede comprenderse en su contexto histórico; el objeto como tal, presentado solo, con frecuencia ya no nos dice nada. No es ése el caso de una obra de arte, que, sola, hoy, incluso fuera de contexto, sigue hablándonos. Es cierto; ya no nos dice exactamente lo mismo que cuando fue creada, y podemos equivocarnos en cuanto a su significado, pero no por ello tiene menos sentido. Un molino de viento del siglo XVII, como objeto técnico por una parte, y su representación pictórica en un cuadro flamenco de la misma época, no tienen en absoluto la misma función. El objeto como tal es caduco, pertenece al pasado y está superado; ya no existe, ya no sirve para nada, mientras que su representación en el cuadro conserva evidentemente una función estética y simbólica de la mayor importancia. Podríamos hacer reflexiones del mismo tipo sobre, por ejemplo, la locomotora de vapor y el famoso lienzo de Turner, *Efectos de velocidad en la niebla*. La locomotora de vapor ha muerto; debemos, pues, hacer un gran esfuerzo para hacerla hablar de nuevo, mientras que el cuadro de Turner sigue hablándonos. Y, por lo tanto, podemos preguntarnos si la obra de arte, el paisaje holandés o el lienzo de Turner, o en todo caso cualquiera otra cosa, ya no tiene nada que decirnos finalmente sobre el significado de un objeto técnico del pasado, molino de viento o locomotora, aparte de lo que ese objeto mismo nos dice.

Hay otro punto esencial. Los objetos técnicos han sido hechos únicamente para funcionar, para andar. Han sido “estudiados” con ese fin. Pero la mayoría de los objetos técnicos, de las herramientas, de las máquinas, *no caminan*. Durante su concepción,

durante su fabricación, generalmente no funcionan. Es precisamente trabajo del ingeniero y del técnico modificarlos hasta que funcionen. La técnica integra, de manera constitutiva, la dimensión del fracaso, del fracaso superado. Cualquier intento por demostrar la naturaleza de la técnica, cualquier aproximación cultural a la técnica debe dar su justo lugar a esta dimensión. Por lo tanto, en un museo de las técnicas hay que reconocer y mostrar que muchas máquinas no funcionan. Así, el vehículo transportador a vapor de Cugnot, uno de los objetos de los cuales se enorgullece el Museo Nacional de las Técnicas, es una máquina bastante torpe e ineficaz, que casi vale sólo como prototipo. Todo el esfuerzo de los sucesores de Cugnot consistirá, pues, en modificarla hasta que, por último, se llegue a un locomóvil de vapor que camine. En un museo de las técnicas esta dimensión debe explicitarse, y la exhibición debe hacer hincapié en el carácter no funcional de cierto número de prototipos. Lejos de hacer al visitante escéptico o despreciativo respecto de la técnica, esta estrategia sólo reforzaría su admiración y su estima por los inventores y los técnicos que han logrado, después de esfuerzos considerables, volver eficaces esas innovaciones.

Pero no sólo existen las máquinas que no funcionan; también están las máquinas que se averían *¡todas* las máquinas! La avería es un elemento constitutivo de la cultura técnica, y debería abordarse como tal. La avería, la destrucción pueden ser, por otra parte, deseadas: la práctica de las “pruebas destructivas” es una constante de la industria moderna; es muy común llevar un prototipo hasta sus límites, estudiar hasta dónde puede funcionar, cuándo va a averiarse, para probar sus límites de fiabilidad cuando se fabrique en serie. Y están también, por supuesto, los objetos, las máquinas que se averían accidentalmente. Esta dimensión del accidente es esencial. Pensemos en lo que fue la máquina de vapor en el siglo XIX: del conjunto de calderas que se construyeron, ¡son mucho más numerosas las que explotaron a lo largo del siglo que las que se mantuvieron! Cómo no pensar que un museo de las técnicas debiera exponer herramientas averiadas y máquinas rotas, calderas que explotaron, motores corroídos, grúas que se vinieron abajo, para mostrar la dimensión social y humana —esto tiene un costo humano; una máquina que se avería implica cierto número de muertos, de heridos— de la técnica. Lejos de pretender que caiga el recelo sobre la técnica, se trata, por el contrario, de mostrar el valor extraordinario del trabajo humano y su capacidad para superar esos fracasos y esas averías.

También, en el mismo sentido, habría que dar su justa dimensión a la idea de que la historia de las técnicas no es una historia lineal previsible. Como todas las historias, sea la de la vida —tal como la comprendemos en la actualidad cuando escuchamos lo que los biólogos nos dicen sobre la evolución animal—, sea la de nuestras sociedades —los años que vivimos lo demuestran de sobra—, la evolución técnica es contingente. No está determinada únicamente por su lógica interna. Está bajo la influencia de los acontecimientos históricos y políticos. Los ejemplos podrían multiplicarse fácilmente. Es esencial hacer hincapié en el hecho de que la historia de las técnicas no es una historia cerrada y coincide con todas las otras esferas de la historia social. A manera de ejemplo, Geoffrey Hindley, historiador inglés de las ciencias y de las técnicas, ha estudiado el

papel que ha desempeñado la música occidental en el desarrollo de nuestra técnica. Demuestra, de manera totalmente convincente, que la explicación de lo que llamamos el “excepcionalismo occidental” (la técnica tal como la conocemos actualmente se desarrolló en Europa y no en otras civilizaciones que tenían algunos avances técnicos) está, al menos en parte, ligada a la historia cultural, y sobre todo a la historia de la música.²

La conclusión que hay que sacar de estas observaciones es que, para que la noción de museo de las técnicas no sea una noción contradictoria, sólo puede desembocar en un proyecto museológico abierto.

Abierto, por una parte, a una presentación, una representación, de las técnicas efectivas, de las técnicas actuales. Ahora bien, ¿dónde podemos verlas si no en el lugar en que se despliegan, es decir, en la empresa? Es un aspecto esencial de la reflexión saber cuáles pueden ser los vínculos concretos, necesarios y fundamentales, entre un museo de las técnicas y el mundo de la industria. Observemos, de paso, que existe una empresa de la que se esperaría que encontrara una representación particular dentro de un museo de las técnicas, a saber, el museo mismo, como sistema técnico-social. La dimensión más evidente de esta proposición consiste en reconocer que un lugar tan complejo como el de un museo semejante es un rico objeto técnico, que debería demostrarse de manera reflexiva, particularmente en la sección dedicada a la construcción: la estructura del edificio, la red eléctrica, las circulaciones de fluidos, etc., deberían, al menos en parte, ser considerados elementos que se (de)muestran.

Museo abierto también al conjunto de la red de museos técnicos regionales, de ecomuseos locales, en los que la realidad concreta de las técnicas, realidad a la vez histórica y geográfica, se impone con toda su fuerza. Por ejemplo: es muy diferente interesarse en las técnicas de la metalurgia en una antigua fragua, en un lugar en el que las fraguas han desempeñado un papel social esencial, que en un museo general, donde están fuera de contexto. Y es esencial, pues, que el Museo Nacional de las Técnicas sea un polo de difusión que permita a sus visitantes tener acercamientos tan concretos como sea posible, en las regiones y en los sitios en que esas técnicas se desarrollaron, en conexión con los lugares geográficos y las tradiciones históricas.

Abierto también a la presencia efectiva de las ciencias y de las técnicas recientes. Esta demostración plantea, no obstante, un serio problema: el de la recolección de los objetos técnicos contemporáneos. Y es que su rápida obsolescencia (más o menos programada...) tiene como consecuencia su desaparición acelerada. Es una interesante paradoja de la modernidad ver que sus objetos escasean mucho más pronto que los de los periodos anteriores (¿o es tal vez esa una manera de caracterizar lo que algunos llaman la posmodernidad?). Así, es más difícil encontrar los aparatos telefónicos de plástico del decenio de 1970 que los viejos modelos de baquelita del decenio de 1950. ¿Y qué fue de las primeras calculadorcitas —ya sabe, las que tenían cifras luminosas rojas —, para no hablar de las reglas de cálculo de mi juventud? Hay ahí un problema muy serio que requiere una política de adquisición determinada y en colaboración con

instituciones científicas e industrias de avanzada.

Abierto, por último, al sistema educativo. Observemos, a este respecto, que las visitas de los niños de las escuelas y de los colegios, que están destinadas a multiplicarse en el museo, no deberían depender únicamente de sus profesores de ciencias y de técnicas. Es necesario que la presentación de las ciencias y de las técnicas tenga lugar en un marco más amplio, y habría que convencer a los otros profesores, por ejemplo de historia, de filosofía o de literatura, de que acompañaran también a sus alumnos a los museos de las ciencias y de las técnicas, de tal manera que se dé otro enfoque a la historia de la técnica.

Lo que la idea museográfica preconcebida debe reflejar es, pues, el conjunto del contexto social y cultural de la técnica. A este respecto, se podría hacer una reflexión útil sobre lo que aportaría una referencia explícita a los terrenos clásicos de la cultura, así se trate de la literatura o de las artes plásticas. Si alguien nos ha hecho entender lo que es una máquina de vapor, una locomotora, ése es Zola, en *La bestia humana*; algunos fragmentos del texto de Zola acompañarían con eficacia la presentación de una locomotora, así como algunas imágenes de la película que Jean Renoir hizo con base en la novela, con Jean Gabin como maquinista. Las imágenes, escritas o pintadas, que la cultura nos ofrece de las ciencias y de las técnicas son indispensables para que las comprendamos. Y no sólo las obras artísticas y literarias del pasado, sino también las del presente. Sería de gran importancia reflexionar en las contribuciones de artistas contemporáneos que proporcionarían enfoques muy interesantes sobre algunas dimensiones de la técnica. A propósito de la idea de serie, por ejemplo, algunas obras del escultor Arman, sus acumulaciones de objetos, de herramientas, pueden darnos una fuerte imagen visual de la noción de serie. Se puede pensar también en los trabajos del artista norteamericano Claes Oldenburg, que ha fabricado objetos técnicos muy comunes —pinzas, palas, desarmadores— gigantescos, agrandados a una escala de 10 o 15. Bruscamente se impone una fuerza nueva del objeto técnico, lo vemos como nunca lo habíamos visto. Éste es uno de los problemas esenciales a los que debemos enfrentarnos: sacar al objeto técnico de su trivialidad. Tratemos de mirar esas cosas que estamos tan acostumbrados a ver o a utilizar, como si nunca las hubiéramos visto o tocado. Y tal vez podríamos incluso plantearnos la interesante cuestión de recurrir a una iconografía que viniera *de otra parte*. ¡Después de todo, existe! Cuando nuestra civilización desembocó en otras, llevó consigo esos objetos técnicos que otras personas vieron *como nuevos*. Así, conocemos grabados japoneses que muestran los objetos de la técnica occidental del siglo XVIII, llevados por las naves occidentales, principalmente holandesas, tal como eran vistos por ojos japoneses. Esa mirada nueva, externa, nos da una nueva comprensión.

Se trata finalmente de mostrar que la técnica, al menos tanto como y ciertamente más que una relación de los hombres con las cosas, es en primer lugar, una relación de los hombres entre sí, y expresa las relaciones sociales hasta en los objetos más cotidianos. Pensemos particularmente en los análisis que Bruno Latour ha hecho de ciertos objetos cotidianos de nuestra cultura técnica, como por ejemplo el cinturón de seguridad.³ Nos muestra hasta qué punto está lleno de significados, y cómo remite al conjunto de la organización social en la que vivimos. Si queremos comprender realmente lo que son las

técnicas, es verdaderamente esencial comprender que son para la humanidad, en primer lugar, un modo de relación consigo misma. En otras palabras, detrás de la técnica, lo que hay que mostrar es el trabajo humano. Finalmente, tal vez no haya tanta diferencia como parecería entre el Museo del Hombre o el Museo de las Artes y Tradiciones Populares, por una parte, y el Museo Nacional de las Técnicas, por otra. Y sin duda una mirada etnológica y antropológica a nuestras técnicas nos permitiría comprenderlas mejor y, quizás, dominarlas mejor.

IX. ¿CIENCIAS ASOCIALES E INHUMANAS?

¿CUÁL ES LA NATURALEZA de la dicotomía, dentro del conocimiento considerado científico, que separaría a las “ciencias naturales” por un lado, y a las “ciencias socio-humanas”, por otro? ¿Se distinguen, incluso se oponen, por su objetivo?, ¿por su método?, ¿por su rigor?

La terminología usual parece establecer la distinción con base en los objetos de estudio de estos dos tipos de ciencias. Las primeras estudiarían la naturaleza, exterior e independiente del hombre, al cual se dedicarían las segundas. Pero ya hemos perdido la ingenuidad que nos permitía creer que dicha dicotomía existía por sí misma, absoluta y universalmente; ahora sabemos que se trata de una construcción conceptual dentro de un conocimiento particular, el de las ciencias contemporáneas, que apareció en un contexto cultural e histórico específico, el de la modernidad europea. De hecho, esa dicotomía es más de tipo institucional que conceptual, y no existía en el Renacimiento (que, por el contrario, privilegiaba la homología entre el hombre y el cosmos), ni siquiera en la época de la Ilustración. Y, paradójicamente, la evolución de las ciencias contemporáneas parece ingeniárselas para debilitar la base de esa dualidad en que se fundan. Por una parte, ciencias que originalmente eran socio-humanas derivan hacia la naturalidad: la psicología se hace psicofisiología y la lingüística se junta con la neurobiología. Por otra parte, la biología, mediante la etología, descubre la cultura hasta en las sociedades animales y viene a desembocar en la antropología, como lo muestran de manera elocuente los recientes trabajos sobre lo que habría que llamar la cultura técnica de las sociedades (naturales) de chimpancés.¹ En nuestros días, debería ser, pues, una trivialidad teórica afirmar a la vez que el hombre y la sociedad son, como objetos científicos, tan *naturales*, o tan poco, como la vida y la materia y, al mismo tiempo, que la naturaleza es un concepto tan *humano* como la sociedad.

En cuanto al método, para que pueda servir de discriminante, antes de probar que existe en formas diferentes en uno y otro caso, habría que probar, en primer lugar, simplemente que existe, al menos en el caso, considerado ejemplar a este respecto, de las ciencias naturales. Ahora bien, toda la historia de la filosofía de las ciencias durante el siglo XX puede leerse como la de un debilitamiento progresivo de los criterios internos de científicidad. A medida que la reflexión epistemológica pretendía tomar como objeto la práctica científica tal como es, y no tal como debería ser, tenía que abandonar, una tras otra, todas las normas metodológicas, no obstante cada vez más débiles, propuestas en cada ocasión. Ya Duhem, a fines del siglo XIX, había probado que la opinión positivista al estilo de Claude Bernard era lógicamente insostenible. Al cuestionar la noción de “experiencia decisiva”, había mostrado que el esquema clásico —observación, inducción, deducción, verificación— apenas funcionaba. Desde entonces, la historia y la sociología

de las ciencias han confirmado, mediante numerosos estudios de casos detallados, hasta qué punto ese esquema estaba alejado de la realidad. También se llevaron a cabo numerosos intentos de construir una epistemología más flexible, que proponía una versión realista de la metodología científica. Pero ni el refutacionismo al estilo de Popper, ni el consensualismo de los “programas de investigaciones” de Lakatos, ni el relativismo moderado de Kuhn se sostienen ante la crítica de alguien como Feyerabend, *contra el método*, en efecto. La práctica efectiva de la ciencia permite tomar en serio una ocurrencia de Einstein, quien declaró que “temía que, a los ojos del filósofo, el científico apareciera finalmente como un oportunista epistemológico de lo peor”.²

Queda entonces la idea de rigor, teórico o experimental. Ciertamente, en el plano de la teoría nada tienen en común la certeza demostrada de determinado teorema matemático y la frágil aceptabilidad (en el mejor de los casos) de determinada aserción sociológica. Existen, en efecto, disciplinas formalizadas, en las que la utilización de un aparato matemático o lógico garantiza la solidez de las concatenaciones deductivas, a diferencia de ámbitos del conocimiento cuyo modo discursivo y demostrativo depende de la lengua común con sus ambigüedades. Pero esta noción no podría servir de criterio dicotómico, pues se evalúa en un espectro continuo que va desde las matemáticas hasta formas esencialmente literarias de la sociología, sin que se manifieste una frontera clara: la biología moderna, incluso la molecular, apenas está formalizada. Por lo demás, como lo muestra la econometría, la utilización de un aparato matemático elaborado no basta para garantizar la naturalidad, ni, por otra parte, la validez de un conocimiento. Añadamos, por otra parte, que incluso en las matemáticas, ese modelo, como se dice, del rigor, sus criterios se han vuelto mucho más vagos; la intervención de las computadoras en algunas demostraciones (por ejemplo: el “teorema de los cuatro colores”), así como la naturaleza colectiva de la prueba de ciertos resultados (la clasificación de los grupos finitos, por ejemplo, necesitó millares de páginas y puso en acción a decenas de investigadores), hace mucho más difícil la evaluación de la validez de las pruebas. La posibilidad de una experimentación controlada no ofrece una mejor distinción; basta con observar que algunas ciencias que se cuentan entre las más “duras” siguen siendo esencialmente observacionales (la astrofísica y la cosmología), mientras que las ciencias humanas pueden ser capaces de elaborar protocolos experimentales de un impecable rigor (algunos ámbitos de la sociología).

También, sin duda, hay que renunciar finalmente a especificar las ciencias socio-humanas en relación con las ciencias naturales intentando, como comúnmente se hace, mostrar lo que les falta a unas para ser tan “avanzadas” como las otras. Surge la sospecha de que podría ser fecundo invertir la acción y, en lugar de incriminar a las primeras, ¡buscar la carencia por el lado de las segundas! Y es que las ciencias sociales y humanas lo son *doblemente*: de manera trivial, en primer lugar, por sus sujetos de investigación (pero ya hemos visto que no bastaban para especificarlas), en seguida, y de manera menos trivial, porque ellas mismas saben que son prácticas sociales y humanas. Esta reflexividad, que les da una muy viva conciencia de sus límites, no es una tara sino un logro. Les permite escapar, mucho mejor que las que se creen naturales (y se

consideran exactas), de la ilusión de la omnisciencia y el peligro de la irresponsabilidad. Por el contrario, la pretensión de las llamadas ciencias de la naturaleza de ser objetivas y universales las expone casi sin protección a esos riesgos. Por otra parte, precisamente por desconocimiento de su propia historia pueden mantener esa ilusión, pues la simple comprobación de que “la ciencia”, en el sentido popular del término, nació en un lugar (el occidente europeo) y en un momento (el siglo XVII) muy precisos (fenómeno que, por otra parte, está lejos de ser comprendido) basta para descalificar esa pretensión. Además, el nivel muy limitado de formalización abstracta que se encuentra en las ciencias humanas y sociales no tiene sólo inconvenientes. Que sus conocimientos sigan expresándose en la lengua común impide, al menos, la aparición de una brecha demasiado grande con la cultura general. Como lo prueba la comparación de las respectivas prácticas de publicación, de difusión y de comunicación de las ciencias naturales y de las ciencias humanas, el problema insoluble de la “divulgación” casi no se plantea en el caso de las segundas, pues la continuidad entre sus expresiones especializadas (internas) y sus discursos públicos (externos) continúa asegurada. Al invertir la acción común, parece, pues, finalmente más fácil definir las ciencias de la naturaleza por lo que les falta en referencia a las ciencias humanas y sociales. Es decir, lo más sencillo es redefinir las ciencias llamadas generalmente “naturales” como *inhumanas* y *asociales*.

Sin embargo, queda por responder la pregunta de si es posible y cómo se puede “superar” la separación de los dos tipos de ciencias. Pero, en primer lugar, ¿por qué habría que superarla? Ese sueño de una unidad reconstituida, ¿es, en el fondo, algo más que un deseo nostálgico? ¿Con base en qué puede creerse incluso en su posibilidad? ¿No habría que aprender la lección de los abundantes intentos de interdisciplinariedad realizados desde hace algunos decenios, así fuera en una escala más modesta? En esencia, puede decirse que la mayoría de las tentativas por acercar disciplinas diferentes se han quedado en la fase de intenciones de principio tan generales como peligrosas — cuando no han desembocado en puntos muertos epistemológicos (la biomatemática norteamericana de Rashevsky en el decenio de 1940) o en peligrosas construcciones ideológicas (la sociobiología de Wilson en el decenio de 1940)—. Es posible, desde luego, que dichos programas de acercamiento hayan podido permitir el surgimiento de ámbitos nuevos y fecundos: es el caso de la bioquímica o de la neurobiología. No obstante, la paradoja que no habría que ocultar es que, lejos de atenuar la división de las disciplinas, esos logros la han reforzado haciendo aparecer nuevas disciplinas con una autonomía relativa tan marcada como la de las antiguas. En otras palabras, en lugar de suprimir una frontera y de sustituirla por una zona franca, la nueva disciplina instauro otro ámbito, lo que implica la aparición de *dos* nuevas fronteras, una con cada uno de los terrenos originales. El caso de la bioquímica, en particular, merecería ser estudiado más de cerca; a pesar de su denominación híbrida, se trata realmente de una disciplina específica, tan alejada de la química, así sea sólo por la complejidad de los sistemas que trata, como de la biología animal, puesto que tampoco la bioquímica se interesa mucho por el organismo vivo como tal.

No hay en esto nada sorprendente si se quiere tomar en serio la palabra “disciplina” y comprender que si bien define los límites de tal o cual conocimiento, son precisamente esos límites los que constituyen su fuerza. Si necesariamente quisiéramos encontrar una definición general de la noción de ciencia, que distinguiera el conocimiento científico de los otros tipos de conocimiento, la encontraríamos, sin duda, en el trabajo de restricción permanente y sistemático que permite a un conocimiento científico constituirse y reforzarse. Este trabajo reviste tres aspectos principales:

1) *La delimitación del ámbito de conocimiento considerado.* Un buen ejemplo lo proporcionaría el surgimiento de la electricidad como campo de estudio científico, a fines del siglo XVIII. Hasta entonces, los fenómenos eléctricos constituían una categoría mal definida de fenómenos naturales, que iban desde la atracción que ejercía el ámbar frotado sobre pedacitos de papel, hasta las contracciones de las ancas de rana puestas en contacto con alambres, pasando por las volteretas de las marquesas excitadas por la descarga de las botellas de Leyden. Es decir, los fenómenos eléctricos parecían pertenecer tanto a las ciencias de la vida como a las de la materia. Sólo renunciando a sus connotaciones vitalistas y limitándose a los efectos puramente materiales la electricidad se integraría a la física y sería verdaderamente científica.

2) *La restricción en el uso de las herramientas (teóricas y experimentales), al mismo tiempo que su diversificación y su especificación.* La ciencia, al igual que cualquier práctica, artesanal o industrial, no tiene herramientas universales. Ningún obrero tiene desarmadores o pinzas que le sirvan para hacer cualquier cosa. Cada tarea (recortar, perforar, ensamblar) requiere sus propios métodos, cada material sus propios instrumentos (hay taladros para madera, para piedra, para metal). Sucede lo mismo con las herramientas intelectuales o prácticas de las diversas ciencias, que se vuelven tanto más eficaces cuanto más estrechamente especializadas sean (pero también más frágiles). A manera de ejemplo, los aceleradores de partículas utilizados en medicina, si bien obedecen a los mismos principios que los de la física fundamental, no por ello son menos diferentes. Cuanto más eficaz es una ciencia en su ámbito, menos se le pueden pedir prestadas las herramientas que ha fabricado con ese fin.³

3) *La codificación de las condiciones de validez de los conceptos.* Sólo hay conocimiento científico verdadero cuando sus enunciados pueden ir acompañados de las restricciones explícitas que los hacen confiables. El teorema de Pitágoras no es verdadero; es verdadero *si* los triángulos rectángulos que menciona se trazan en una superficie plana, y se necesitarían muchos otros *si*.⁴ Se podría considerar toda la historia de las matemáticas, que escojo precisamente debido a su reputación de rigor absoluto, como la historia del descubrimiento progresivo de condiciones de validez cada vez más obligatorias para sus teoremas más conocidos y más aparentemente seguros.

Debido a que se interesan por campos cada vez mejor especificados de lo real, y a que utilizan instrumentos cada vez más específicos, las ciencias, sean cuales fueren, alcanzan un nivel razonable, y sobre todo controlable, de conocimiento. La idea de que las ciencias humanas y sociales ganarían en rigor y en vigor inspirándose en las ciencias de la naturaleza, en especial tratando de igualar el nivel de formalización de la física, me

parece a este respecto particularmente perniciosa.

No por ello nos resignaremos a la dispersión del conocimiento científico en especialidades independientes e indiferentes. Pero la noción de extradisciplinariedad, o como se dice “extraterritorialidad”, más que la de inter-, trans- o pluridisciplinariedad, es la que parece poder responder al legítimo deseo de romper el aislamiento mutuo de las disciplinas. Lo que tenemos que crear son zonas francas del pensamiento. En otras palabras, el encuentro entre disciplinas diferentes debe concebirse más a manera de confrontación, o en todo caso de intercambio, que de fusión y de “complementariedad”. Más que una coproducción que, salvo excepciones, seguirá siendo utópica durante mucho tiempo o se volverá pronto trivial, hay que esperar, del contacto entre dos disciplinas, que se pongan a prueba mutuamente. Esta visión es, deliberadamente, más crítica que positiva —pero hoy la ciencia tiene una gran necesidad de una actitud semejante—. Lejos de reducir el campo de los intercambios, esta perspectiva, por el contrario, lo amplía, principalmente en lo que respecta a las potencialidades de comunicación entre ciencias “naturales” y socio-humanas. Para dar sólo un ejemplo, la sociología no parece muy capaz de ayudar a la física de las partículas fundamentales a resolver sus ecuaciones operacionales no lineales, ni encontrar inspiración para nuevos conceptos en dichas ecuaciones. Pero los físicos, enfrentados al problema, desde ahora decisivo, de persuadir a la sociedad de la legitimidad de los costos crecientes de su conocimiento, y a la dificultad de compartirlo, sólo podrían salir ganando si escucharan a sus colegas sociólogos de las instituciones y del conocimiento. Recíprocamente, ante la tentación de importar modelizaciones matemáticas (*ready*) *made in physics* (“catástrofes”, “caos determinista”, etc.), los sociólogos tendrían un gran interés en comprender mejor las condiciones de obligatoriedad a las que debe responder la formalización en física teórica para encontrar su eficacia.

No es, pues, una aportación directa, una fecundación inmediata, lo que una disciplina tiene derecho a esperar de las otras, sino otra perspectiva sobre su ámbito, una ampliación del contexto en el cual opera. Una confrontación semejante requiere la renuncia a toda ilusión de fusión sincrética de las ciencias, e incluso, nos atreveríamos a decir, el duelo por la unidad del conocimiento. Sólo un reconocimiento de los límites de los conocimientos científicos, de su diversidad y de su alteridad permitirá, no abolir esos límites, sino adoptarlos y, tal vez, cruzarlos. Hay otra manera más de presentar esta perspectiva, resumiéndola en dos palabras claves, inseparables, que desde hace mucho tiempo fundan el valor de los conocimientos antiguos y de las obras clásicas de la humanidad, y que ya es hora de que las ciencias modernas las aprendan: *crítica* y *cultura*.

X. LAS IMPRESIONES DE UN INVENTOR

Como todos los años, el 21 de octubre celebramos, en este fin del siglo XXII, la aparición, a principios del XXI, de una de las mayores innovaciones, a la vez técnica y cultural, de nuestro tiempo. Esta revolución volvió caducos, de un solo golpe, los pesados medios electrónicos de grabación y de transmisión de la información, perfeccionados con muchos trabajos durante el siglo XX. Si bien sin duda el nombre del inventor es actualmente el más conocido y el más reverenciado de nuestra civilización, hasta ahora sabíamos muy poco sobre la gestación de esta importante idea; la desaparición prematura del gran hombre (abatido por una crisis cardíaca debida a la emoción de sus primeras impresiones ante la realización de su invención) nos privó de su versión del relato original. Después de largas investigaciones en los arcaicos archivos informáticos de la sociedad que él fundó, los historiadores han logrado identificar un antiguo disco personal, del que hay que imaginar las dificultades a las que tuvieron que enfrentarse para descifrarlo en una vieja Mac del Museo Nacional de las Técnicas. Nos complace ofrecer hoy a nuestros lectores estas notas de trabajo, testimonio irremplazable sobre una innovación capital.

20 de septiembre

Ayer festejamos el perfeccionamiento de nuestro nuevo *infoscript* personal. Gracias a la primera utilización de componentes AsGa con efecto de túnel cuántico, hemos aumentado también su capacidad de memoria conservándole un tamaño razonable, de manera que siga siendo transportable en un estuche de tamaño normal. Estoy orgulloso de la legibilidad de la pantalla de cristales nemáticos y de su fiable volumen estérico en densidad; le he dedicado tantas horas de trabajo... El nuevo teclado de captura con teclas capacitivas tampoco está mal. Sin embargo, debo confesar que me persigue cierta insatisfacción. Deben existir soluciones más elegantes, pero sin duda requieren un profundo cambio técnico, tanto de los conceptos como de los materiales.

21 de octubre

En el fondo, el *infoscript*, como el automóvil, es un híbrido o, como dicen los biólogos, una quimera, injerto mutuo improbable de subsistemas técnicos heterogéneos: una pantalla heredada de la televisión, un teclado tomado del acordeón, una estructura de tratamiento lógico sacada de las computadoras de cálculo científico, una alimentación energética que data de la vieja electrotécnica (incluso las nuevas baterías poliméricas

siguen siendo pesadas y costosas) y, sobre todo, un principio de transmisión secundario de una red externa no específica, la del teléfono. Habría que replantearse todo eso y encontrar medios más específicos, más adaptados y más sencillos para grabar y transmitir textos...

28 de octubre

¿Y si se prescindiera del teclado? Bastaría con sustituir la pantalla pasiva por una pantalla sensible acoplada a una optopluma manual (de rayos infrarrojos, por ejemplo) para capturar los datos de manera analógica en lugar de alfanumérica: así, se podría grabar en la pantalla, directamente, no sólo texto, sino también dibujos y esquemas, sin recurrir a programas de grafomorfogénesis elaborados. Asimismo, la disposición tipográfica y la formación de páginas podrían hacerse en tiempo y espacio reales, sin que fuera necesario recargar las memorias de programas a la vez imperfectos y pesados. Pero ¿es concebible una pantalla sensible delgada? Me empecino en ello. El jefe del departamento de investigación acepta dejarme trabajar en este proyecto.

21 de noviembre

Semanas de trabajo inútil. Estoy convencido de que las pantallas de cristal líquido, sean nemáticas, sean colestéricas, etc., y su activación, electrostática o electromagnética, requieren varios milímetros de grosor. Es demasiado. ¿Por qué no intentar estabilizar películas delgadas, del tipo de las laminillas de jabón, e inscribir en ellas los datos utilizando el fenómeno de coloración interferencial?

17 de diciembre

No logro superar la fragilidad inherente a esas delgadas películas... Mis burbujas estallan como las de los niños. Los colegas se burlan de mis chifladuras, y el jefe me citó para mañana.

19 de diciembre

Conseguí una prórroga para explorar una nueva pista: los biopolímeros. Después de todo, las membranas celulares empiezan a ser bien conocidas, ¡y la biotróica está de moda!

10 de enero

La escala celular es difícil de dominar. No consigo “pelar” las membranas ni convertirlas en capas planas de dimensiones adecuadas. ¿Quizá no llevé lo bastante lejos la hidrólisis de las células vegetales que utilizo?

18 de enero

Tal vez voy por buen camino, debido a una buena manifestación de la fortuna. Desanimado, había abandonado el viernes mi imperfecta hidrólisis de fibras vegetales, y había dejado el laboratorio sin siquiera lavar mis recipientes ni guardar mi material. Me tomé una semana de vacaciones. A mi regreso, toda el agua se había evaporado, y sólo quedaba en la tina una película de fibras mezcladas, elástica y resistente. ¿Sería ésa la pantalla flexible de mis sueños? Hay que hacerla aún más delgada y más uniforme, lo que no debería ser demasiado difícil. Pero, sobre todo, ¡imaginar la manera de inscribir en ella las informaciones! ¿Cómo transformar esa imbricación amorfa en una matriz de píxeles regular y plana? ¿Tal vez un tejido de fibras largas? Y ¿cómo activar los elementos de visualización?, ¿hacer conductoras a las fibras?

1º de febrero

No llego a ningún lado. Las fibras vegetales tejidas mal que bien —mi prototipo es una especie de gasa burda— se resisten (¡es ésa la palabra!) a las corrientes de mando: los revestimientos conductores colocados electrolíticamente no se adhieren... Voy a intentar cargar las fibras con grafito micropulverulento.

4 de febrero

Encuentro la solución, inesperada. Mediante un gesto torpe, dejé que el extremo de una de las barras de grafito, que iba a reducir a polvo, frotara ligeramente mi gasa. Dejó en ella un rastro fino y claro. Lo hice de nuevo, ahora deliberadamente: todos los grafismos son posibles. ¡Y esto funciona aún mejor con mis primeras pantallas flexibles, no tejidas y con la superficie más uniforme! ¡Cómo no se me ocurrió antes!... A partir del momento en que opté por una grabación analógica, ¡se volvió inútil, e incluso incoherente, conservar una presentación de datos discreta! Las perspectivas que se abren son inmensas: el carácter intrínsecamente continuo de mi procedimiento permitirá una gama infinita de variaciones tipográficas. ¿Tal vez incluso cada individuo logre personalizar su grafía? Además, la sencillez del sistema le garantiza una extrema fiabilidad. Sin duda habrá que prever un servicio después de la venta para el mantenimiento de mi trazador analógico, que me dan ganas de bautizar como “grafitopluma” (comercialmente Graf’ O-Plum sería todavía mejor, pero lo dejaré en manos de los publicreativos); de cualquier manera, debería estudiar su ergonomía: el grafito es, si se toma con la mano, demasiado frágil y sucio. ¿Tal vez habría que encerrarlo en un tubo metálico o plástico? Mientras decido, adopto el término de “flexpantalla” para las películas de fibras. Mañana, ¡registro la patente!

... El mismo día

Despierto sobresaltado a media noche por una pesadilla: me había transformado en microprocesador, pero estaba ciego y paralizado, con todas mis conexiones rotas. De repente me doy cuenta aterrorizado: dedicado al problema de la grabación y de la

visualización de las entradas y de las salidas, olvidé por completo la necesidad de las conexiones con la unidad de procesamiento de la información. ¿Cómo enlazar la grafitopluma y la flexpantalla con la red electrónica? Hay allí una discordancia dentro de los marcos conceptuales (continuo/discreto) y de los apoyos materiales (amorfos/cristalinos) que es obviamente redhibitoria. ¡Cuánto tiempo perdido en quimeras!

%

5 de febrero

De todas formas, el jefe del departamento me notificó secamente que mis investigaciones solitarias y extravagantes habían sido toleradas demasiado tiempo. Me asigna como tarea perfeccionar la pantalla del *infoscript* común. Objetivos (¡¡¡grandiosos!!!): ganar 5% de contraste, 3% de definición y 2% en tiempo de barrido electrónico. Sin embargo, ¡el modelo actual está en la cima de las posibilidades técnicas!

18 de febrero

Todas las noches, ese sueño recurrente en que soy un microprocesador que funciona sin conexiones, con los electrones que circulan en vano por mis circuitos y componentes, sin salidas.

%

20 de febrero

¡La iluminación! Ese sueño me daba la clave, desde hacía días... En efecto, debo convertirme yo mismo en el procesador y todo se arreglará. ¡Basta con transferir todas las funciones de procesamiento de la información de la microcomputadora al cerebro humano! Tiene el suficiente volumen de memoria desocupada, y ciertamente puede encargarse de las tareas, si bien elaboradas, pero a su alcance, de control gráfico (mediante el sistema de control brazo-mano-grafitopluma), de corrección ortográfica, de formación de páginas, etc. Sólo es el resultado natural de la orientación biotrófica que he dado a mi proyecto desde el principio. Es una simplificación drástica, revolucionaria incluso, de toda la cadena gráfica. ¡Qué irrisorio parecerá el *infoscript*, con su estorbo volumen, su pobre teclado manual, su estrecha pantalla, su pesada alimentación, parecía insignificante a nuestros niños, provistos de ligeras grafitoplumas y elegantes flexpantallas, y equipados de sutiles neuroprogramas implantados en sus cabecitas!

1° de abril

Todo ha pasado muy rápidamente en estas últimas semanas. Después de haber registrado mis patentes, presenté mi renuncia y fundé una nueva empresa trayéndome mediante soborno a algunos colegas, sobre todo de los departamentos de desarrollo y *marketing*.

Inmediatamente empezaron a rechazar mis conceptos en todos los sentidos. Con sorpresa, nos dimos cuenta de que la flexpantalla (que nuestros vendedores rebautizaron como FPUIL —Flex Pantalla Universal de Información Libre)— era reversible: ruptura radical con la pantalla tradicional, ¡funciona al derecho y al revés! Imaginamos en seguida aparatos multipantallas: ¡la delgadez de la flexpantalla permite unir varios cientos de ellas con un tamaño mucho más pequeño que el de los antiguos *infoscripts*! El volumen de informaciones disponibles en consulta directa, con posibilidad de acceso no secuencial y permanencia temporal de la presentación de datos, es gigantesco. Hemos perfeccionado los escritores individuales (una matriz de madera para el grafito, con un rotoafilador individual en miniatura que suprime el mantenimiento después de la venta; otro modelo muy ingenioso con transferencia de líquido pigmentado, bautizado Estil’O-Graf, e incluso, para los nostálgicos, una máquina pequeña con teclado, la Dactil’O-Graf).

12 de mayo

Nuestro departamento de desarrollo acaba de inventar unos procedimientos de reproducción en gran escala que permiten en un breve lapso obtener cientos de miles de copias que tengan el mismo texto, sin que sean necesarias las pesadas interconexiones por cable o haces que eran las únicas que permitían la transferencia entre las antiguas pantallas electrónicas. Después de un profundo estudio de mercado, el departamento de *marketing* me convenció de lanzar nuestro nuevo producto multipágina con la denominación de “Librepantalla” y de basar toda nuestra promoción en la libertad del usuario. Vislumbramos el desarrollo de un mercado doble, el de la grabación individual, a base de librepantallas vírgenes, y el de la transmisión colectiva, con librepantallas escriptadas producidas en serie.

21 de octubre

Día de fiesta... El éxito de la librepantalla es tal que el habla popular se ha apoderado de ella. Con ayuda de una apócope, la gente habla ahora de “libres” refiriéndose a nuestras laminillas. Incluso aparecen tiendas que se llaman “librerías”... Mañana, inauguramos nuestras primeras máquinas para reproducir; espero de ellas una gran impresión.

LA CIENCIA A PRUEBA...

...DE LA CULTURA

XI. PARA UNA CRÍTICA DE LA CIENCIA

¿SE PUEDEN ACLARAR las relaciones del arte y de la ciencia evitando las consideraciones generales, a menudo demasiado vagas y fácilmente ociosas, de las que uno de mis profesores de filosofía preguntaba: “Son profundas, en el sentido de ‘huecas’?” Con este fin, y más que abordar de frente la difícil comparación de la creación artística y del descubrimiento científico, deseo analizar con base en su confrontación, un aspecto de la cuestión principal que se plantea a la ciencia, la de su valor cultural. Nadie duda de que el arte pertenece, de manera constitutiva, a la cultura; en cuanto a la ciencia, nada es menos cierto. Por elección se puede, desear su entrada en la cultura, o temer su manumisión en la cultura, pero su existencia como forma cultural no es evidente, lejos está de eso. Y la idea que quiero defender es que justamente a la ciencia le falta un componente esencial de toda actividad cultural: la dimensión crítica. Ésta es una diferencia mayor entre el arte y la ciencia: la existencia y el reconocimiento de la función crítica en el seno del primero, su carencia o su insuficiencia en la segunda.

Comencemos por una comprobación empírica trivial: hay personas que hacen profesión (de oficio, o de fe...) de “crítico de arte”. No existen “críticos de ciencia”. Así, la ciencia es hoy más arcaica que el arte. En efecto, la modernidad puede concebirse, en gran parte, como el acompañamiento desde ahora permanente de la obra por medio de una mirada exterior, como la imposibilidad o la extrema dificultad de una creación ingenua, como la presencia en la producción misma de un retroceso, de un segundo grado, de un pensamiento crítico. Este distanciamiento es constitutivo de la modernidad artística, así concierna al valor estético o a la significación social de las obras. Pero esta misma posibilidad, o más bien exigencia, en la práctica en gran parte está ausente de la ciencia, como quiero mostrarlo y describir sus consecuencias, negativas y perjudiciales.

Distinguiré tres aspectos de la actividad crítica, o mejor aún, tres funciones: una *función productora*, interna, relativa a los procesos de producción —así se trate de descubrimiento científico o de creación artística—, una *función mediadora*, relativa a los procesos de mediación, de difusión, y una *función política*, relativa a los procesos de socialización.

LA FUNCIÓN PRODUCTORA

Puede ser ilusión o sobrestimación, pero parece que en los medios artísticos la crítica interna no sólo existe, sino que es reconocida y desarrollada (¿a veces demasiado?). Aquí no se trata únicamente de la existencia de esos especialistas (los críticos de arte) que, a veces, desempeñan un papel capital ante tal artista o tal grupo, sino también de los propios artistas de los que quiero creer que tienen una actitud crítica permanente con

respecto a su trabajo, y el de los demás. El papel de esta actividad crítica es esencial para estimular la creación, evaluar la novedad, confrontarla con la tradición, tener en cuenta la continuidad y la ruptura, afirmar o negar la pertinencia de una obra. Estos modos de funcionamiento hacen mucha falta en ciencia. Consideremos tres aspectos de la función crítica interna.

El primero concierne a la *validez* del trabajo, su calidad, si se quiere, así se trate de la obra de arte o del descubrimiento científico. En este plano es donde la ciencia es aún sin duda la menos desfavorecida, ya que existen en la práctica científica poderosos criterios de control de la validez, de los resultados de investigación. Por lo demás, estos criterios están muy socializados: un trabajo científico sólo tiene existencia si se publica. Las revistas científicas reconocidas someten cualquier artículo original, antes de la publicación, a la lectura de ciertos *réferi*, cuya función a medio camino entre el arbitraje y la censura es juzgar la conformidad del trabajo con las normas colectivas en vigor. Estos lectores —en general anónimos— son pares del investigador autor del artículo, y el proceso de evaluación, en general, es recíproco, lo cual lo protege parcialmente de los abusos de poder y la constitución de polos de autoridad. El juicio de estos *réferis*, en el mejor de los casos, puede ser una crítica positiva, que dé lugar a un mejoramiento del artículo sometido. Se cree, no obstante, que estos procedimientos son totalmente disciplinarios y sólo pueden funcionar en campos especializados restringidos, cuya limitación refuerzan aún más. El principio de autocompetencia colectiva de un grupo de especialistas homogéneo y cerrado encuentra entonces sus límites en la confusión que permite, por una parte, entre la pretendida neutralidad de un juicio puramente científico y, por otra, los efectos de la organización jerárquica, de las constricciones institucionales y de las exigencias de la competencia. Muy bien adaptado al carácter artesanal de la ciencia del siglo XIX y al funcionamiento corporativo de sus instituciones, hoy este sistema llega a sus límites ante una investigación industrializada. Por tal motivo estos procedimientos de evaluación y de control son cuestionados por el desarrollo o, en todo caso, la evidente aparición del fenómeno del fraude científico.¹ Desde luego, siempre existió, y la ciencia es una actividad humana como las otras, también ahí hay tramposos, probablemente ni más ni menos que en otras partes. Pero, sin duda, está más marcada que en otras partes la contradicción entre los valores reivindicados —que harían de la ciencia el ámbito por excelencia de la verdad, de la objetividad, de la neutralidad— y los hechos. Claro está que la multiplicación de los casos de fraude reconocidos, sobre todo en las ciencias biológicas, no es necesariamente síntoma de decadencia. Incluso quizá su discusión pública hasta en la gran prensa sea un signo de salud. Pero ello indica sin duda que las formas tradicionales de ejercicio de la función crítica, en cuanto a los procedimientos de validación de las investigaciones científicas, deben repensarse y reformarse.

El segundo aspecto de la crítica interna concierne a la cuestión del *sentido*. La significación de una producción, artística o científica, no es algo que ocurra naturalmente, y sólo surge a partir de la actividad crítica que esa producción genera. Incluso en el caso en que las intenciones del creador o del investigador son conscientes y explícitas (y a

fortiori si no lo son), el sentido efectivo de la obra no corresponde necesariamente a ellas: Cristóbal Colón descubrió a América creyendo que atracaba en China. Así, sólo sea porque cualquier producción es social, tiene pocas razones de ser comprendida, admitida, interpretada, utilizada como esperaba aquel que la engendró. Para dar un ejemplo en el terreno de la técnica, Bell, el inventor del teléfono, sólo imaginaba utilidades prácticas para él (órdenes militares en campaña) o artísticas (retransmisiones teatrales a domicilio)... Él sería el primero en sorprenderse al ver el papel capital de su invento en la *socialité* contemporánea. El diálogo crítico es, pues, fundamental para descubrir el lugar y la significación de la obra. Trivial para el arte, desgraciadamente este enunciado está vacío para la ciencia. La ambición que exhibe la investigación científica de acumular resultados a un ritmo cada vez más rápido, su pretensión de un progreso acelerado e indefinido dejan poco tiempo y pocos medios a la reflexión crítica interna. Esa fase decisiva de cualquier actividad creadora, el movimiento de retroceso, el tiempo de la mirada que permite volver a captar la obra en conjunto, comprenderla, percibir su estructura, está del todo ausente de la práctica científica contemporánea. Usemos una metáfora arquitectónica. Para construir un edificio se necesitan andamios, estructuras de apoyo y aporte de materiales. Con frecuencia están hechos de cualquier cosa, con los medios disponibles. Asimismo, el investigador científico busca aquí y allá, y da lugar a nuevas experiencias y nuevos conceptos con los instrumentos y las ideas que tiene a la mano. Pero el andamio oculta lo que sirve para construir y, al final, debe desmontarse para dejar aparecer y funcionar el edificio. Igualmente, los andamios teóricos de las nuevas ideas científicas a menudo las ocultan y *deberían* ser desmontados para ver la estructura real y comprender su significación intrínseca. Ahora bien, esta tarea crítica de limpieza y de ordenación casi no se lleva a cabo en la ciencia actual, y raras veces de una manera deliberada. El plano conceptual sigue atestado de elementos cuyo papel constructivo ha sido considerable, pero que desde ahora ocultan el edificio, en detrimento del análisis epistemológico y de la práctica pedagógica en particular.

Pongamos un ejemplo. Lo saco de mi ámbito de investigación, la física cuántica, que trata del comportamiento de objetos físicos en pequeña escala, los electrones, por ejemplo. Cuando los físicos penetraron en ese terreno —¡hace tres cuartos de siglo, no es tan reciente!—, descubrieron que esos objetos tenían comportamientos muy extraños, unas veces parecidos a ondas (como las olas, el sonido, etc.) y otras a corpúsculos (como canicas, granos de arena, etc.). Entonces, invocaron una “dualidad onda-corpúsculo”, sobre la cual se han escrito largas exégesis filosóficas e incluso teológicas, numerosas y dudosas. Porque si se considera de cerca, no la interpretación metafísica, sino el formalismo esencial de la teoría, no se ve ahí ninguna “dualidad”, sino una descripción unificada y original. Dicho de otro modo, los conceptos de onda y de partícula, tomados de la física clásica (precuántica) del siglo XIX, sirvieron para echar las bases de una noción nueva que los trasciende. Claro está, no se puede describir lo nuevo, cuando surge, más que con términos de lo antiguo. El recurso de las ideas y las palabras existentes es inevitable en el momento del descubrimiento. De igual modo, los conquistadores, al encontrar en los Andes un animal desconocido, lo describieron como

una especie de borrego con cabeza y cuello de camello. Pero la llama, puesto que es su nombre, no es una quimera de borrego y de camello. Así como el extraño animal descubierto por los buscadores de oro en los riachuelos australianos, que tenía piel y alimentaba a sus cachorros, pero poseía pico de pato, patas palmeadas y ponía huevos, no resulta de una “dualidad pato-conejo”: es un ornitorrinco. Los objetos cuánticos no son *patchworks* [mixturas] de ondas y de partículas: no son *ni* ondas *ni* partículas, aun cuando en ciertos aspectos se parezcan a ellas. En consecuencia merecen un nombre propio de ellos, ahora se les llama “cuantos”. Pero el reconocimiento de su especificidad es bastante reciente y ha debido criticar severamente decenios de pensamiento perezoso. Las implicaciones de este punto de vista no son menores, así se trate del desarrollo de las teorías físicas fundamentales, de su enseñanza o de sus fundamentos. El largo atraso, de más de medio siglo, que se requirió para aclarar la estructura conceptual de la física cuántica, es un ejemplo particularmente probatorio de la falta de reflexión crítica interna en la práctica científica. Podríamos multiplicar estos ejemplos sin problemas; así sucede en el caso de la demasiado famosa teoría de la relatividad, cuyas numerosísimas y ociosísimas glosas resultan a menudo del mismo déficit de análisis crítico.²

En fin, tras la cuestión de la validez, y la del sentido, el tercer aspecto de la crítica interna de la ciencia concierne a su *orientación*. Un proyecto humano —se trate de arte o de ciencia— sólo es cuando la humanidad lo domina o al menos se plantea el problema de su dominación y, en primer lugar, el de su orientación. Se trata de saber si los nuevos desarrollos se dejan al puro aparente azar o, lo que con frecuencia es lo mismo, a los determinismos (económicos, por ejemplo) subyacentes, o bien, si la posibilidad y la necesidad de cambios de rumbo son objeto de una reflexión, de una evaluación, de una confrontación. La función crítica es aquí la determinación de elecciones posibles y la evaluación de sus posturas. En otros términos: volver a poner el presente de la creación en una trayectoria histórica, entre sus raíces pasadas y sus perspectivas futuras. Sólo hay cultura si hay memoria activa. La huella del pasado es necesaria para la elección de los caminos futuros. Al respecto, la ciencia ha caído en la trampa de una concepción muy pobre de la modernidad, identificada con un eterno presente, sin memoria y sin proyectos. Hay que saber que el investigador medio sólo trabaja con una referencia temporal muy breve. Las fuentes explícitas de los trabajos de investigación, tal como las materializan las bibliografías de los artículos publicados en las revistas profesionales, reúnen trabajos que se remontan a uno, dos o tres años, excepcionalmente más. Así, el pasado no es accesible sino en un tiempo inmediato. Los trabajos más antiguos se pierden de vista, más olvidados que digeridos, integrados en una forma implícita, en el bagaje intelectual de la profesión. La gran mayoría de los científicos no tiene ningún conocimiento algo serio de la historia de su disciplina. En el mejor de los casos, tiene de ella algunas representaciones míticas, y sólo conoce algunas figuras heroicas. Por lo demás, para aquellos de nosotros que realizan el esfuerzo de volver, así sea por curiosidad, a las publicaciones originales —por ejemplo: para el físico, los artículos de Einstein de 1905 o el tratado de Maxwell (1879), sin hablar de las obras de Newton o de Kepler—, la lectura y la comprensión son extremadamente desconcertantes y difíciles, a

falta de un mejor conocimiento del contexto intelectual y cultural de obras cuya cientificidad no garantiza, lejos estamos de eso, la transparencia. Si bien esta amnesia, constitutiva, me parece, de la ciencia contemporánea, ciertamente ha permitido la emancipación del desarrollo científico, hoy llega a sus límites y se vuelve contraproducente, en una situación en la que se complican las posturas y se diversifican las orientaciones de la investigación científica.³ En la etapa avanzada que ha alcanzado la especialización, es muy difícil escapar de los callejones sin salida, de las vías muertas o de los circuitos cerrados. Sin memoria histórica, ¿cómo volver a trazar el camino y recuperar las encrucijadas antes cruzadas con demasiada rapidez, para tomar las vías desdeñadas o no tomadas en cuenta sin razón? El mantenimiento de una pluralidad potencial de orientaciones, de una reversibilidad de las elecciones exige esa crítica recurrente. Así, cuando recibí mi formación profesional, hace unos 30 años, para la mayor parte de los jóvenes investigadores parecía claro que la única física digna de interés y con futuro era la física de las partículas fundamentales, del mundo microscópico. Y no sin sorpresa, hace unos 20 años, vimos renacer y desarrollarse, como un campo de gran interés, no sólo en la práctica, sino también en la teoría, toda una física de lo macroscópico. A los estudiantes que éramos hace 20 años nos habría causado mucha risa si nos hubieran anunciado que entre los dominios de punta, a fines de siglo, figurarían cuestiones de dinámica de fluidos que entonces se consideraban propias para ingenieros y plomeros. Esos dominios parecían haber caído fuera de la ciencia en el sentido propio del término, y pasado al ámbito de las aplicaciones técnicas. Fue muy sorprendente ver resurgir la dinámica de los fluidos como un ámbito del todo importante; su importancia no sólo es más o menos evidente para aplicaciones que implican aspectos económicos considerables como la meteorología o la aerodinámica de los cohetes y de los aviones, sino también en el plano conceptual. Ahí encontramos en juego ideas que tocan, por ejemplo, la dualidad entre el determinismo y lo aleatorio, entre el orden y el desorden, ideas absolutamente fundamentales que desempeñarán un papel importante en el contexto cultural de los años por venir. No se puede sino confirmar el considerable atraso de la ciencia física en cuanto a reponerse en esos terrenos, antes explorados y luego abandonados. La falta de memoria crítica por cierto no es la única razón, pero constituye uno de los factores importantes en ese olvido de tres cuartos de siglo. Así, hemos visto a algunos físicos redescubrir, la palabra no es lo bastante precisa, textos antiguos, por ejemplo de Poincaré, y re TRABAJARLOS; hemos visto artículos aparecidos en revistas de investigación que se refieren a publicaciones de más de un siglo. Se podrían encontrar otros ejemplos en las ciencias de la vida. Durante años, la biología molecular pareció ser el tema de punta y el único digno de interés. Hoy nos damos cuenta, por ejemplo en teoría de la evolución, que queda mucho por aprender de la biología de campo, de las ciencias de observación como la paleontología o la etología, e incluso la genética tradicional. Al respecto, fue muy simbólico el premio Nobel otorgado a Barbara McClintock, hace ya algunos años: se le confirió no por unas divisiones de las moléculas de ADN en cuatro, sino por haber cruzado con mucha paciencia granos de maíz durante años y haber hecho observaciones sumamente fundamentales sobre los mismos objetos,

es decir sobre los genes microscópicos de la materia viva.⁴

LA FUNCIÓN MEDIADORA

De modo que problema de validez, problema de sentido, problema de orientación son tres aspectos del funcionamiento interno de la ciencia en la que la cuestión de la crítica se plantea de manera capital. Pero más allá de estos aspectos internos, quiero abordar, más brevemente, la función mediadora de la actividad crítica. Este papel es el que desempeña la crítica artística en la difusión de cierta mirada hacia el arte, de cierta percepción cultural global de su lugar en nuestra sociedad. Esa función crítica es absolutamente indispensable para juzgar la pertinencia de la creación y permitir las transiciones, en la medida en que la cultura exige a la vez la continuidad de las tradiciones y la ruptura con esas tradiciones. Y si no hubiera una instancia explícita donde se efectuara ese trabajo de evaluar la novedad, se correría el riesgo de enclavar la innovación, lo que le impediría tener su efecto pleno. Es precisamente el caso de la ciencia: en la actualidad las funciones mediadoras que permiten pasar del interior de la ciencia a su exterior se cumplen muy mal. Las formas tradicionales de la divulgación son sumamente impotentes para desempeñar ese papel, tal vez porque siempre están atadas a un aspecto necesario pero insuficiente, el de la transferencia de conocimientos, pues lo más importante es la pertinencia: no se trata solamente de saber qué es verdadero, sino de saber en qué lo verdadero es importante o interesante; por lo demás, en ciencia, lo falso con frecuencia es tan interesante e importante, si no más, que lo verdadero... Volvemos a encontrar aquí, una vez más, la cuestión de la historicidad, pues la función mediadora, en el caso de la ciencia, en lo esencial la cumplen los medios masivos de comunicación, la prensa, la televisión, etc., que sólo nos hablan de los últimos descubrimientos, sin que jamás sea posible restituirlos en una perspectiva histórica. En esto hay una extraordinaria paradoja: usted puede ver programas en la televisión, o leer artículos en los periódicos, sobre los hoyos negros, las quasares, los *quarks*, y quién sabe qué más, mientras los contenidos de la ciencia clásica, la del siglo XIX, por ejemplo, están lejos de haberse asimilado colectivamente. Como si, en el terreno del arte, no se expusiera más que la pintura contemporánea, sin la presencia permanente en segundo plano de las obras clásicas, en todos los libros de arte, todas las representaciones sociales, todo el bagaje cultural, plástico o pictórico acumulado desde hace siglos. En el caso de la pintura, siempre tenemos en el fondo de la cabeza, de los ojos, todo lo que se ha visto antes de lo que se ve, y que reaparece como cita, alusión, desvío o contradicción. Nada de eso se ve en la ciencia contemporánea: jamás cita, ni siquiera para contradecir, las proposiciones clásicas, que permanecen en el dominio de lo implícito. Tanto que, en el terreno de la ciencia, la cuestión de compartir los conocimientos se identificará con la de compartir datos *actuales*, en constitución, ese compartir no tendrá lugar, hasta tal punto es cierto que exige una reposición de la tradición y de la historia.

Siempre en el ámbito de la mediación, un segundo aspecto es el del movimiento del exterior hacia el interior, el problema de la constitución del medio de la creación. En el caso de la ciencia: ¿cómo formar investigadores? Es aquí donde todas las cuestiones ya

planteadas, en relación con la historia o con la epistemología, se vuelven decisivas. No hay que sorprenderse por no encontrar al final de la cadena de producción, en los resultados de la investigación científica, esa referencia histórica, esa reflexión filosófica; ¿cómo encontrarlas hacia atrás si no existen hacia adelante? Ahora bien, el sistema de formación de los investigadores manifiesta la misma ahistoricidad que el funcionamiento de la investigación. ¿No es extraordinario confirmar que uno se puede volver científico, y que por lo demás uno se vuelve científico, por regla general, sin haber recibido la menor enseñanza, alusiva o episódica, de historia o de filosofía de las ciencias, mientras que con seguridad uno no puede volverse artista, y ya institucionalmente en la escuela de arte, sin haber tenido acceso a la historia de las artes y a la reflexión sobre su significación? Durante mucho tiempo se insistió en que la ciencia no tenía necesidad de ese segundo plano, porque por esencia era moderna y contemporánea y debía olvidar su historia. Pero ahora tenemos elementos —he dado algunos ejemplos— para pensar que hay aquí un error de perspectiva y que, muy por el contrario, tenemos la mayor necesidad de nuestra memoria histórica, no como noble conservatorio y museo de un pasado revolucionado, sino todo lo contrario, como fuente de inspiración y como acicate para un futuro aún abierto.

Una última reflexión sobre la mediación, sobre la unión entre el exterior y el interior: se puede hacer patente la diferencia fundamental entre el funcionamiento de las artes y el de las ciencias por una carencia, en el caso de la ciencia, que significa de manera flagrante su exclusión de la cultura contemporánea: no hay aficionados a la ciencia. Si la producción artística es cultural, y merece ese bello nombre de cultura, es en gran parte porque tiene continuidad entre el artista contemporáneo en el cual el arte es el oficio y la vida, y aquel que, en la misma sociedad, no se interesa en absoluto en el arte. La continuidad es total y reposa en la existencia de la franja intermediaria capital de los aficionados. Se trata menos de los aficionados que visitan las galerías, que miran y compran la pintura, que de “pintores dominicales”, los que *hacen* pintura como aficionados. Sean cuales fueren la calidad y el valor de su trabajo, prueban y materializan esa participación en la sociedad contemporánea y su cultura de la creación artística, aun en las formas más elaboradas, más abstractas, más difíciles y más minoritarias. Pero nada de eso existe en ciencia, salvo en ciertos ámbitos que, por otra parte, aún hace poco tiempo, se consideraban arcaicas y en vías de obsolescencia, por ejemplo las ciencias de observación de la naturaleza. Efectivamente, hay naturalistas de domingo, hay astrónomos-observadores de domingo, pero no hay biólogos moleculares de domingo, no hay físicos de las partículas de domingo. El hecho de que prácticamente no pueda haber, por otro lado, es justamente lo que merece mostrarse y lo que subyace en toda reflexión sobre la diferencia de naturaleza entre el arte y la ciencia.

LA FUNCIÓN POLÍTICA

Por último, aquí sólo mencionaremos la función política de la crítica de la ciencia.⁵ El problema no es demasiado evidente: la considerable insuficiencia de la crítica en el caso de la ciencia se marca quizá aún más fuera de su actividad interna, es decir en el nivel de

las repercusiones de la producción científica en el conjunto de la sociedad. Es claro que tenemos necesidad de un trabajo crítico mucho más profundo de lo que es, para llegar a dominar el desarrollo científico, de lo cual somos incapaces en la actualidad. La evolución de nuestras sociedades por la influencia de las ciencias y técnicas escapa con mucho de nuestra voluntad de control y es una de las cuestiones claves que se le plantean a nuestra sociedad para los próximos decenios. Por no poder encontrar los medios de debatir, y luego decidir, si aceptamos o no tal o cual repercusión de los descubrimientos científicos en nuestra vida cotidiana, individual y social, y también, antes, si queremos o no desarrollar las investigaciones en tal o cual dirección, el dominio penosamente conquistado de una parte del desarrollo social en esta fracción privilegiada de la sociedad humana a la cual tenemos la suerte de pertenecer corre el riesgo de disiparse y de escapárse nos, y la hermosa palabra democracia habrá perdido su sentido.

XII. BREVES ENCUENTROS DEL ARTE Y DE LA CIENCIA

ENTRE EL LOUVRE y la Academia de las Ciencias, el puente de las Artes es una simple pasarela sobre el Sena, frágil, reservada al libre ir y venir de los paseantes, y prohibida a la circulación de vehículos mecánicos. Así, con prudencia y ligereza, quisiera aventurarme por una de las pasarelas que atraviesan la escena donde se juega el encuentro de las artes y de las ciencias.

Se tiene a principios del siglo XXI una idea común, a veces explícita, pero con mayor frecuencia implícita, en cuanto a la naturaleza de las relaciones entre las artes, por un lado, las ciencias y las técnicas, por el otro. El problema en el orden del día sería, siguiendo esa perspectiva común, el de una reconciliación: se trataría de favorecer la convergencia de las prácticas artísticas y de las prácticas tecnocientíficas, con el fin de atenuar, o de eliminar, una dolorosa separación. Pero la historia de la humanidad, y la de sus prácticas culturales en particular, ¿no es precisamente la de la separación de sus diversos campos de actividad, la de su liberación? Me parece que la idea de una reunificación ecuménica de los grandes hallazgos del arte y de la ciencia sale de una nostalgia ingenua más que de un proyecto informado, así fuera utópico. Y además, debo confesarlo, esa separación no me es dolorosa. Quizá sea un asunto de temperamento personal, pero yo me encuentro muy bien con la diferencia esencial entre el arte y la ciencia y sus diversidades propias (las artes y las ciencias), por añadidura. Si, como científico profesional, mi interés por el arte terminara por hacerme encontrar actitudes y obras semejantes a las que conozco (demasiado) bien, este interés se debilitaría demasiado rápido. El arte, y el arte contemporáneo en particular, me atrae directamente debido a sus diferencias con la ciencia, y no por sus ocasionales similitudes. En absoluto tengo nostalgia por una Unidad perdida de la creación, no más natural (la diversidad del mundo de las piedras, de las flores, de los pájaros es lo que constituye su belleza) que humana.

Así, considero esa pluralidad de las obras, esa divergencia de las prácticas, una riqueza que debe ser alabada y preservada. Las relaciones entre artes y ciencias son para mí del orden del encuentro, de la confrontación, incluso tal vez del conflicto, no de la (con)fusión o de una “nueva alianza”. Y cuando algunos poetas me dicen que reconocen en la física teórica un proceder cercano al suyo, o escucho a los matemáticos decir a los músicos que sus investigaciones son similares, a menudo veo en ello ilusiones simplistas, a veces perversas y por lo demás muy triviales. No creo en la posibilidad de un análisis global de las relaciones del arte y de la ciencia. En particular, soy muy escéptico ante las bastante frecuentes tentativas de acercar el arte y la ciencia con el pretexto de que la verdad no estaría reservada a la segunda ni la belleza al primero. Cuántas lucubraciones

no hemos leído, con frecuencia obra de la pluma de eminentes sabios, que celebran el esplendor de esa ecuación o la gracia de dicha experiencia, y erigen la estética al rango de principio metodológico: la belleza, según algunos, sería una prueba de validez... La réplica más implacable a este tipo de consideraciones se apoya sin duda en la escéptica observación en cuanto a que innumerables son las bellas teorías que han arrojado hechos lamentables... Me parece que se impone una reserva más; la necesidad de un retroceso crítico ante la fascinación tecnológica. Con mucho cuidado evitaré analizar aquí las relaciones entre “creación artística y nuevas tecnologías”, según el título ya desgastado de tantos coloquios y debates recientes, y sin duda alguna aun futuros. No es que no haya nada interesante que decir, ni que los medios electrónicos no hayan permitido ya la aparición de obras fuertes, sino porque la utilización artística de nuevos medios tecnológicos me parece una vía a la vez demasiado fácil y demasiado estrecha para pensar la confrontación artes/ciencias. No porque semejante forma de creación artística tome instrumentos de la *hi-tech* contemporánea (infografía, paleta electrónica, etc.) o conceptos de la ciencia actual (teoría del caos, fractales) establece —sean cuales fueren su interés y su valor propios— una relación rica y profunda con la ciencia y con la técnica, y ello por varias razones. La primera es que las nuevas tecnologías —porque eso son, nuevas— no permiten el retroceso necesario a una evaluación poco reflexionada de la creación que suscitan. Al respecto, se podría reflexionar útilmente sobre las experiencias. Así, la fotografía, que ciertamente fue una técnica nueva hace más de un siglo, desde su aparición, modificó profundamente las actitudes y el trabajo de la pintura. Sin embargo, las cuestiones de su efecto y de su estatus (¿es claramente un arte?) no siempre están fijadas y continúan siendo objeto de reñidos debates. ¿Qué decir de serio, en lo inmediato, sobre las nuevas técnicas del video, de las imágenes de síntesis, de la música electrónica? Después de todo, y es la segunda razón de mi reticencia, convendría interrogarse sobre la efectiva novedad de estas tecnologías. Para quienes se inclinan hacia la historia de las técnicas, y más particularmente hacia la de las técnicas de la imagen, parece fuerte la continuidad entre las antiguas —la linterna mágica, por ejemplo— y las modernas —televisión y video—. ¹ Ese largo pasado tecnológico tiene un peso cultural tal que nuestro uso de técnicas recientes remite de hecho a prácticas e ideas mucho más antiguas. Un ejemplo bastante trivial lo proporciona la desmedida importancia que se le atribuye a la expresión de la tridimensionalidad en las imágenes de síntesis, como si el problema del espacio, aun con el acrónimo de 3D, no fuera tan viejo como la propia pintura. ¿Verdaderamente no hay nada mejor, no hay nada más que hacer con nuestras pantallas, nuestros electrones y nuestras computadoras, que presentaciones para noticieros televisados en los que se contornean y se entrecruzan en todos los sentidos planos y bolas? Creo que debemos ser prudentes y modestos en la interpretación en términos culturales de las relaciones entre “nuevas tecnologías” y creación artística. El momento presente es el de la experimentación, no aún el de la evaluación. Este escepticismo ante el alcance de una unión demasiado fácil y demasiado rápida vale también en el plano de la inspiración conceptual. El hecho de que un artista se refiera a teorías científicas actuales o pretenda ilustrarlas no implica que su obra necesariamente

las esclarezca. Me alegra que el big-bang o la noseparabilidad cuántica alimenten el imaginario de un pintor o de un músico, y les reconozco el derecho más absoluto de extraer de la ciencia lo que les interese, e incluso de desviar a su gusto las ideas o las imágenes. Pero que no se le pida al científico admitir su resultado y garantizar su valor o simplemente su interés estético en cuanto a la autoridad de la ciencia. Si la tecnociencia quiere hacerse cultura, no lo logrará recuperando o apresando la creación artística; y si las artes quieren enfrentarse a un mundo dominado por la tecnociencia, no será plagiándola o adhiriéndose a ella. Habría mucho que decir, y que repetir, desde de esta perspectiva, sobre los adoquinados combinatorios de Escher que tanto fascinan a los investigadores, o sobre las imágenes fractales, bello ejemplo de *kitsch* posmoderno. El riesgo de ver a la ciencia y al arte caer en el servilismo y el histrionismo mutuos es ya, puede decirse, continuo.

Entonces, más simplemente, lo que intentaré esbozar aquí son las relaciones de *un* científico con *algunos* aspectos de las artes plásticas contemporáneas. Aún me falta precisar que mis intereses por el arte son sumamente independientes de mis competencias científicas (y viceversa), y que el espacio que los separa es justamente aquel donde puede desplegarse mi imaginario. Sin embargo, hay en ese espacio algunos *breves* encuentros interesantes, en los que determinada obra plástica resuena con determinada actitud científica.

DEL VER AL SABER

Lo que algunos artistas me ofrecen, en primer lugar, es un recurso de relatividad y de alteridad: la prueba de que es posible, de una manera diferente a la que se da por medio de la ciencia, no sólo percibir el mundo (es una trivialidad), sino comprenderlo. En el arte contemporáneo existen formas de conceptualización que critican severamente el privilegio reivindicado por el conocimiento racional y discursivo. *Ver* las ideas y los conceptos de un modo diferente al de la formulación matemática del físico o en el texto articulado del filósofo me enseña, *experimentalmente*, que lo conceptual no se limita a lo teórico. Los límites de mi propia práctica mejor fijados así son para mí una lección, por una parte, de modestia —y Dios sabe si la ciencia la necesita—, por otra parte, de especificidad. Es que, para encontrar interés en mi trabajo, el de la física teórica, y para conservar mi motivación, tengo que saber en qué difiere esta actividad de las otras. Y a partir de esa diferencia constitutiva, pueden hablar *ciertas* homologías coyunturales. Estos encuentros son cuestión de puntos de vista: después de todo, dos trayectorias rectilíneas, en el espacio en tres dimensiones, en general no tienen ningún punto en común pero, proyectadas en un plano perspectivo, se cruzan (aunque, desde otro punto de vista y proyectadas en cierto plano, puedan volverse paralelas y ya no tener puntos en común). Así encuentro en algunos artistas una verdadera epistemología concreta. Veo *en acción* algunos mecanismos fundamentales de la ciencia teórica, que mi ciencia, la física, ilustra de manera casi caricaturesca, en tal o cual trabajo de artista. Si algunos le piden a la ciencia que les ayude a teorizar el arte, yo más bien le pediría al arte que me ayude a practicar la ciencia. Cuando percibo en el arte, y porque sus aspiraciones y sus

realizaciones son otras, aquellos procesos de la ciencia, abstracción, simplificación, experimentación, estructuración, los comprendo mejor. Así, lo que habrá que buscar en las líneas que siguen ciertamente no es una interpretación de las obras evocadas, sino sólo una reflexión —en el espejo de la ciencia— sobre la significación que *yo* les doy.

Tenemos un ejemplo en un trabajo de François Morellet, una de sus *geometrees* (figura 1).² A partir de ramas, briznas de hierba, ramitas de árbol, Morellet despliega sobre sus telas una red de líneas que, al mismo tiempo, prolongan y crean una estructura. La aparición de estas figuras, arraigadas en un elemento contingente de lo real, pero que obedecen a la decisión del pintor, tan limitada como Morellet la desea, me remite al trabajo del físico. Ya que el físico, de manera análoga, escoge formas a partir de un aspecto de la realidad compleja y confusa, las abstrae —en el sentido activo del verbo— en estructuras más simples y más vastas. La geometría idealizada de las trayectorias, rectas de los rayos luminosos, parábolas de los proyectiles, elipsis de los planetas, hélices de los electrones, mantienen con sus verdaderos movimientos una relación muy cercana a la de las *geometrees* de Morellet con sus elementos vegetales de partida.

En otro tipo de trabajo, Morellet se da una regla tan obligatoria y elemental como es posible, en un esfuerzo a la vez desesperado e irónico por eliminar al máximo la subjetividad, afectividad e intencionalidad (figura 2). Aquí, simplemente, aparecen hileras de rayas verticales equidistantes, con un crecimiento leve y constante del espaciamiento de una a otra fila. Ahora bien, de esa regla sencilla surgen estructuras inesperadas, que muestran elegantes curvaturas, invisibles e imprevisibles *a priori* en el enunciado trivial y estricto del procedimiento. Esta experimentación intelectual no deja de recordar el proceder del físico cuando, cansado de las teorías complejas, hartado de sus dificultades o simplemente cansado de su riqueza, decide interesarse en modelos (teóricos) reducidos. Al abandonar cualquier pretensión de una presentación fiel de lo real, para comprender mejor el funcionamiento y el juego de las ideas que pone en práctica, construye teorías rudimentarias para “ver” cómo pueden producir ciertos efectos, o simplemente para explicitar ciertos problemas. Así, es una práctica muy común del teórico desarrollar formalismos en los que al espacio sólo se le atribuye una dimensión en lugar de tres, reduciéndose así a una línea, u otros en los que se abandona la riquísima continuidad del espacio en provecho de una estructura discreta hecha de una red de puntos separados. A partir de esas teorías deliberadamente irrealistas, no es raro ver aparecer efectos no triviales que de algún modo tienen relación con fenómenos reales. Desde luego, este proceder no siempre es fecundo, ni mucho menos, y produce numerosos desechos. Pero lo mismo ocurre en el trabajo del artista, que no conserva todas las producciones obtenidas a partir de sus reglas mínimas y sólo expone las más elocuentes. Siempre sucede que para el teórico son muy esclarecedores esos juegos de variaciones sobre un tema abstracto, esas “experiencias de pensamiento” rudimentarias, practicadas ya no con las ecuaciones y las fórmulas que me son familiares, sino con formas visibles.

Con la misma intención, quisiera proponer una tercera pieza de Morellet (figura 3). Esa intervención *a partir* de un elemento de lo real, que el artista prolonga —

retorciéndola (uno se sale del plano del muro)—, tiene cierta analogía con los procedimientos de extrapolación de la física teórica, mediante los cuales el investigador, una vez dominadas las leyes que rigen un cantón, usualmente restringido, de la realidad, los prolonga más allá de su estricto ámbito de validez y de pertinencia.

Extrapolación, pero también interpolación: ese gesto por medio del cual la mente proyecta, en un espacio aún inexplorado que separa dos regiones conocidas, algo con que unir las. Podemos encontrar un ejemplo magnífico de esas “condiciones en los límites”, como dicen los físicos, que rigen y estructuran potencialmente el espacio cerrado, en una obra de Anselmo (figura 4). Es claro que nadie puede evitar leer la sílaba “in” en el vacío que separa a esos dos bloques *visibles*. Además de su calidad plástica, la fuerza excepcional de esta pieza —y su importancia aquí— proviene de su carácter autorreferencial: la obra exhibe su propio funcionamiento paradójico, su capacidad de mostrar lo invisible.

DE LO ABSTRACTO A LO CONCRETO

Pero mi interés profesional por el arte contemporáneo no se limita a esos puntos de encuentro particulares en los que puedo reconocer analogías con mi propio trabajo. También es importante el efecto que tienen ciertas obras de permitirme un movimiento indispensable de “desabstracción”, si me autorizan el uso de este desagradable pero útil neologismo. El arte me conduce así a encontrar el espesor del mundo que la ciencia aplan.

Entendámonos bien: la ciencia es reduccionista por esencia. Sería tan absurdo reprochárselo como criticar a un pez por no saber volar... Ese propio movimiento de reducción, de simplificación, de empobrecimiento de lo real es lo que provoca el éxito del proceso científico. El error, doloroso, sería considerar ese proceso como ejemplar y universal, y querer sujetar a ese modelo a cualquiera otra aproximación de lo real, cualquier forma de comprensión del mundo; ahí está el cientificismo que conocemos demasiado. El arte contemporáneo nos propone aquí un contraveneno, un antídoto. Permite recuperar la opacidad del mundo, más allá de la prueba, parcial y a menudo ilusoria, de su transparencia tal como nos la ofrece la ciencia. Pues si la ciencia se hace cargo de lo real, sólo es en una medida muy limitada, y con la estricta condición de enfocar su mirada en terrenos deliberadamente estrechos y pobres, dejando fuera de su campo de investigación aspectos mayores del mundo, tanto natural como humano. En consecuencia, hoy es necesario restablecer el lazo entre los conceptos que ha forjado la ciencia y la realidad de la que los ha aislado. Nosotros, los científicos, necesitamos volver al sentido de esa realidad inmediata, de no olvidar que, desde hace mucho tiempo, no trabajamos con la materia de la experiencia humana cotidiana, sino con *artefactos* ya sumamente elaborados por nuestros predecesores. Tenemos que recuperar o restablecer el largo y tenue hilo que une el conocimiento teórico con la curiosidad sensible, recordar que las fórmulas cabalísticas de nuestros pizarrones y los complejos aparatos de nuestros laboratorios están muy vinculados con las piedras, el viento, el agua y el fuego.

Con mucha frecuencia, el físico olvida que las palabras que emplea, incluso en una

ciencia ya vieja como la mecánica, palabras como peso, tensión, fuerza, las tomó de la lengua común y que designan experiencias sensibles, antes de haberse convertido en nombres de los elementos de un dispositivo teórico elaborado. Si la investigación es un desbroce (también un desciframiento...) de la tupida selva de lo real, y si la investigación de punta, como se dice hoy, consiste en abrir senderos nuevos para explorar esa jungla, aún hay que tener cuidado con que la vegetación no se cierre tras los exploradores pioneros. Hoy debemos desandar lo andado por la ciencia para que esas vías, trabajosamente abiertas, permanezcan así y los exploradores puedan volver a contarnos sus descubrimientos —y nosotros mismos podamos, si ése es nuestro deseo, seguir esos caminos. Así, no quiero olvidar que una fuerza no es solamente el nombre del símbolo F en la fórmula de la ley de Newton: $F = m\gamma$. Los pesos, las tensiones, no son sólo vectores, seres matemáticos etéreos, son empujes, enfrentamientos, desafíos, amenazas. Eso es lo que me *fuerza* a ver los numerosos trabajos que Anselmo realizó a partir de esa problemática del peso y la tensión (figura 5). Concretado por esas toneladas de granito y esos delgados cables de acero, aquí el campo gravitacional se convierte en el escenario de un drama tranquilo en el cual yo participo —con todas *mis* fuerzas.³ Con más calma aún, pero sin escapatoria, la elasticidad de la esponja, y también la de mi espíritu (una especie de esponja, después de todo) es la que se pone a prueba en esta otra pieza de Anselmo, por la dura rigidez de las vigas de acero (figura 6). Tal vez no sea una casualidad que en “la idea preconcebida de las cosas” de esta obra encontremos uno de los objetos caros a Francis Ponge — y su propio nombre...*

Como físico, despliega lo esencial de sus comentarios a partir de las ciencias de la materia. Desde luego sería deseable que otros llamaran a las ciencias de la vida, hoy cargadas de tantas promesas y amenazas, al enfrentamiento con el arte.⁴ La biología tendría mucho que ganar reflejándose por ejemplo en ciertas obras como la de Pennone (figura 7). El artista vuelve a encontrar el árbol en las fuertes vigas que en él se tallaron y demuestra que, con ramas talladas, sección escuadrada, forma geometrizada, el árbol desaparecido no obstante sigue presente en la viga. Así, la irreductibilidad del ser natural se recuerda en el seno de los artefactos más tecnificados. De ahí mi viva atracción por el Arte Povera que conjuga, a la italiana, la intelectualidad y la sensibilidad. Y yo habría podido solicitar, junto con los trabajos de Anselmo y Pennone, los de Kounellis sobre el fuego y la calcinación, los de Zorio sobre las (al)quimias del cobre, del sulfato y del alquitrán, los de Mario Merz sobre los números (siguiendo a Fibonacci), etcétera.

Pero los artistas no sólo dan algo que ver, también ofrecen algo que leer. Pol Bury escribió unos textos que le devuelven su carne a la geometría más elemental, cuyo esqueleto tan notablemente revelado por Euclides, no debería no obstante hacernos perder de vista el cuerpo del espacio. Algunas líneas de Bury sobre el cubo, a manera de ejemplo:

Con un cuidado imperturbable. Cada uno de sus lados se disimula. Seis lados que no se conocen, jamás se han visto. Separados por aristas.

Disimulador, bien puesto.

Regular, pero más de lo que parece.

Cubo en polvo. Gota a gota lo impecable se reduce a las dificultades de serlo. Pero el viento no tardó nada en nivelar la ocupación del espacio.

Bajo el cuchillo del vendedor, se despacha en láminas, para volver a quedar expuesto, mostrando su interior pulido por dentro y por fuera.

[...]

Bailarina en su punta, se vuelve, suspendido en un hilo. Prisionero de un eje que lo sujeta.

En bolsa, no se amolda a los pliegues de la vestimenta. La carne le es ajena, lo que sin duda lo vuelve un poco triste.

[...]

Me duelen las aristas.

Una esfera, un cubo se encuentran. Son del mismo tamaño. Sin embargo, uno es más grande que el otro, más largo de recorrer, de seguir sus meandros.

Una se oculta, el otro demuestra.

Pelota en un cubo. Pájaro en una jaula.

Invirtamos los datos. El cubo está en la pelota. El vuelo es imposible.

[...]

Un cubo de gelatina que se estremecería a cada timbre del reloj.

Un cubo que se succiona desde el interior

Cubo de camembert".⁵

¿Este texto podría acompañar con éxito las lecciones de geometría en las escuelas?

Veamos ahora algunos trabajos de Piotr Kowalski. El primero es de una simplicidad extrema; pero ese golpe del timbre de correo es un golpe maestro (figura 8). Sabemos que la Tierra gira alrededor del Sol a 29.9 km/s, o creemos saberlo. Pero que se nos obligue a percatarnos, por medio de esa estampilla colocada en esa página, de que no es una idea en el aire (si me atrevo a decirlo), y que este libro se desplaza, efectivamente, a cerca de 30 kilómetros por segundo alrededor del Sol, sin que lo percibamos, nos obliga a revivir el gran choque epistemológico copernico-galileano. Kowalski nos permite ver lo que sigue teniendo de revolucionario (ya que se trata claramente de revoluciones en todos los sentidos de la palabra...) ese conocimiento, considerado una prueba trivial, y recuperar la carga de violencia que debería ejercer sobre nosotros, *volverlo* a asir.

Kowalski también trabajó mucho con la idea de proyección, tal como la instaura la geometría para establecer correspondencias entre figuras diferentes pero homólogas. Ahí donde el geómetra se permite vincular por proyección formas abstractas, idénticas pero de escalas diferentes, Kowalski subraya otra vez la libertad que ese gesto mental adquiere, con respecto a lo real, ese desprendimiento de las apariencias que subyace en la empresa misma de la ciencia: hace corresponder dos tetraedros: uno, ligera estructura en tubos de neón suspendidos en el espacio; el otro, pesada pirámide de bolas de paja en el suelo, acentuando el contraste y, en contrapartida la constricción, la analogía instaurada (figura 9). Desde luego, también se podría proponer una exégesis sobre la relación que esta pieza establece entre el universo tradicional, campesino, de la Tierra y el mundo

moderno, técnico, del espacio, o ver en ella una metáfora de las proyecciones que intenté exponer antes.

Por último, tenemos el trabajo fotográfico original que Kowalski realizó para la portada del primer número de la revista *Alliage*, dedicada, precisamente, a la confrontación entre cultura(s) y tecnociencia(s) (figura 10).⁶ Ahí podemos encontrar el espesor del mundo en el del papel, no en un plano geométrico muerto, sino en una superficie que tiene relieve y textura. Y la arena no se reduce al simple cuerpo SiO_2 , es también la de la playa, del desierto, sin hablar de la A que ya no es el puro símbolo utilizado con desenvoltura por el físico en tantas fórmulas, sino un signo rico en múltiples sentidos.

DE LA ESTÉTICA A LA ÉTICA

Por último, estoy agradecido a ciertos artistas por ayudarme a realizar el indispensable retroceso crítico que hoy exige el desarrollo de la tecnociencia. Sus obras pueden interrogarnos sobre el papel de las ciencias y de las técnicas en nuestra vida, papel que, hoy, es al menos problemático. Con frecuencia, en el trabajo de Joseph Beuys se puede encontrar ese saludable llamado, iba a decir “al orden”, pero ¿no sería más bien un fecundo llamado al desorden? Así con esa irónica y violenta instalación que yuxtapone imponentes baterías de brillantes placas de cobre —uno de los materiales familiares a Beuys, emblemático de la técnica moderna, omnipresente conductor de la electricidad— y elementos de mobiliario de oficina grisáceos de la mayor trivialidad, estilo del decenio de 1960 (figura 11). La conjugación de esta potencia y de esta mediocridad habla inmediatamente a quien conoce el funcionamiento de la *Big Science*, de las instituciones tecnocientíficas pesadas, grandes observatorios, investigación espacial y aceleradores de partículas gigantes, instituciones en las que el peso burocrático supera cada vez más al despegue del descubrimiento.

Una segunda obra de Beuys es demasiado fuerte como para que me atreva a decir más de algunas palabras. La “obra”, a decir verdad, fue una de esas acciones, cuya intensidad sin duda ningún trazo podría restituir. Nos quedan algunas grabaciones, videos o fotos, tal como ésta (figura 12): en ella Beuys lleva una liebre muerta y un apretado andamio al cual está atada. Como en la acción en la que Beuys vivía durante 24 horas con un coyote, aquí se pone violentamente en evidencia nuestra relación hoy culpable con la animalidad. Gesto propiciatorio, referencia a la tradición chamánica, esa pasión animal expuesta por Beuys no puede en un tiempo en que la relación con el animal se vuelve una cuestión clave de nuestra cultura, muy particularmente en lo que se refiere a la experimentación científica en biología. Sin que revista la forma de una interrogación metodológica, de un análisis filosófico o de una reflexión ética, la cuestión moral simple que nos plantea Beuys es de una exigencia que no permite escapatoria alguna.

Finalmente, tenemos una última pieza de Beuys —una *pieza*, en efecto, del Castello di Rivoli, ese castillo de los siglos XVII y XVIII, cerca de Turín, que se volvió uno de los más notables museos de arte contemporáneo (figura 13). En esa sala adornada con sutiles decoraciones, estucos rococó y delicados adornos, Beuys instaló grandes bloques de

piedra, cuyo lado superior, ahuecado, está cubierto por una capa de aceite de oliva, espesa y sombría, que fluye de lo alto de las paredes y deja grasosas huellas en el suelo. La existencia de esos bloques en esa sala me da un vértigo que nace de una doble contradicción. Por una parte, la irrupción masiva y brutal del mineral, surgido de las profundidades de la Tierra, y la presencia de un fluido vegetal, en aquel lugar totalmente artificial, trabajado casi milímetro a milímetro por la mano del hombre, puede ser la cultura desenmascarada por la naturaleza. Pero bien puede uno invertir la relación y ver en esos bloques tallados y cortados con máquinas, en el aceite extraído forzosamente por otras máquinas, la violencia que la industria y la técnica imponen a la gracia y a la belleza de un mundo aún cercano al de las flores y los pájaros de donde extrae su inspiración.

Esta desestabilización, esta pérdida de referencia que impone la ambigüedad sin duda constitutiva de cualquier obra de arte, es probablemente el mayor aporte que ofrece el hecho de frecuentar el arte a quien está familiarizado con las certidumbres demasiado tranquilizadoras de la ciencia. El desconcierto al que, en mi vivo e inquieto placer, me lanza esa frecuentación es tal que quizá a veces llego a intercambiar atribuciones no obstante bien establecidas y a ver en el arte un medio de comprender y transformar el mundo, y en la ciencia una manera de contemplarlo y de imaginarlo.

XIII. EL ESPEJO, LA RETORTA Y LA PIEDRA DE TOQUE

O

¿QUÉ PUEDE HACER LA LITERATURA POR LA CIENCIA?

LA CIENCIA, jamás nos cansaremos de decirlo, es joven —en todo caso si por la palabra “ciencia” se entiende el modo actual de producción de los conocimientos que llamamos científicos, y no solamente esos propios conocimientos—, pues lo que nos plantea tantos temibles problemas hoy en día es sin duda la manera en que hacemos ciencia, y lo que hacemos con ella. Para remontarnos a los orígenes de esta ciencia, de *nuestra* ciencia, casi no podríamos ir más allá del siglo XVII y de su revolución, a menudo llamada “galileana”, con tan justa razón. La ciencia, en consecuencia, es joven. Recién llegada al concierto de las artes y oficios, requiere educarse, cultivarse, civilizarse. Aún adolescente, puede tomar mal sesgo. Necesita saber quién es, adquirir plena conciencia de su propia naturaleza, para conocer sus límites y domar sus tentaciones.

Dentro de esta “puesta en cultura” (Lévy-Leblond, 1984, 1986),¹ a la literatura, claro está, le corresponde un papel mayor, porque aporta “lo que sólo ella puede dar a los lectores: un conocimiento profundo, más complejo, más justo que el que pueden tener por sí mismos de lo que son, de lo que es su condición, de lo que es su vida” (Sarraute, 1956). En un tiempo en que nuestra condición, nuestra vida están sometidas, frontalmente, al impacto de la tecnociencia, la literatura puede darnos un conocimiento “más complejo y más justo” que muchos análisis teóricos, así sean históricos, epistemológicos o sociológicos. Y esto vale en primer lugar para los científicos, cuyo encierro en los laboratorios no facilita la toma de conciencia. Así, lo que sigue puede considerarse como una contribución a la puesta en práctica del “Conócete a ti mismo” socrático, para uso de los científicos y —quien puede lo más puede lo menos— ¡de los profanos!

Por lo tanto, de manera deliberada me interesaré más en lo que la literatura puede dar a la ciencia que en lo que toma esta última. Desde hace mucho tiempo, ciertamente, la práctica literaria ha sacado de la actividad científica numerosas imágenes, metáforas, modelos, formas —y se han dedicado numerosos estudios a estos préstamos. A manera de ejemplo, todos saben lo que las *Afinidades electivas* de Goethe le deben a la química; los trastornos de la física a principios del siglo XX (relatividad einsteiniana, teoría cuántica) no dejaron de influir en autores como Virginia Woolf, Faulkner o Joyce (Friedman y Donley, 1985); en cuanto a las matemáticas denominadas modernas y su axiomatización a lo Bourbaki, los escritores del Oulipo —Queneau, Roubaud, Perec,

Calvino, et.— explicitaron suficientemente la inspiración que en ellas encontraban (Braffort, 1995); el propio Primo Levi mostró cómo el químico que había en él nutría al escritor (Levi, 1990); y las referencias de Pynchon —comenzando por *L'arc-en-ciel de la gravité*, “El arco iris de la gravedad”— no son menos evidentes (véase también Pynchon, 1990). Pero, además de que sería muy presuntuoso de mi parte adentrarme en el terreno de la crítica literaria, en realidad deseo cambiar la corriente y mostrar todo aquello que, recíprocamente, tenemos que ganar examinando el espectro de la ciencia a través del prisma de la literatura... Esta pequeña guía de lectura, un simple cuaderno de notas, evidentemente no pretende de ningún modo ser exhaustiva y no hace sino explorar algunas pistas por seguir. Para un viaje alrededor de la ciencia, éstos son algunos de los libros que yo aconsejaría llevarse.

EL ESPEJO

En primer lugar, pidamos a la literatura que nos *presente* a la *ciencia*, y a quienes la hacen, ya que la torre de marfil es pobre en espejos. Y los científicos casi no conocen su imagen. Felizmente hay libros en los que se pueden encontrar esos reflejos. Y si ninguno considera estos espejos deformantes, es tal vez porque sólo engordan y precisamente evidencian los rasgos más característicos de sus objetos, rasgos que no tienen ninguna razón para ser los más halagüeños.

Se conoce el peso creciente que la ciencia ejerció en la cultura del siglo XIX, y cómo se le ha reprochado por apagar la sensibilidad, desencantar al mundo, trivializar cualquier aspiración moral o estética. Flaubert, más que cualquier otro, da testimonio de esta empresa, al mismo tiempo que la mantiene a distancia. Recordemos así algunos artículos del *Diccionario de las Ideas Recibidas*:

“MATEMÁTICAS: secan el corazón.”

“SABIOS: la ciencia infusa. Pozos de ciencia. Para ser sabios, sólo hace falta la memoria. Burlarse de ellos.”

“CIENCIA: en relación con la religión: ‘un poco de ciencia aparta de ella, mucha devuelve a ella’.”

(Por lo demás, volveremos más adelante a las relaciones entre ciencia y religión.) ¿Acaso se sabe también que le debemos a Flaubert una de las más sabrosas versiones de la anécdota tan conocida de la “edad del capitán”, que concentra en extremo la representación mítica, a la vez desdeñosa y espantosa, que la mayoría de la gente se hace de las matemáticas? En una de sus obras sobre la enseñanza de las matemáticas titulada justamente *L'âge du capitaine*, “La edad del capitán”, Stella Baruk fue la que encontró esa carta del joven Gustavo, sufriendo “de algo con que reventar”, “embadurnando el papel con cifras” cuando preparaba su examen de bachillerato, carta dirigida a su hermana Caroline, el 15 de marzo de 1843:

Resuelve este problema: una nave está en el mar, partió de Boston, cargada con 200 toneladas de índigo, iza las velas hacia Le Havre, el palo mayor está roto, hay un grumete en el castillo, los pasajeros son 12, el viento sopla N.E.E. [*sic*], el reloj marca las tres y cuarto de la tarde, estamos en el mes de mayo... ¿Cuál es

la edad del capitán? (en Baruk, 1992a).

Por otra parte, por mucho tiempo creí que Flaubert realmente había inventado esta farsa, antes de escuchar una versión rara y sensata —quiero decir que admite una respuesta lógica, aunque no matemática—, y cuya ocultación por parte de Flaubert no vuelve sino más significativa la pérdida de sentido inducida por el terror matemático.²

Pero lo que debemos leer y releer sobre todo es *Bouvard y Pécuchet*. Ahí encontramos la figura de la ciencia más constantemente rechazada: la estupidez. Ya que la ciencia también, cómo podría ser de otra manera, tiene su locura y su estupidez. Su locura, la adopta muy bien, conformándose con los míticos “sabios locos” de los dibujos animados o de la ciencia ficción, e incluso reivindicando los productivos delirios de algunos de sus héroes. Pero quiere no tomar en cuenta su estupidez. Cómo negar, no obstante, que hay una estupidez necesaria y constitutiva de la ciencia, esa ceguera de quien sigue su único surco sin dejarse distraer. Bouvard (el bien nombrado) y Pécuchet llevan esas anteojeras bovinas, y aun cuando nunca llegan al final de sus sucesivas labranzas, en todo caso adoptan la miope determinación de quienes dan vueltas a la gleba del mundo con una ciencia más eficaz.³

Bouvard y Pécuchet fracasan una y otra vez en todos los continentes del conocimiento, no a causa de su estupidez, por lo demás a menudo menos ridícula que emotiva en su ingenuidad, sino porque su deseo de saber sigue siendo demasiado vasto y está condenado a un mariposeo veleidoso, a falta de ser lo suficientemente obtuso y de *formarse una razón*, restringiendo su objeto. Por otra parte, lo que distingue con mucha frecuencia a los alegres aficionados y los autores de teorías científicas heterodoxas de los investigadores profesionales, es justamente la amplitud de los vastos frescos sintéticos propuestos por los primeros, a la inversa de las prudentes contribuciones en sumo especializadas de los segundos.⁴ En todo caso, Flaubert conserva una evidente ternura por sus “dos buenos tipos” y sus fracasos, de manera opuesta al verdadero odio que, en *Madame Bovary*, siente por el farmacéutico Homais, figura de la estupidez científica triunfante. Como escribe Sartre:

[...] lo que [Flaubert] le reprocha a Homais es que se complazca aplastando bajo el amontonamiento de pequeñas verdades precisas y cortantes las grandes inquietudes de la humanidad. Para descubrir la horrible fealdad, la abyecta suficiencia, el materialismo de corta visión de esa estupidez invencible y victoriosa, cuyas empresas, hábilmente llevadas, siempre tienen éxito y que, por último, da cuenta de todo lo real, de todo lo que somos, es preciso situarse en la perspectiva de lo que habría debido ser y no fue, en el punto de vista de la ausencia, de la Nada, del vacío, de nuestro vano deseo y de nuestro abandono. Y, finalmente, ¿cuál es ese pensamiento caricaturesco que Flaubert alojó en Homais? Y bien, simplemente el racionalismo experimental del doctor Flaubert; es la Ciencia entera, rebajada hasta la imbecilidad (Sartre, 1971, p. 644).

¿Quién se atrevería a decir hoy que la ciencia —por fortuna, no “entera”— escapa de ese reproche y que puede creer que no está obligada a estar atenta a esas críticas?

En una novela mucho menos conocida de Jacques Audiberti, *Le retour du divin*, “El retorno de lo divino”, encontramos un personaje femenino de “investigadora” o más

bien, según los términos del autor, “sabia”, muy poco verosímil en cuanto a las condiciones sociales de su trabajo (se supone que trabaja sola en un laboratorio personal perdido en el corazón de los Pirineos...), pero cuyos rasgos personales y cuya psicología profesional son descritos notablemente:

Ella a duras penas comprendía que se pudiera no comprender. Las cifras, condicionadas por el espacio que las rodea, son claras. A diferencia de las palabras, aquéllas no fuman, no sienten. Las leyes no fuerzan a nadie, no exigen nada. Dan, tranquilamente, la medida del mundo. Jamás imperaron, fueron menos discutibles. En todo instante, no importa dónde, en el pasado, en el futuro, en la Tierra, así como en la Luna, los casos de igualdad de los triángulos rectángulos actuaban sin tregua, sin fatiga, sin disgusto. Ni los puntos suspensivos después de los dos milésimos del número π , no más que el signo del infinito, como un ocho horizontal, ni ese margen de aproximación que se le permite al cálculo infinitesimal, Martine no sacaba de ahí ningún alimento para un reflexión dubitativa, ni siquiera para una cultura personal, individual, solitaria, incontrolable (Audiberti, 1983, p. 126).

De hecho, nosotros los científicos somos muy poco numerosos para “comprender que se pueda no comprender”, y para pensar que la ciencia nos permite *a pesar de todo*, hasta en su práctica, una “cultura personal, individual, solitaria, incontrolable”. Y somos aún mucho menos numerosos para considerar que justamente esa cultura (científica) personal, etc., es en lo que deberíamos hacer un esfuerzo por compartir, y no sólo nuestros simples conocimientos.

Otras novelas han dado de la figura del científico imágenes muy justas, y que minan con eficacia el mito del sabio genial y solitario, en provecho de una representación mucho más fiel del investigador moderno y medio. Así Daniel Schiff, en *La ligne de Sceaux*, “La línea de justicia”, describe con finura y humor los pensamientos íntimos de un joven físico que, todas las mañanas, toma el metro en París para ir a su laboratorio en Orsay, y cuya imaginación va y viene entre las dificultades de sus ecuaciones que lo obsesionan y las rodillas de su vecina que no lo obsesionan menos. Por su parte Daniele Del Giudice, en *Atlas occidental*, pone en escena con talento la confrontación en Ginebra de un viejo escritor estadounidense y de un joven físico italiano que trabaja en el CERN (Centro Europeo de Investigaciones Nucleares, por sus siglas en francés); esta novela ofrece una sorprendente descripción de los colosales equipos de la física de las partículas y del sueño demiúrgico de quienes la practican.

Ello no quiere decir que no existan los grandes hombres de ciencia. Pero a menudo sus biografías vienen de la hagiografía y sus árboles tienen como función esencial ocultar el bosque. Para salir de lo apologético, hay que escapar del género demasiado convencional de las “vidas de sabios” (recordemos la sabrosísima imitación, irónica y encantadora, hecha por Gisèle Prassinos con su retrato de Berge Bergsky en *Brelin-le-Frou*). Es decir el caso Oppenheimer. Se sabe de qué manera este físico de los más brillantes (un buen ejemplo, incidentalmente, de científico cuya inteligencia demasiado fina y crítica habría impedido al gran talento llegar hasta el genio creador —le falta un grano de estupidez...)— después de haber asumido la dirección científica del Proyecto

Manhattan (el perfeccionamiento de las primeras armas nucleares en Los Álamos, durante la segunda Guerra Mundial), fue destituido de su cargo después de algunos dimes y diretes con la CIA y de haber sido citado a comparecer por la Comisión de Actividades Antinorteamericanas en plena histeria macartista. Se conoce menos la ambigua historia de sus relaciones con la CIA y sus arreglos iniciales: para tener acceso a su puesto, dio pruebas y denunció a uno de sus amigos, un intelectual estadounidense procomunista antes de la guerra. La alianza, en Oppenheimer, de una poderosa inteligencia y de una frágil moralidad fue descrita notablemente por su víctima, Haakon Chevalier, en la novela, *The Man Who Would be God*, “El hombre que quiso ser Dios”, verdadera tragedia antigua en la que el *hubris* del héroe es lo que lo conduce a su perdición. Raras veces la mezcla de presunción arrogante e ingenuidad pusilánime que caracteriza a tantos grandes nombres de ciencia habrá sido tan bien puesta en escena. En de esta perspectiva, se puede no obstante citar una extraordinaria novela corta, a la vez onírica e irónica, de Stig Dagerman, *Dios visita a Newton*, de una perfidia bastante desesperada, por ser perfectamente adecuada a la antipatía admirativa que uno no puede dejar de experimentar por el personaje de Newton.

LA RETORTA

Todavía nos falta comprender qué es la ciencia. En esa interrogación sobre la naturaleza, el valor, el estatus de la actividad científica que es lo común de la epistemología, no despreciemos la ayuda, extraordinaria, que puede proporcionarnos la literatura que, en ocasiones, alcanza esa esencia de la ciencia que intentamos aislar por medio de una destilación más sutil que los pesados análisis de la filosofía de las ciencias, retorta más eficaz que una desborradora mecánica

Nuestra época ha visto forjarse, más allá del racionalismo científicista, una concepción más fina, relativa y contextual, de lo que es el conocimiento científico. De Duhem a Feyerabend y Foucault, pasando por Popper y Lakatos (e incluso Bachelard pero habrá que mostrarlo, contra la opinión común...), lo que se impuso es una flexibilización progresiva de los criterios de científicidad y de las normas de racionalidad.⁵ Es más notable encontrar en la literatura intuiciones fulgurantes y enunciados impulsores de ese movimiento.

Comencemos por un ejemplo *princeps*. La cultura del siglo XIX se polarizó por completo por la oposición entre el empuje científicista (positivista, modernista, naturalista) y las resistencias (romántica, simbolista) que suscitaba. Pocos escaparon de este descuartizamiento. Una excepción mayor: Hugo, quien, soberbiamente, conjuga las dos corrientes. Ese magnífico texto *El arte y la ciencia* da testimonio de ello; inicialmente fue el capítulo III del *William Shakespeare* que Hugo escribió como prefacio a las traducciones del teatro de Shakespeare por su hijo François-Victor. Ahí se encuentra una comparación entre el arte y la ciencia que no es, en cuanto al fondo, de una originalidad fulminante, puesto que Hugo afirma el carácter absoluto del arte y relativo de la ciencia, y considera que el primero no conoce la idea de progreso, que caracteriza a la segunda. Pero la fuerza de la escritura de Hugo arranca estos enunciados de la trivialidad.

Y, sobre todo, en lo que a nosotros concierne, Hugo muestra una concepción del progreso científico muy adelantada sobre el positivismo de su tiempo. Ese progreso, para Hugo, no es ni lineal, ni cuantitativo, ni acumulativo. Pero démosle la palabra:

La ciencia es distinta.

Lo relativo, que la gobierna, se imprime en ella; y esa serie de huellas de lo relativo, cada vez más parecidas a lo real, constituye la certidumbre móvil del hombre.

En ciencia, algunas cosas fueron obras maestras y ya no lo son. La máquina de Marly fue una obra maestra.

La ciencia busca el movimiento perpetuo. Lo ha encontrado, es ella misma.

La ciencia se mueve continuamente en su beneficio.

Todo en ella se mueve, todo cambia, todo hace piel nueva. Todo niega a todo, todo destruye todo, todo crea todo, todo reemplaza a todo. Lo que ayer se aceptaba hoy vuelve a pasar por la muela. La colosal máquina ciencia jamás reposa; jamás está satisfecha; es insaciable con lo mejor, que lo absoluto pasa por alto. La vacuna es dudosa, el pararrayos es dudoso. Tal vez Jenner haya errado, tal vez Franklin se haya equivocado; sigamos buscando. Esta agitación es magnífica. La ciencia está inquieta alrededor del hombre; ella tiene sus razones. La ciencia desempeña en el progreso el papel de utilidad. Veneremos a esa magnífica sirvienta (Hugo, 1985, pp. 18-19).

¿Cómo decirlo mejor? Por otra parte, Hugo muestra en este texto un asombroso conocimiento de la historia de las ciencias, cuyas fuentes merecerían un estudio detallado; sin duda haber frecuentado a Arago desempeñó un papel importante (Toulotte, 1996). Así, tenemos este pasaje que por sí solo muestra cómo se articulan en Hugo conocimiento académico e inspiración poética, el primero que impide a la segunda caer en la pomposidad, la segunda que permite al primero escapar de la pedantería:

Todo ese largo titubeo, es la ciencia. Cuvier se equivocaba ayer, Lagrange anteayer, Leibniz antes de Lagrange, Gassendi antes de Leibniz, Cardano antes de Gassendi, Cornelius Agripa antes de Cardano, Averroes antes de Agripa, Plotino antes de Averroes, Artemidoro Daldiano antes de Plotino, Posidonio antes de Artemidoro, Demócrito antes de Posidonio, Empédocles antes de Demócrito, Carnéades antes de Empédocles, Platón antes de Carnéades, Ferecides antes de Platón, Pitaco antes de Ferecides, Tales antes de Pitaco, y antes Tales Zoroastro, y antes Zoroastro Sanchoniaton, y antes Sanchoniaton Hermes, Hermes, que significa ciencia, como Orfeo significa arte. ¡Oh! la admirable maravilla que ese montón de sueños que engendra lo real! ¡Oh errores sagrados, madres lentas, ciegas y santas de la verdad! (*ibid.*, pp. 27-28).

Con este texto de Hugo se podría —se debería— construir todo un curso de epistemología.

En una novela de Serge Bramly, *La piège à lumière*, “La trampa de luz”, publicada en 1979, y que tuvo pocas reseñas, se encuentra una reflexión de las más sutiles sobre esa idea, en el fondo muy extraña si se quiere pensar bien, de las “leyes de la naturaleza” —idea que caracteriza la ciencia occidental (a diferencia, por ejemplo, de la tradición científica china, como lo mostró Needham)—. En el libro de Bramly, una especie de viejo iluminado encuentra un manuscrito del siglo XVIII, que describe en detalle un

castillo. Quiere realizar una maqueta de él y emplea al narrador para que lo ayude en su tarea. Un misterio se cierne sobre esa reconstrucción que termina por converger hacia el gabinete de curiosidades situado en una torre del castillo. La descripción del gabinete llama la atención sobre un equipo óptico perfeccionado: lentes, espejos, etc. Y he aquí cómo los protagonistas terminan por comprender el objetivo de su predecesor, el constructor de castillo:

[...] la luz era para él un símbolo de evidencia, de verdad, sin duda se apasionaba por sus juegos en la superficie de los estanques del parque, en el follaje de los árboles, en el brillo de las armaduras, consideraba los reflejos, se fijaba en las sombras, se las ingeniaba para encontrar sus fuentes, a fuerza de observaciones pacientes, para prever su ubicación, su resplandor, para predecir su densidad. Así, sin duda poco a poco llegará a interrogarse sobre la presunta infalibilidad de la naturaleza. Ella se encontraba demasiado a gusto en su elemento, sus manifestaciones eran demasiado difusas, demasiado complejas para que él se atreviera a acometerla; entonces se retiró a su torre (*Natura rerum magis se prodit per vexationes artis quam in libertate propria*, cita), para circunscribirla mejor en el espacio de un laboratorio (Bramly, 1979, p. 146).

A la luz hay que tenderle una *trampa* para agarrarla en falta. ¡Ya que no hay leyes sin excepciones! Y la luz, si bien se supone que no debe hacer caso omiso de la ley, no siempre podría obedecer a ellas. De manera que los héroes del libro reconstruyen la “trampa a la luz” y se ponen al acecho:

“La luz se comporta con tal seguridad. Semejante a esos gigantes inmemoriales que se creían invencibles, se adelanta con el rostro descubierto. De hecho es esclava de sus hábitos.” Entonces él cuenta con el efecto sorpresa, con una posible distracción. “Explotemos su suficiencia, dice; nosotros hemos creado esta trampa, la hemos creado en todas sus piezas, la hemos provisto de ramificaciones infinitas y cambiantes: los circuitos imprevisibles donde la forzamos, un día la tomaremos de improviso —¡basta con un error!—, ellos la desconcertarán, ella dará un traspie, se distraerá, nosotros le haremos perder el pie al menos una vez. Comencemos por adormecer su desconfianza; por el momento conformémonos, con problemas fáciles, con paseos amistosos, cometerá una falta, me asegura, lo verán, cuando realmente se pongan en movimiento los impenetrables engranajes de nuestra máquina, cuando la metamos en nuestros dédalos más secretos” (*ibid.*, p. 153).

Hay en esta trama novelesca una notable intuición de la homología entre investigación científica e indagación policiaca. El investigador, como el detective, ¡se interesa más en las infracciones que en el respeto a las leyes! La rutina, tanto policiaca como científica, es la de la verificación: papeles en regla, fórmulas satisfechas. Pero el gran juego es el de la persecución de los que están fuera de la ley. Contrariamente a lo que con mucha frecuencia una concepción friolenta de la ciencia hace creer a los profanos, no hay mayor satisfacción para el investigador que descubrir una excepción a las leyes admitidas, un límite de validez de las teorías aceptadas. El día en que la teoría de la relatividad einsteiniana muestre una falla no será tiempo de duelo sino de gloria para el científico, cuya trampa de luz habrá atrapado un fotón delincuente. La ficción de Bramly trae admirablemente *a la luz* esa persecución de la ilegalidad que subyace en la investigación científica. Subrayando la contingencia de las leyes de la naturaleza, así como la de las

leyes de la sociedad, nos ayuda también a comprender la violencia que ejercen tanto unas como otras. El movimiento de rebelión que puede inspirar la obligación de las leyes naturales merece ser más tomada en cuenta por los productores y los mediadores de la ciencia en sus relaciones con los profanos, y debería obligarlos a interrogarse sobre la profunda significación de la forma jurídica, normativa y legislativa que reviste el conocimiento científico.

Concluyamos esta breve introducción a un uso epistemológico de la literatura incursionando en Brecht. Si hay un escritor que en el siglo XX mantuvo con la ciencia una relación profunda, constitutiva de toda una parte de su obra y reveladora de sus contradicciones (que, como buen dialéctico, aceptaba por adelantado) sin duda es él. Numerosas referencias al método, el espíritu o la práctica científica, colorean sus ensayos (por ejemplo *El organillo* o *La compra del cobre*), sus poemas, su *Diario de trabajo*, sus relatos (*Historias de almanaque*, *Diálogos de exiliados*) y su teatro (*Turandot*, *Hombre por hombre*, etc.), para llegar a proporcionar la materia prima de su última obra mayor, *La vida de Galileo*, a la que volveremos después. Aquí nos conformaremos con uno de los aforismos de *Me-Ti o el Libro de las vueltas*, en el que Brecht se muestra precursor de la saludable epistemología anarquista, o mejor aún: dadaísta, según Feyerabend (*Contra el Método*), incluso tal vez con un grado de libertad suplementario en la ironía dialéctica: “No habría ningún problema y sí una gran ventaja en representar a la ciencia como un esfuerzo por descubrir el carácter no científico de las afirmaciones y de los métodos científicos” (Brecht, 1968, p. 79).

Recordemos entonces, sin asombro, que, de hecho, Feyerabend fue por un tiempo, en su primera juventud, un apasionado del teatro y pudo aproximarse a Bertold Brecht (Feyerabend, 1996). Éste es un caso al menos en el que la influencia de la literatura en la epistemología es directa y comprobada...

LA PIEDRA DE TOQUE

Finalmente, tenemos que poner en juego nuestras concepciones de la ciencia en los cuestionamientos y los enfrentamientos cada vez más agudos que su creciente papel en la ciudad exige. ¿No debemos entonces prestar la más completa atención a esos textos en los que novelistas o dramaturgos ya han puesto en la página o en escena esos debates, esos conflictos? Nos ofrecen un campo de experimentación, una prueba de verdad o de validez para nuestros argumentos, una piedra de toque con la cual probemos la fuerza y la pertinencia de nuestras ideas.

Es el caso del debate recurrente sobre las relaciones entre ciencia y religión y sus modernas vicisitudes. La idea recibida ya fijada por Flaubert (“un poco de ciencia aparta [de la religión], mucha devuelve a ella”) no deja de volver a ponerse de moda; lo demostró un exitoso libro firmado en 1991 por un académico católico y dos especialistas en *multimedia* católicos. Evidentemente, para las corrientes espiritualistas es más inteligente tratar de recuperar la ciencia que oponerse a ella. La inevitable confusión epistemológica que rodea la aparición de nuevas concepciones científicas proporciona

una burbuja de cultura bastante turbia como para intentar nutrir las más diversas visiones del mundo. Así, en las primeras décadas del siglo XX, se intentaba fundar el libre albedrío humano en el pretendido indeterminismo cuántico: lo buscaban hasta en el seno del electrón. Hoy, se recurre a la cosmología y el ambiguo “principio antrópico” (según el cual el universo, la forma de sus leyes y el valor de sus constantes fundamentales están ajustados con mucha precisión para permitir la aparición de una inteligencia humana capaz de comprenderlo) con fines apologéticos religiosos —o, a veces, a las formulaciones más brutales de un evolucionismo biológico en el que la teleología se une con la teología (siguiendo una voz antes ilustrada por Teilhard de Chardin). Frente esta explotación apresurada, el recordatorio de la necesaria prudencia metodológica, la afirmación de la indispensable separación de los géneros entre ciencia y religión, la referencia al laicismo de la investigación parecen muy poco eficaces. La crítica racionalista, que por definición se conduce a la defensiva, tiene toda la apariencia de una tarea como la de Sísifo. Sin embargo, es posible otra estrategia en ese debate de ideas: más que enfrentarse directamente a la pesada alianza (no tan nueva) del espiritualismo y del cientificismo, se trata de tomarla de revés. La que nos abre con virtuosismo e inteligencia esta vía es una novela. Una novela de John Updike que pasó demasiado inadvertida, *Ce que pensait Roger* [La versión de Roger] (extraño y torpe título en francés; el título original en inglés es *Roger's Version*) y que tiene como narrador a un profesor de teología de una universidad estadounidense de Nueva Inglaterra. Cerca de los 50 años de edad, abandona el sacerdocio para dedicarse a la enseñanza y la investigación (sobre las herejías cristianas de los primeros siglos, apasionantes, dicho sea de paso). Se enfrenta a un joven experto en informática, Dale Kohler, que intenta convencer al departamento de teología que se interese en la ciencia contemporánea y desea preparar una tesis: “[...] la exposición de su proyecto: ‘Demostrar a partir de los datos físicos y biológicos existentes, por medio de modelos de manipulación en la computadora digital electrónica, la existencia de Dios, es decir, de una inteligencia activa y soberana tras todos los fenómenos’” (Updike, 1988a, p. 98), invocando en desorden todos los avances de la ciencia contemporánea (presentados notablemente, hay que decirlo, por Updike). Paso por alto las dimensiones afectiva y sexual de las relaciones entre Dale y Roger, por medio de la mujer y la sobrina del segundo, de las que Updike extrae una materia novelesca bastante picante. El modelo de la novela sigue siendo el enfrentamiento metafísico y epistemológico de ambos hombres cuyo momento decisivo es el siguiente:

—¿Y dónde se ubican los fósiles precámbricos?—, prosigue Dale—. De repente en todas partes hay animales multicelulares, se cuentan siete orígenes, y cerca de 500 especies: artrópodos, braquiópodos, esponjas, gusanos. De hecho, casi todo, salvo lo que habría podido esperarse, los protozoarios. ¿Cómo aprendieron las células a aglutinarse? Y además, cómo se transformaron las células procarióticas, lo que precisamente eran las algas azul-verdes, para volverse nuestras actuales células eucarióticas, no sólo provistas de un núcleo sino de mitocondria, nucléolos, el aparato de Golgi, y otras cosas cuya función aún nadie ha descubierto. Entre ambas especies de células hay tantas diferencias como entre una choza y una catedral. En todo caso digo que algo pasó con mi fe, pero, por mi parte, yo no pensaría que ahí veo la mano de Dios. Todos estos

razonamientos al revés, a partir de las condiciones actuales, para concluir que son sumamente improbables, ¿en verdad esto nos da una longitud tal de avance en relación con el hombre de las cavernas, que no comprendía por qué cada mes la Luna cambiaba de forma en el cielo y en consecuencia inventaba un montón de historias sobre los dioses, las bromas y las volteretas a las que se dedicaban allá arriba? Se imagina, se diría que, por pura cortesía, Dios está dispuesto a precipitarse para llenar el vacío, la mínima laguna de la ciencia. El sabio moderno no tiene la pretensión de saberlo todo, únicamente pretende saber más que sus predecesores, y también que las explicaciones naturalistas se puedan verificar. Es imposible tener todo el beneficio de la ciencia moderna y, al mismo tiempo, aferrarse a la cosmología del hombre de las cavernas. —Usted salva a Dios de caer prisionero de la ignorancia humana; según yo, Kohler, hace mucho tiempo que Él es prisionero de ella (*ibid.* p. 103).

Podemos ver la sutileza y la eficacia de la argumentación: ¡es mucho más pertinente refutar que la religión haga de la ciencia su rehén a partir de la primera que de la segunda! Y cuando Roger añade:

Pero mi fe, irrisoria o no, me empuja a rebelarme con horror contra su tentativa, estuve a punto de decir su grosera tentativa, de reducir a Dios al estatus de hecho, un hecho entre tantos otros, para deducirlo! Tengo la absoluta convicción de que el Dios mío, que el verdadero Dios de no importa quién, no será deducido, jamás será tributario de estadísticas, de fragmentos de osamentas secas y de vagos resplandores al otro lado de un telescopio! (*ibid.* p. 113).

y por último, cita al teólogo Karl Barth:

“¿Qué tipo de Dios es ese Dios que hay que demostrar?” (*ibid.* p. 267), cualquier crítica estrictamente racionalista se vuelve caduca e irrisoria. Es notable que sea una obra de ficción y no un ensayo el que intervenga así con tanta pertinencia en ese viejo debate. Recordemos de paso que el interés de John Updike por la ciencia está lejos de ser contingente, puesto que le debemos, desde el principio de su obra, algunas novelas cortas irresistibles en las que la fauna de un estanque, o incluso un grupo de dinosaurios, le sirven para describir las costumbres de la clase media estadounidense (Updike, 1975), magníficos poemas, de inspiración bastante lucreciana y, también, de una perfecta justeza científica, sobre temas físicos (“Siete odas a fenómenos naturales”, en Updike, 1988b).

Si las relaciones entre ciencia y religión plantean problemas, qué decir de aquellas entre ciencia y política, hoy esenciales para la evolución de nuestras sociedades, sino que es urgente poner a prueba nuestras concepciones. En este caso, Brecht es el que nos ocupa una piedra de toque precisa con *La vida de Galileo*. Esta obra tiene un lugar mayor en su obra. No ha tenido menos de tres versiones, la primera en el decenio de 1930, en la que el teórico del “teatro de la era científica” utiliza claramente la referencia a la ciencia como fundamento metodológico: la ciencia le ofrece un modelo a la vez de racionalidad y de eficacia; el científico le parece una figura ideal del intelectual, porque produce un discurso verdadero y lleva una acción justa, al mismo tiempo. Sin tener en cuenta su teoría del distanciamiento, en esta primera versión Brecht hace de Galileo un héroe

esencialmente positivo, que combate por la libertad del conocimiento y la liberación de los hombres. Durante la segunda Guerra Mundial, Brecht, exiliado en EUA, al querer reponer su *Galileo*, lo modifica profundamente, en primer lugar por influencia de una visión mucho más escéptica del héroe propuesta por Charles Laughton, que retomaba el papel y, posteriormente, por el efecto de la bomba atómica lanzada sobre Hiroshima el 5 de agosto de 1945, que hizo a Brecht dialectalizar sus concepciones en cuanto a las relaciones entre ciencia y sociedad o, más bien, en cuanto al papel social del científico. La versión final es de una complejidad impresionante, al tiempo que es —y ahí está el genio de Brecht— de una gran fidelidad a la verdad histórica de la vida y de la obra de Galileo.⁶ Aquí no puedo sino remitir a un análisis más detallado (Lévy-Leblond, 1979), y me conformaré con citar la gran autocrítica final de Galileo que, por su parte, no aspira, claro está, a la veracidad histórica; es tan cierto que aquí habla, no el sabio del siglo XVII, sino un investigador del XX:

El combate para volver el cielo mensurable se ganó a causa de la duda; a causa de la fe, el combate del ama de casa romana por su leche siempre estará perdido. La ciencia [...] tiene que ver con esos combates. Una humanidad que tropieza dentro de esa niebla nácar de supersticiones y de viejos refranes milenarios, demasiado ignorante como para desplegar plenamente sus propias fuerzas, no será capaz de desplegar las fuerzas de la naturaleza que usted revela. ¿Usted, por qué trabaja? Yo sostengo que el único objetivo de la ciencia consiste en aliviar las penas de la existencia humana. Cuando los hombres de ciencia son intimidados por hombres de poder egoístas se conforman con acumular el conocimiento por el conocimiento, la ciencia puede verse mutilada, y sus nuevas máquinas podrían significar nuevos tormentos. Con el tiempo tal vez usted descubra todo lo que se puede descubrir y, no obstante, su progreso no será sino una progresión que lo alejará de la humanidad. El abismo entre ella y usted podría un día volverse tan grande que, a su grito de alegría frente a alguna nueva conquista, podrá responder un grito de horror universal (Brecht, 1990, p. 131).

¿Cómo no tomar hoy en serio este conjuro de Brecht-Galileo? A su muerte, en 1956, Brecht todavía trabajaba en este tema, ya que pensaba en una pieza que habría puesto en escena a un físico contemporáneo que tuviera a la vez algo de Einstein y de Oppenheimer, y en la que habría retomado y renovado el mito prometeico: en un giro muy brechtiano, los hombres habrían encadenado a Prometeo por haber dado a los dioses, a los poderosos, el secreto del fuego, ¡magnífica metáfora del descubrimiento de la energía nuclear! Más allá de su contenido explícito, la obra de Brecht, en su propia dinámica, constituye una eficaz piedra de toque para experimentar nuestras concepciones en cuanto al papel social y a la responsabilidad política de los investigadores, y da testimonio de la evolución de esas concepciones al paso del siglo; lo prueba la concomitante evolución de las críticas y comentarios de los que fue objeto (Lévy-Leblond, 1979).

En todo caso, la visión de Brecht, en *La vida de Galileo*, tiene no obstante un límite en su concepción, trágica, pero aún optimista de un sabio que, si hubiese querido, *habría podido* escapar del poder y poner su ciencia al servicio de los oprimidos:

Yo, como hombre de ciencia, tenía una posibilidad única. En mis tiempos la astronomía llegaba a las plazas

públicas. En estas condiciones completamente particulares, la firmeza de un hombre habría podido provocar grandes sacudidas. Si yo hubiese resistido, los físicos habrían podido desarrollar algo así como el juramento de Hipócrates de los médicos, ¡la promesa de utilizar su ciencia únicamente para el bien de la humanidad! En el punto en el que están las cosas, lo más que se puede esperar es una casta de enanos inventivos que alquilarán sus servicios a cualquier causa. Además, llegué a la convicción, Sarti, de que jamás he estado verdaderamente en peligro. Durante algunos años incluso fui tan fuerte como las autoridades y entregué mi conocimiento a los poderosos para que lo usaran, no para que lo usaran o abusaran de él para servir a sus intereses. Traicioné mi profesión. Un hombre que ha hecho lo que yo he hecho no puede ser tolerado dentro de las filas de la ciencia (Brecht, 1990, pp. 131-132).

Tal vez esa sobrevaluación del papel individual del investigador y de su autonomía habría podido ponerse en tela de juicio en sus obras que quedaron inconclusas. Pero existe una continuación, y una réplica, de *La vida de Galileo*. Es una tragicomedia, *Los físicos*, de Friedrich Dürrenmatt, que reivindicó explícitamente la filiación de su pieza con la de Brecht. El escenario, contemporáneo, se sitúa a orillas del lago Lemán, en una lujosa clínica psiquiátrica dirigida por la doctora Mathilde von Zahn, famosa discípula de Jung. En la clínica, hay tres enfermos que creen ser físicos: uno se considera Einstein, el segundo Newton, y el tercero el mejor físico contemporáneo, Möbius, que por lo demás desapareció misteriosamente hace años. El telón se levanta en el momento en que el inspector Voss llega a investigar el asesinato de la enfermera de “Einstein”, cometido por este último, lo cual es bastante curioso puesto que “Newton” ya había estrangulado a la suya algunos meses antes. La doctora considera esto sumamente molesto para el prestigio de su establecimiento... Cuando los tres enfermos se encuentran solos, la verdad (la *primera* verdad) estalla. “Möbius” es el verdadero Möbius, espantado por las posibles consecuencias de sus descubrimientos, pero que no quiere, no puede renunciar a la investigación; de manera que se “ha hecho el loco”, simulando tener apariciones —se supone que el rey Salomón le dicta sus trabajos— y se ha encerrado en ese asilo de locos para recuperar la libertad de hacer ciencia como él la entiende... “Einstein” y “Newton” son dos de sus colegas, uno del Oeste, el otro del Este, enviados por sus respectivos servicios secretos para recuperar a Möbius y devolverlo al servicio de la Libertad, en un caso, o del Pueblo, en el otro; desenmascarados por sus enfermeras, tuvieron que asesinarlas. Pero Möbius se niega a dejar el asilo:

MÖBIUS: Es curioso. Cada uno de ustedes me expone una teoría diferente, pero la realidad que me ofrecen es la misma: una prisión. Entonces, a eso ¡prefiero mi asilo de locos! Al menos me asegura no ser explotado por los políticos.

EINSTEIN: De todos modos hay que correr ciertos riesgos.

MÖBIUS: Hay riesgos que jamás se deben correr, por ejemplo la destrucción de la humanidad. Nosotros sabemos lo que el mundo hace con las armas que ya posee; podemos imaginar sin problemas lo que haría con las que mis descubrimientos le proporcionarían. Regulé mi conducta en consecuencia. Yo era pobre. Tenía una mujer y tres niños. La carrera universitaria era la gloria, la industria era la fortuna. Las dos vías eran demasiado peligrosas. Me habrían obligado a publicar mis trabajos, lo que hubiera traído consigo el trastorno de la física y, en contragolpe, el hundimiento de la economía. Mi conciencia me obligaba a escoger

otra salida. Dejé la universidad, me separé de la industria y abandoné a mi familia a su suerte. Escogí ocultarme bajo la capa del bufón. Bastó con pretender que el rey Salomón se me aparecía, para ser enviado de prisa a un asilo de locos.

NEWTON: ¡Pero no era una solución!

MÖBIUS: Era el único comportamiento razonable. La física se topó con los límites de lo conocible. Poseemos algunas leyes comprensibles y ciertas relaciones fundamentales entre fenómenos incomprensibles, es todo. Todo el resto se nos escapa y sigue siendo un misterio inaccesible para la razón. Estamos al final de nuestro camino. Pero la humanidad aún no está ahí. Hemos llevado a cabo combates de vanguardia, pero nadie ha seguido y hemos desembocado en el desierto. La ciencia se ha vuelto terrible y la investigación peligrosa. Nuestros conocimientos son mortales. Necesitamos capitular ante el mundo tal como es. Somos demasiado fuertes para él. Estamos causando su pérdida. Es preciso quitarle la ciencia que le hemos dado. Yo ya quité la mía. No hay otra solución, para ustedes tampoco.

EINSTEIN: ¿Lo cual significa?

MÖBIUS: Que ustedes deben permanecer conmigo, entre los locos.

NEWTON: ¿Nosotros?

MÖBIUS: Ambos.

(*Silencio*) [Dürrenmatt, 1988, pp. 85-87].

De hecho, “Einstein” y “Newton”, convencidos, aceptan permanecer encerrados con Möbius para preservar a la humanidad de las terroríficas recaídas de la ciencia nueva. ¿*Happy end* en el tema de la conciencia recuperada y de la responsabilidad asumida? Sería no conocer a Dürrenmatt... La situación da un vuelco: al paso de los años, la doctora Von Zahn metió manos a los papeles del ingenuo Möbius y con base en sus descubrimientos fundó un gigantesco fideicomiso militar-industrial multinacional que está acaparando al planeta. Creyendo aislarse del mundo y negándose a que explotaran sus trabajos, nuestros propios físicos se lanzaron a la boca del lobo y se encuentran en el seno del sistema alimentándolo. Saludable y sarcástica advertencia: ¡con *Los físicos* Dürrenmatt nos proporciona la vara para medir el alcance y la eficacia de nuestras reacciones, que con demasiada frecuencia provienen de un idealismo ingenuo e individual, y casi no están a la altura de los retos del desarrollo tecnocientífico.⁷

De paso, observemos que el tema del investigador atemorizado por sus propios descubrimientos y que huye del mundo para preservarlo —sin éxito— lo trató Sciascia, en *La desaparición de Majorana*, a partir de un episodio real: Ettore Majorana era un joven y genial físico italiano que desapareció misteriosamente en 1936, probablemente se suicidó o, tal vez, lo encerraron en un convento. La novela-pesquisa de Sciascia, aunque bastante problemática desde el punto de vista histórico (le atribuye a Majorana una presciencia poco plausible de las consecuencias de sus investigaciones en física nuclear) es, como de costumbre, de una lucidez despiadada.

Podríamos seguir con esta pesquisa literaria en el seno de la ciencia por mucho tiempo: desarrollar profundas y frescas consideraciones epistemológicas con base en la obra poética de Francis Ponge o, de manera más inesperada, de ciertas tiras cómicas como las de Masse; ver con otra mirada las grandes figuras de la ciencia a través de los poemas

que les dedicó Hans Magnus Enzensberger; volver a leer, por las perspectivas que abren para la ciencia, muchas novelas o novelas cortas (Elsa Triolet, René Daumal, Pierre Boulle, François Weyergans y tantas otras). Pero esto no es una antología.⁸

ALGUNAS LECCIONES

No situé por azar la ayuda que la literatura puede aportar a la ciencia bajo el triple rótulo de instrumentos —el espejo, la retorta, la piedra de toque— que pertenecen más al laboratorio del alquimista que al del investigador moderno. Ya que tras la transmutación de la materia, inerte o viva —que tan fácilmente realizan hoy el físico nuclear o el biólogo genetista—, a lo que aspiraban los predecesores de la ciencia moderna —de cuyos herederos que no nos atreveríamos a afirmar que lograron hacerla progresar mucho— era a la transformación del espíritu y de la conciencia humanos. Por ello, además de sus obras y de lo que pueden decirnos de la ciencia, nosotros los científicos nos inspiraríamos si antes reflexionáramos en una práctica esencial de la literatura: estoy hablando de la *crítica*. Si bien se da por sentado que existe en literatura, como en música y en pintura, una actividad crítica explícita, específica y reconocida como tal, ciertamente no sucede lo mismo con la ciencia. La pretensión de los productores de ciencia de ser ellos mismos, y sólo ellos, dueños de su evaluación y de sus orientaciones, es tan inaceptable como en derecho la posición de juez y parte. Además, los procesos de arbitraje interno en la comunidad científica sufren hoy una crisis evidente. En consecuencia, es una verdadera crítica de ciencia, como existe una crítica de arte, una crítica literaria, lo que necesitamos de ahora en adelante (véase Goldsmith, 1986, 1990; Lévy-Leblond, 1989a).

En primer lugar, lo que la literatura puede ofrecer a la ciencia son lecciones de saber vivir, de moral y de mantenimiento. Pero, de paso, no habría que rechazar algunas lecciones de imaginación. Por más esparcidas y, en todo caso, imprevisibles que sean, existen ocasiones en las que determinada obra literaria podría sugerir en el momento oportuno la solución de un problema científico. Al menos se pueden observar de inmediato algunas premoniciones geniales, tal como la poética resolución de un enigma cosmológico mayor, la “paradoja de la noche negra”: si el universo es infinito y homogéneo, entonces en cualquier dirección que miráramos, nuestra mirada debería toparse con una estrella (como la de un paseante en un tronco de árbol cuando mira a su alrededor en pleno bosque) y el cielo debería aparecer ante nosotros de manera uniforme igual de brillante que el Sol. La ciencia cosmológica sólo encontró la solución a esta paradoja recientemente, un siglo después de que Edgar Poe, en *Eureka*, la intuyó.⁹ Aunque no pretendo encontrar absurdamente respuestas a todos los problemas de la ciencia en las líneas de las novelas, tampoco está prohibido pensar que frecuentar más la ficción literaria podría flexibilizar y desarrollar la imaginación científica.¹⁰

Por último, y con mayor seriedad, la literatura puede proponer a la ciencia simplemente lecciones de escritura. Si bien los científicos deben, creo, leer esos libros que nos hablan de la ciencia, y a menudo con más pertinencia o vigor que muchos ensayos teóricos, también deben leer, leer todos los libros, ¡y en primer lugar para

aprender a escribir! Analizar la pobreza, lo esquemático, la mediocridad de la escritura científica actual es un estudio que habría que emprender. La rígida codificación formal, que hoy es un requisito indispensable en las publicaciones profesionales de investigadores, va acompañada, puede demostrarse, de un empobrecimiento del pensamiento y un debilitamiento del intercambio.¹¹ Esta trivialización de la escritura tiene serias consecuencias en la calidad de las comunicaciones entre los profesionales de la ciencia y sus profanos. Por tanto, hay que saludar, como una notable contribución a la renovación y el enriquecimiento de las indispensables mediaciones entre el medio científico y el cuerpo social, la aparición de una verdadera preocupación por la escritura y de una exigencia de la forma escrita, en libros que, por esa causa, será mejor llamar “de cultura científica” que “de divulgación científica”. Por sólo tomar algunos ejemplos: Stella Baruk, que muestra el peso de la lengua en la práctica y la enseñanza de las matemáticas, y que la hace actuar plenamente en sus libros, hasta en ese *Diccionario de matemáticas elementales*, que en primer lugar es un diccionario de lengua; el botánico Francis Hallé que, al escribir sobre los trópicos nutre su texto con citas literarias, desde Conrad hasta Duras, y habrá querido pedirle prestado a Serge Gainsbourg su título de: *Bajo el sol, exactamente...*; el matemático Ivar Ekeland que escribe todo su libro *Al azar* sobre un profundo arraigo en el texto y el espíritu de las sagas escandinavas; el biólogo Jacques Ninio, que en *La biología montaraz*, alterna desarrollos sobre los recientes descubrimientos de su ciencia y testimonios personales en forma de novelas cortas. E incluso se pueden encontrar verdaderas novelas sobre las investigaciones contemporáneas, escritas por escritores, en colaboración con científicos, e ilustradas (Pelot, Coppens y Liberatore, 1990). No es que en la historia de las ciencias no se ejercite la ficción: en *Los pensamientos nocturnos de un físico clásico*, el historiador Russell Mac Cormmach, al sintetizar de manera novelada sus investigaciones académicas, recuerda los trastornos de la física a principios del siglo XX. También podemos ver este recurso (¿este retorno?) a la literatura en el movimiento de renovación de los grandes establecimientos de cultura científica y técnica. Ininterrumpidamente, el Museo de Historia Natural y el Museo Nacional de las Técnicas han experimentado la necesidad de arraigar sin cesar su imagen y de alimentar su espíritu mediante pequeñas antologías literarias, compilación de las visiones y de las emociones que han podido inspirar (Taquet, 1991; Mercier, 1992).

Habrá que volver al tema del *escrito de la ciencia...*

Nosotros los científicos estamos demasiado solos. A veces se nos invita a salir de nuestros laboratorios y a presentar al mundo nuestros hallazgos. Pero somos tan mal educados, tan torpes que, a menudo, nuestra torpeza aburre y nuestra brutalidad asusta a la sociedad. Así que necesitamos de que se ocupen de nosotros y de nuestra ciencia, que vengan a nosotros, nos ayuden, nos vigilen. Así, justamente, lo comprendió Dürrenmatt; en *Albert Einstein*, texto de una irónica y saludable meditación sobre Einstein y Spinoza, conferencia dada por invitación de la Escuela Politécnica de Zurich, empieza así dirigiéndose a los estudiantes e investigadores científicos reunidos para escucharlo:

Si acepto la invitación de la Escuela Politécnica Federal para dar una conferencia sobre Einstein es por la siguiente razón: actualmente, las matemáticas, las ciencias físicas y naturales y la filosofía son hasta tal punto interdependientes que también el profano debe esmerarse en deshacer ese nudo gordiano. Pues dejar solos a los físicos, los matemáticos y los filósofos, es dejarlos definitivamente en el *ghetto* de su especialidad donde, olvidados o desconcertados, están a merced de los tecnócratas y de los ideólogos, como siempre lo han estado y no dejarán de estarlo (Dürrenmatt, 1982, p. 9).

Gracias a los novelistas, a los dramaturgos, a los poetas, por no dejarnos solos.

BIBLIOGRAFÍA

- Audiberti, Jacques, 1983, *Le retour du divin*, Gallimard.
- Baruk, Stella, 1992 a, *L'âge du capitaine*, Le Seuil.
- , 1992 b, *Dictionnaire de mathématiques élémentaires*. Le Seuil.
- Boulle, Pierre, 1992, *E = Mc²*, Julliard.
- Bouvard, C. et Ratinet, A., s. f., *Nouvelle table de logarithmes*, Hachette.
- Braffort, Paul, 1995, “L’espace-temps des voyages littéraires”, *Alliage*, Núm. 22, pp. 63-70; y, sobre todo, *Les noces de la science et de la littérature*, Diderot, 1996.
- Bramly, Serge, 1979, *Le piège à lumière*, Flammarion.
- Brecht, Bertolt, 1968, *Me-Ti ou le Livre des retournements*, París, L’Arche.
- , 1990, *La vie de Galilée*, L’Arche.
- Chevalier, Haakon, 1960, *L’homme qui volut être Dieu*, La Seuil.
- Dagerman, Stig, 1976, *Dieu rend visite à Newton*, Denoël.
- Daumal, René, 1981, *Le mont Analogue*, Gallimard.
- Dürrenmatt, Friedrich, 1988, *Les physiciens*, L’Âge d’Homme.
- , 1982, *Albert Einstein*, L’Aire.
- Del Giudice, Daniele, 1987, *Atlas occidental*, Le Seuil.
- Ekeland, Ivar, 1991, *Au hasard*, Le Seuil.
- Enzensberger, Hans Magnus, 1987, *Mausolée*, Alinéa.
- Feyerabend, Paul, 1979, *Contre la Méthode*, Le Seuil.
- , 1996, *Tuer le temps (une autobiographie)*, Le Seuil.
- Flaubert, Gustave, 1979, *Bouvard et Pécuchet* (seguido por *el Dictionnaire des idées reçues*), Gallimard.
- Friedman, Allan, y Donley, Carol, 1985, *Einstein as Myth and Muse*, Cambridge University Press.
- Galilei, Galileo, 1992 a, *Le messenger des étoiles*, (“El mensajero de las estrellas”), Le Seuil.

- , 1992 b, *Dialogue sur deux grands systèmes du monde* (“Diálogo sobre los dos grandes sistemas del mundo”), Le Seuil.
- Véase también *Alliage*, n° 13, otoño, 1992, “Dialogue avec Galilée”.
- Goldsmith, Maurice, 1986, *The Science Critic*, Londres, Routledge & Keagan Paul.
- , 1990, “Critique de science, une nouvelle profession?”, *Alliage*, N° 3, pp. 3-7.
- Hallé, Francis, 1993, *Un monde sans hiver*, Le Seuil.
- Harrison, Edward, 1990, *Le noir de la nuit*, Le Seuil.
- Hugo, Victor, 1985, *L’Art et la Science*, Anais Actes-Sud.
- Levi, Primo, 1990, “La chimie et l’écriture”, *Alliage*, Núm. 5, pp. 45-49.
- Lévy-Leblond, Jean-Marc, 1979, “B. B. et G. G., “La science en scène” en Lévy-Leblond, 1984, pp. 103-119.
- , 1980 a, “La science, ou la culture?” en Lévy-Leblond, 1984, pp. 87-101.
- , 1980 b, “Éloge des théories fausses” in Lévy-Leblond, 1984, pp. 76-84.
- , 1984, *L’esprit de sel (Science, culture, politique)*, París, Le Seuil.
- , 1986, *Mettre la science en culture*, Niza, Anais.
- , 1989 a, “La science en mal de critique”, *Verba Volant*, Núm. 1, pp. 69-77.
- , 1989 b, “Les hémisphères de Magdebourg”, *Alliage*, Núm. 1, pp. 3-4.
- Mac Cormmach, Russel, 1986, *Les pensées nocturnes d’un physicien classique*, Londres.
- Masse, Francis, 1985, *Les deux du balcon*, Castermann.
- Mercier, Alain, 1992, *Les Arts et Métiers en toutes lettres*, CNAM.
- Ninio, Jacques, 1991, *La biologie buissonnière*, Le Seuil.
- Pelot, Pierre, Yves Coppens, y Tanino, Liberatore, 1990, *Le rêve de Lucy*, Le Seuil.
- Ponge, Francis, 1966, *Le parti pris des choses*, Gallimard.
- , 1983, *Nioque de l’avant-printemps*, Gallimard.
- Prassinis, Gisèle, 1975, *Brelín-le-Frou*, Belfond.
- Pynchon, Thomas, 1988, *L’arc-en-ciel de la gravité*, Le Seuil.
- , 1990, “Le retour du roi Ludd?”, *Alliage*, n° 4, pp. 71-80.
- Queneau, Raymond, 1937, *Odile*, Gallimard.
- , 1938, *Les enfants du limon*, Gallimard.
- Raichvarg, Daniel, 1992, “La Fille de Galilée — Dramaturgie et scientisme”, *Alliage*, N° 13, pp. 49-60.
- , 1993, *Science et spectacle, figures d’une recontre*, Niza, Z’Éditions.
- Sarraute, Nathalie, 1987, *L’ère du soupçon*, Gallimard.

- Sartre, Jean Paul, 1971, *L'Idiot de la famille*, Gallimard.
- Sciascia, Leonardo, 1984, *La disparition de Majorana*, Flammarion.
- Schiff, Daniel, 1983, *La ligne de Sceaux*, éd. de Minuit.
- Taquet, Philoppe, 1991, *Les bonnes feuilles du Jardin des Plantes*, Muséum d'histoire naturelle.
- Toulotte, Muriel, 1996, "De Géo à Démos — Hugo et Arago", *Alliage*, N° 26, pp. 27-34.
- Triolet, Elsa
- , 1959, *Luna Park*, Gallimard.
- Updike, John, 1975. *Femmes et musées, et autres nouvelles*, Gallimard.
- , 1988, *Ce pensait Roger (La versión de Roger)*, Gallimard.
- , 1988, "Sept odes à des processus naturels" en *La condition naturelle*, Gallimard.
- Weyergans, François, 1986, *La vie d'un bébé*, Gallimard.

XIV. HIPÓTESIS *FINGO**

CIENCIA Y FICCIÓN

ANTAÑO fui un gran lector de ciencia-ficción —de todo tipo; leí a Wells y Van Vogt, Bradbury y Jimmy Guieu. Fui frecuentando el ámbito de manera mucho más episódica, y mi pericia en la materia se volvió bastante limitada. Así que me sería difícil proponer un análisis teórico de las relaciones entre ciencia y ciencia-ficción, además, si reflexiono, casi no sé qué define a la ciencia-ficción como género literario. Desde luego, podría decir lo que, a propósito de la ideología, decía un teórico (no obstante marxista): “Después de todo, es como los elefantes: no sé definirlos, pero sé reconocerlos.” Pero este empirismo no basta para sostener un discurso pertinente. De tal modo que, más allá de la ciencia-ficción propiamente dicha, voy a interrogarme sobre la relación entre ciencia y ficción.

De hecho, el rasgo más extraño de ese vocablo, “ciencia-ficción”, es quizá propiamente el guión, esa raya que sirve de cópula entre los dos términos. Es lo que quisiera *tratar* aquí. ¿Por encima del puro marco del género literario de ciencia-ficción, podemos dar a ese signo impreciso una interpretación más clara, o encontrarle un sustituto más explícito? Operemos entonces un enriquecimiento tipográfico mínimo y exploremos los signos, símbolos de otras relaciones posibles, que podrían sustituir a ese guión.

La primera idea, y la más natural, consistiría en considerar la enigmática cópula como un “+”, que conduce a ver tras la ciencia-ficción la *suma* de la ciencia y de la ficción. Pero el físico, una de cuyas reglas de oro es no agregar más que cantidades de la misma naturaleza, se rebela de inmediato ante una operación tan imposible como la adición de longitudes y de pesos, de metros y kilogramos. No, la relación entre ciencia y ficción no puede ser aditiva, no más que la de los soviets y de la electricidad, cuya suma, según Lenin, debía dar el socialismo.

Una simple rotación de 45° nos conduce entonces a una “×”, signo de la *multiplicación*. La pista parece mejor, puesto que nada prohíbe multiplicar dimensiones diferentes para obtener un nuevo tipo: longitudes y pesos por ejemplo, cuyo producto, en este caso, da trabajo. Por otra parte, el signo “×”, además de la multiplicación, indica el cruce. Así se tome como metáfora de carretera —el breve encuentro de dos vías distintas —, o agronómica —la hibridación de dos especies diferentes—, ciertamente se puede apreciar que hay *productos* de la ciencia y de la ficción. Hay numerosas obras que dan testimonio de ello. Aquí sólo citaré algunas novelas recientes, tales como la *Línea de justicia* de Daniel Schiff, *La trampa de luz* de Serge Bramly, *La versión de Roger* de John Updike, *Atlas occidental* de Daniele Del Giudice, que tienen en común el hecho de

aclarar muy vivamente a la vez los procesos intelectuales y el contexto social de la ciencia moderna, con una agudeza y una originalidad a las cuales sólo rara vez llegan los exégetas epistemológicos y sociológicos convencionales.¹ Sin embargo, hay que reconocer que esos productos son excepcionales en la literatura contemporánea, y no definen en nada un género, y que en todo caso no pertenecen a la ciencia-ficción reconocida. Por ello, aun insistiendo en la importancia de tales obras para la reflexión sobre la tecnociencia contemporánea, quisiera explorar otra pista.

En efecto, queda una hipótesis: ¿y si ese guión equívoco, “-” lo subdividiéramos para hacer de él un “=”, signo de igualdad? Pero ¿cómo podríamos identificar ciencia y ficción, cuando la primera tiene la reputación de ser descubrimiento de lo real y la segunda creación de lo imaginario? Volvamos a la etimología, solución común, fácil y desesperada ante un enunciado paradójico. En el *Diccionario etimológico de la lengua latina*,² mirífico viaje a las fuentes de la lengua, vemos que “ficción” viene del latín *fingere* . El sentido usual de este verbo es “simular, aparentar, inventar”. Precisamente en ese sentido lo emplea Newton, al declarar “*Hypotheses non fingo*”, cuando se niega a proponer para su ley de la caída de los cuerpos una explicación mediante un hipotético mecanismo subyacente; dicho de otro modo, y sería la mejor traducción libre: “Me atengo a lo que sé.” El rechazo de la ficción se identifica aquí con la positividad del conocimiento, que niega cualquier imaginario incontrolado. Así, por construcción, la ciencia estaría fuera de ficción. Sin embargo, en la ciencia las hipótesis abundan (*fictio*, en latín, justamente). Entonces, ¿cómo distinguir entre las que Newton nos ordena rechazar porque proceden de la fantasía y de lo irracional, y las que estamos totalmente obligados a poner en el fundamento mismo de nuestras investigaciones para permitir el trabajo de la razón? ¿Puede haber una dicotomía resuelta *a priori* entre la hipótesis razonable, permitida, y la ficción fantasmagórica, prohibida.³ O bien, aunque le pese a Newton, ¿la ciencia no sería, al contrario, el propio lugar donde la ficción —llamémosla hipótesis, si prefieren— daría prueba de su eficacia para dar pábulo a lo real?

En realidad, hemos interrumpido demasiado nuestra indagación etimológica. Así pues, podemos leer en nuestro *Diccionario etimológico de la lengua latina* que el sentido inicial de *fingere* es “modelar en barro, o esculpir, tornear, representar, hacer figuras”. *Figuras* , en efecto, también *efigies* , dobletes concretos de las *ficciones* . En consecuencia, la lengua no opone en nada la ficción como invención, creación, a la figura como representación, modelo: una es a la otra como el imaginario a la imagen: su prolongación sin ruptura. Entonces, se vuelve claro que ciencia y ficción no tienen nada de incompatible. Incluso se puede defender la idea de que ese parangón de las ciencias estrictas, que es la física teórica, *es* , en primer lugar, ficción. El físico cuenta historias, inventa mundos. Cualquier episodio histórico de cierta importancia viene a ilustrar esta tesis:

—En primer lugar, la geometría euclidiana, que es una física teórica del espacio antes de ser una matemática, se basa en esas “figuras geométricas” que son el punto, la recta, el plano. Figuras, en efecto, y en consecuencia ficciones: puntos sin extensión, rectas sin fin, planos sin espesor, etc., tantas suposiciones ¡perfectamente ajenas a la realidad de las

cosas! Más de dos milenios de familiaridad con esos idealismos nos hacen perder de vista muy fácilmente su carácter imaginario. Sin embargo, no es ni más ni menos profundo que el de esas nuevas figuras geométricas, los fractales, que de manera paradójica hoy se imponen a nuestras representaciones.

—La física de Galileo logró uno de sus triunfos dándonos la ley de la caída de los cuerpos. Pero esa ley no es válida más que en el vacío: nos dice cómo caería la piedra desde lo alto de la torre de Pisa si la resistencia del aire se suprimiera mágicamente. Uno de los enunciados fundamentales de la ciencia física comienza, pues, como esos juegos de niños: “Supongamos que no hay aire...”, a lo que, por otra parte, es preciso añadir “y que la tierra es plana e inmóvil, etc.”. La ley de Galileo sería válida,⁴ dadas estas condiciones (sin fin). Ficción, pues, y que mal que bien tendremos que acomodar a la realidad.

—La física moderna no trabaja de otra manera. El investigador que estudia las fuerzas de cohesión nuclear hace *como si* las fuerzas gravitacionales no existieran. La teoría de la relatividad de Einstein (denominada restringida) nos presenta la estructura espacio-tiempo *como si* el universo estuviera vacío de cualquier objeto. Y uno de los procedimientos heurísticos más fecundos del pensamiento físico del siglo XX (en particular, en Einstein) es recurrir a los *Gedankenexperimenten*, experimentos de pensamiento o, simplemente, experimentos ficticios, mediante los cuales el teórico imagina el desarrollo de los fenómenos en un contexto experimental en general irrealizable (es el caso de una dimensión fuera de escala, o de una precisión fuera de alcance, etc.), con el único fin de probar la coherencia y el interés de sus conceptos.

Tenemos aquí un primer tipo de ficción que opera en el seno mismo de la ciencia, por *restricción* se podría decir: se trata de figuras simplificadas del mundo, de modelos reducidos, de casos límite. Pero la ficción puede investir a la ciencia de otro modo, más imaginativo tal vez: por *extensión*. Se trata entonces de inventar mundos totalmente diferentes, de ir más allá de nuestras concepciones, de dibujar figuras no conocidas. Así, por atenerme a la física teórica, aunque nuestro espacio-tiempo evidentemente tenga $3 + 1 = 4$ dimensiones, el investigador no dudará en explorar universos ficticios de dimensionalidad más elevada (10 y 26 son números de moda...), en el caso en que nuestro mundo se pareciera a un detalle de esos supermundos; aunque una teoría poderosa y rigurosamente coherente fije un límite finito a la velocidad de cualquier objeto (la velocidad de la luz), de todos modos el investigador estudiará las propiedades de partículas imaginarias supraluminosas, y para empezar, las bautizará (los “taquiones”); aunque nada nos permita poner en duda la continuidad del tejido espaciotemporal, incluso a escala microscópica, el investigador intentará representarse un espacio granular y cuantificado. Por lo demás, es aquí donde la interacción (recíproca) con la ciencia-ficción usual es sin duda más frecuente. El investigador es un soñador incorregible; lejos de atenerse a la realidad inmediata, tiene que imaginar otros mundos. La ciencia, en su actividad de investigación, es mucho más imaginativa que deductiva, y la ficción desempeña en esto un papel mayor.

Esta tesis, una vez enunciada, será tal vez aceptada sin mayores problemas para una

disciplina teórica que, de hecho, se basa en la producción de un texto, por tanto de una figura escrita del mundo, a semejanza de la ficción literaria. Pero ¿no es esto olvidar la otra cara de la ciencia, su actividad experimental, que la pone rudamente a prueba de lo real y sería del orden de la fricción, más que de la ficción... ? Lejos estoy de la idea de negar esta confrontación que, por sí sola, da a la ciencia su especificidad como modo de conocimiento. Pero, justamente, lo que he afirmado desde el punto de vista de la teoría es el hecho de que no haya oposición entre la ficción y la realidad, el hecho de que la primera sea un medio de acceso a la segunda. Esto sigue siendo verdadero en cuanto a la experiencia. Ya que, por último, ¿qué son los dispositivos experimentales de los investigadores sino máquinas de ficción? ¿Por qué habría que hacer experimentos, es decir imaginar y producir fenómenos artificiales, si la sola observación de los fenómenos naturales bastaría? Es, pues, claramente porque un experimento es, también, una ficción, creada desde luego con base en el mundo real, pero que se distingue de él antes de añadirsele. Hacer caer los cuerpos según planos inclinados, en lugar de su vertical natural (Galileo), hacer que los electrones circulen por hilos metálicos (Faraday, Ampère), crear elementos dotados de “radiactividad artificial” (Irène y Frédéric Joliot-Curie), es obligar a la naturaleza a contarnos historias nuevas.

Por otra parte, cualquier tentativa por oponer teoría y experiencia en cuanto a su significación está en lo sucesivo condenada al fracaso. Es que esa tradicional dicotomía ahora está alterada por el surgimiento de un tercer tipo de actividad científica, la *simulación*. La llegada de poderosas y rápidas computadoras, en efecto, ha aumentado los medios de procesamiento de la información al punto de que el cálculo numérico deja de ser el simple auxiliar de las teorías formales y se emancipa. Más allá de las “aplicaciones numéricas”, como se decía tradicionalmente, cuyo único objetivo era transcribir en cifras un resultado formulado de manera abstracta, la simulación es una verdadera exploración, empírica y aventurada, de un universo teórico demasiado elaborado como para ser captado en el nivel puramente conceptual, así como de un mundo material demasiado complejo para ser modelado por dispositivos experimentales efectivos. Así, la simulación trastorna la propia estructura de la práctica científica. No es éste el lugar para detenerse en la profunda mutación epistemológica que de ella resulta. Bastará, como su propia denominación nos invita a hacerlo, con llamar la atención sobre el nuevo espacio de ficción que la simulación abre en el seno de la ciencia. El hecho de que los torbellinos en el centro de un derrame líquido o las colisiones de las miríadas de moléculas de un gas ahora se estudien *figurándolos* mediante complicados programas informáticos, que rigen no el desplazamiento de los fluidos sometidos a la investigación, sino el de electrones en circuitos totalmente ajenos a la naturaleza de lo que permiten representar, ¿no es un bello ejemplo de *fictionalización*?

En el fondo, si mi interés por la ciencia-ficción ha disminuido, ¿no será que la propia ciencia nutre ya ampliamente mi deseo de ficción?

XV. LA LENGUA IMPULSA A LA CIENCIA

UNA RESEÑA de experiencia para comenzar... Desde hace ya muchos años que, enseñando en la licenciatura de física, me siento desolado por la mediocridad del francés que los estudiantes utilizan en sus apuntes: ortografía deficiente, vocabulario estereotipado, sintaxis coja. Un día decidí proponer, además de los problemas de física, algunos trabajos más culturales, de orden histórico o epistemológico, e incluso lingüístico. Sorpresa: los apuntes estaban redactados en una lengua correcta y a veces inventiva; así, la pregunta: “¿Cómo se podría traducir el inglés *spin*”; término admitido en física para describir una rotación intrínseca, suscitó varias sugerencias interesantes; *tornada*, *remolino*, *rueca*, *viraje*, etc., “la tornada del electrón”, no está mal, ¿no? Es la prueba, por una parte, de que no se ha roto la relación con la lengua entre los jóvenes científicos y de que la competencia permanece intacta y, por otra parte, de que nosotros los profesores no hemos sabido persuadirlos, desde el bachillerato, de que la ciencia también pasa por la lengua. En efecto, ¿de quién es el error si los estudiantes parecen creer que un texto de física es, sobre todo, ecuaciones matemáticas, con intervalos que basta con rellenar mediante expresiones estereotipadas (“se aprecia fácilmente que.”)? Sin embargo, un análisis algo serio de las dificultades de la enseñanza de las ciencias, así como de su difusión mediática, muestra que ellas resultan, en primer lugar, de un desconocimiento de los problemas que plantea la enunciación de conocimientos formales en la lengua común. Si no siempre es fácil calcular una integral o hacer una dosificación, es porque siempre es difícil hablar y escribir esas prácticas, es decir, pensarlas. Saber hacer y saber decir van a la par. De tal modo que el papel de la lengua en la ciencia de ninguna manera puede limitarse a la “comunicación” de “resultados”. Por ello, el debate sobre la lengua que utilizar en la publicación de los artículos científicos o la celebración de los coloquios académicos sólo concierne a un aspecto menor de la cuestión. Es más sorprendente ver la extrema frialdad con la cual el medio científico acogió en 1994 la, no obstante, muy modesta “ley Toubon” que, relativa a la comunicación científica, se limitaba a prohibir-prohibir, en Francia, el uso del francés. Numerosos son los científicos que parecen preferir la ley del mercado a una ley del Parlamento, y entienden el famoso *publish or perish* como *publish in English or perish in French*.

Pero, sin duda, la relación entre ciencias y lenguas no puede comprenderse más que a partir de un análisis de la relación entre ciencia y lengua o, con mayor precisión aún, entre prácticas científicas y prácticas lingüísticas.

LENGUAJE Y FORMALISMO

Partamos de un texto muy conocido de Roland Barthes, “De la ciencia a la literatura”.¹ En él Barthes indica, con mucha razón, que:

[...] la ciencia y la literatura no adoptan el lenguaje que las constituye tanto a una como a otra o, si se prefiere, no lo profesan de igual manera. Para la ciencia, el lenguaje sólo es un instrumento, que quieren volver tan transparente como sea posible, tan neutro como sea posible, sujeto a la materia científica (operaciones, hipótesis, resultados) que, dicen, existe fuera de él y lo precede: están, por un lado y *en primer lugar*, los contenidos del mensaje científico, que son todo y, por otro lado y *en seguida*, la forma verbal encargada de expresar esos contenidos, que no es nada.

Posteriormente, muestra que esa forma vacía, ese uso objetivo del lenguaje es, de hecho, ilusorio (habla de “mañas puramente gramaticales”) y que la ciencia sigue dependiendo del sujeto y, en consecuencia, del imaginario. Concluye que “sólo una formalización integral del discurso científico [...] podría evitar a la ciencia los riesgos del imaginario”. Así, la ciencia, simplemente, ¡debería deshacerse del lenguaje, y podría hacerlo! Sólo hay que recordar que Barthes, en todo ese texto, cuando habla de ciencia precisa de entrada que “aquí se entenderá en lo sucesivo por esta palabra, el conjunto de las ciencias sociales y humanas”. Entonces, es preciso restablecer toda la cita precedente, en la que deliberadamente omití un pasaje esencial que ahora subrayo: “[...] sólo una formalización integral del discurso científico (*el de las ciencias humanas, se entiende, ya que en el caso de las otras ciencias esto ya está ampliamente adquirido*) podría evitar que la ciencia corra los riesgos del imaginario”.

Desde luego, Barthes no cree en esa división de la alternativa, y más bien propone a las ciencias humanas “practicar el imaginario en completo conocimiento de causa, conocimiento que no se puede alcanzar más que en la escritura” y profetizar así que “la ciencia se volverá literatura”. Pero el punto capital para mi propósito es ese argumento mediante el cual Barthes, para salvar a “sus” ciencias del riesgo de la “formalización integral”, hace a un lado a las “otras”, concediendo que, para ellas, el lenguaje sólo es un “instrumento”, “transparente” y “neutro”. Esta concesión es errónea y peligrosa, incluso desde el punto de vista de Barthes, ya que si existen ámbitos del conocimiento en los que la formalización integral y la eliminación o, en todo caso, la descalificación del lenguaje, son posibles y ya se han consumado, ¿cuál sería el privilegio o la singularidad epistemológicas que preservaría de ello a las otras? ¿Cómo justificar el recurso de esa sola palabra “ciencia”, y luego explicar que abarca modos de producción y de captación de los conocimientos absolutamente heterogéneos en sus relaciones con el lenguaje? De mayor peso me parece una argumentación que se esfuerce por mostrar que, incluso en las “otras” ciencias, matemáticas, físicas, etc., la formalización integral *no* está “ampliamente adquirida” y que la cuestión de la lengua sigue planteada sin interrupción.

La idea de que la ciencia debería hablar una lengua “bien hecha”, es decir, perfectamente lógica y unívoca, se remonta desde luego a la concepción que nos legó la Ilustración, de una Razón transparente y coherente. A principios del siglo XX, dicha concepción llega con toda naturalidad al programa formalista: una lengua “pura”, fuera de cualquier ambigüedad semántica, de cualquier adhesión cultural, no puede ser sino un juego de signos, una ideografía abstracta. Evidentemente no puede hablarse, sino sólo escribirse. Ése será durante algunos años el propósito de las matemáticas y de la lógica

modernas (Hilbert, Russell, etc.), justificado por la “crisis de los fundamentos” y las dificultades conceptuales con las que se habían topado los matemáticos hacia fines del siglo XIX. Se trataba nada menos que de hacer de las matemáticas una disciplina cerrada, segura de sus fundamentos y de sus métodos, inmunizada contra las incertidumbres y las confusiones de la lengua y del pensamiento comunes. Esta tentativa, al mismo tiempo que permite progresos considerables en la comprensión de las dificultades encontradas y la superación de algunas de ellas, fracasará cuando las propias técnicas formales, que consideraba todopoderosas, permitan a Gödel demostrar lo ineluctablemente incompleto de cualquier sistema axiomatizado y formalizado... Desde entonces, el compromiso ya podía rechazarse, y el proyecto de poder prescindir de la lengua común aparecía como el fantasma que es. Así, un poco más tarde, veremos a un grupo de matemáticos entre los más modernistas, me refiero desde luego a Bourbaki, reafirmar sin cesar la necesidad de principio de una axiomatización y de una formalización completas, al mismo tiempo de enunciar estas ideas en una lengua académica de un perfecto clasicismo, y de renovar con voluntad la terminología matemática, utilizando todos los recursos de la metáfora y de la metonimia (véanse los “haces”, “fibrados”, “adherencias”, etcétera.).

Si las propias matemáticas no han podido llevar a cabo la “formalización integral”, no obstante que son ciencias del concepto y del signo, a nadie debe sorprender el hecho de que las ciencias de la materia estén muy lejos de la realidad. La física, claro está, dispone de una formalización intensiva, porque sus teorías están sistemáticamente matematizadas, y desde ahora en un nivel muy elaborado. Pero en ningún caso se trata de un “lenguaje”, y esta especificidad no podría interpretarse como una precedencia histórica o un privilegio epistemológico.² No sólo no se puede dispensar el recurso de la lengua, sino que la tentación de ahorrársela a menudo se paga con la aparición y la persistencia de temibles obstáculos epistemológicos. Numerosos problemas conceptuales que continúan asediando a la física contemporánea (la cuestión del determinismo o la del origen del universo) se deben a la negligencia en el uso de los poderes de la lengua o a su abuso; lo prueban, justamente, el consenso bastante general sobre los formalismos matemáticos y el desacuerdo en cuanto a su interpretación: es que la formalización no basta en absoluto para enunciar y dominar el conocimiento que propone. Con frecuencia una actitud a la vez más respetuosa y más crítica con respecto a las palabras utilizadas para dar cuenta de los signos y de las fórmulas está en condiciones de aclarar, si no de regular, esos problemas epistemológicos, como algunos ejemplos que veremos más adelante.

En cuanto a la química y a la biología, su limitadísima formalización no les impide en nada ser “verdaderas” ciencias. El nivel de formalización de un discurso, sea cual fuere, no podría considerarse como un criterio de cientificidad, si no habría que considerar las partituras musicales como los más antiguos textos científicos. Sin duda es útil ponerse en guardia en relación con otro aspecto de la tendencia a sobrevalorar el papel de la formalización, más cercano a sus fuentes históricas y al sueño superracionalista de una lengua científica. La cuestión del lenguaje en ningún caso debe confundirse con la de las escrituras simbólicas o de las terminologías sistemáticas. Para atenernos al caso de la

química y a un ejemplo clásico, la creación de la nomenclatura moderna por parte de Lavoisier y sus colaboradores, por fecunda y revolucionaria que haya sido, no constituye en nada la invención de una nueva lengua.³ ¿Pero en verdad corresponde al físico recordar que una lengua no se limita a su léxico y que, por añadidura, la nomenclatura especializada de la química, como de cualquiera otra disciplina, constituye una fracción muy limitada del discurso que, en lo esencial, se hace simplemente en la lengua común?

CIENCIA Y COMUNICACIÓN

Antes de ir más lejos y de plantear la cuestión de saber, justamente, en cuál de las lenguas se hace o debería hacerse la ciencia —y la cuestión aquí, claro está, es la de la dominación, real o supuesta del inglés—, es necesario preguntarse lo que la ciencia hace verdaderamente con la lengua. “Comunicar”, ciertamente, como se dice hoy, pero ¿cómo, qué y a quién? Es que los modos de la comunicación científica son al menos dos: lo escrito y lo oral; esta trivialidad: “los científicos (se) hablan” merece recordarse cuando vemos que el debate sólo se centra en la cuestión de la publicación.⁴ Los registros de la comunicación son diversos y se atienen siempre a la actividad científica profesional. Se pueden distinguir tres: la comunicación informal, durante el trabajo de elaboración del conocimiento (la actividad de investigación propiamente dicha), que tiene lugar en el laboratorio; la comunicación institucional, desde el momento en que se trata, en el seno de la colectividad científica, de dar a conocer, discutir y validar los resultados obtenidos; la comunicación pública, que aspira a la difusión y el reconocimiento social del saber. El cuadro siguiente resume y concreta estas múltiples formas:

	<i>Comunicación informal</i>	<i>Comunicación institucional</i>	<i>Comunicación pública</i>
<i>Comunicación escrita</i>	Cuadernos de laboratorio, correo (e Internet), etcétera	Artículos especializados (publicaciones primarias)	Divulgación (libros, prensa)
<i>Comunicación oral</i>	Discusiones de trabajo, intercambios (teléfono)	Coloquios, seminarios, conferencias de prensa	Enseñanza, medios de comunicación (radio, televisión)

El interés primordial de esta tipología es hacer que tengamos conciencia de que una parte esencial de la comunicación científica de hecho se desarrolla en la propia lengua de los investigadores. En lo esencial, es el caso de la comunicación informal, en la que evidentemente domina la lengua de relación; incluso en el caso de los equipos de investigación internacionales cada vez más frecuentes, se confirma a menudo una gran flexibilidad lingüística, en la cual el recurso de una lengua única de intercambio (el inglés, para nombrarlo) está lejos de imponerse y más bien constituye un recurso temporal, que no oculta la dominación de la lengua local o de las lenguas personales. Evidente y afortunadamente es el caso de la comunicación pública, en la que habrá que recordar esta evidencia, las emisiones de radio y de televisión, así como los artículos de la prensa nacional y los libros de divulgación se hacen necesariamente en la lengua nacional de

relación. La cuestión de una lengua auxiliar internacional no se plantea seriamente más que para la comunicación institucional, y no en todos los sectores: las ciencias sociales y humanas parecen conservar una posibilidad de publicación plurilingüe que en realidad las ciencias de la naturaleza, dominadas económica y técnicamente por un modelo único, ya no tienen.

Pero nuestro cuadro también nos muestra por qué esto de la lengua auxiliar no se puede tratar a la ligera, y por qué uno no puede conformarse, para la publicación científica, con la aceptación, resignada o glorificada, del paso obligado por el inglés, o, por lo demás, por cualquiera otra lengua: el análisis crítico expuesto aquí se puede aplicar retroactivamente al latín, y sin duda explica con bastante amplitud su decadencia como lengua de comunicación científica a partir del siglo XVII. Es que los tres registros de la comunicación evidentemente no son independientes y en verdad no constituyen más que momentos de un proceso social complejo. De hecho, la comunicación informal da lugar a la comunicación institucional, a partir de la cual se desarrolla a su vez la comunicación pública; es importante, en fin, añadir a este movimiento el cierre del circuito que, a cambio, arraiga a la comunicación informal en la comunicación pública: fuera del laboratorio, en la enseñanza y la divulgación, es donde se forman en primer lugar los conocimientos y las competencias de los investigadores, y por lo tanto sus modos de discurso y de intercambio. Vemos entonces las serias amenazas que pesan sobre la continuidad y la solidez de la cadena comunicativa debido a la presencia de un eslabón ajeno. De por sí es muy difícil que la difusión de las disciplinas modernas dé cuenta de las prácticas reales de la ciencia a causa de la segmentación social y de la tecnicidad profesional (la de los mediadores tanto como la de los investigadores). La pantalla lingüística sólo puede agravar seriamente estas dificultades: no es raro encontrar ejemplos de pasajes enteros de artículos de divulgación, o de libros de texto que se han vuelto incomprensibles o discutibles debido a una mala traducción a partir de un texto extranjero inútilmente interpuesto entre una práctica científica y su enunciado público. Así, pude leer un día en una obra de divulgación matemática un capítulo que comenzaba con el enigmático *incipit*: “Consideremos dos puntos en un avión”; necesité un segundo para comprender que se trataba de una clásica y pésima “traducción” del inglés: “*Consider two points in a plane*”, esto es, “Tomemos dos puntos de un plano”.

PALABRAS Y MALES DE LA FÍSICA

Ahora quiero concretar estas observaciones y demostrar ciertos problemas que plantea la dominación poco discutida del inglés en la física contemporánea, al menos para quien no se conforma con la tecnicidad operatoria, por más impresionante que sea, sino que pide a la ciencia que nos ayude no sólo a transformar el mundo, sino también a interpretarlo.

Comencemos con dos ejemplos de vocablos paradigmáticos de las fascinaciones tanto como de los malentendidos que suscitan las teorías físicas modernas y su aparente esoterismo. Todos han podido leer numerosas exégesis sobre el “principio de incertidumbre de Heisenberg”, que se volvió una de las trivialidades de la vulgata cuántica. Según las formulaciones más corrientes, la teoría cuántica pudo haber

“demostrado” que la observación de un sistema cualquiera lo perturbaba inevitablemente e introducía “incertidumbres” incontrolables en los resultados de las medidas efectuadas sobre ese sistema. Se sabe con qué fines apologeticos esta idea se ha utilizado tanto en el ámbito de las ciencias sociales, en el que ha servido para justificar muchas renuncias o escepticismos, como en un nivel más filosófico, en el cual se ha utilizado como argumento para apoyar una limitación intrínseca de los poderes del conocimiento racional. Ahora bien, un enunciado mejor comprobado muestra: *a)* que en esto no hay un principio epistemológico general, sino una consecuencia particular del formalismo específico de la teoría cuántica; *b)* que aquí no se trata de observaciones o de medidas, sino de la propia definición de ciertas dimensiones físicas; *c)* que el cuestionamiento de las certidumbres clásicas no es genérico, sino que tiene que ver con pares de dimensiones particulares (posición y velocidad, por ejemplo).⁵ En otros términos, la teoría nos enseña que estamos obligados a aceptar “incertidumbres” inevitables en cuanto al valor de dimensiones físicas, cuyos “verdaderos” valores podrían permanecer ocultos por siempre para nosotros, pero, más simple y más profundamente, que esas dimensiones no se definen de manera que puedan caracterizarse mediante un número determinado (conocido o desconocido). Aquí lo interesante para nosotros es observar que la interpretación, trivial y engañosa en términos de “incertidumbres”, que se ha impuesto por mucho tiempo, tiene entre otras causas (algunas de ellas de orden específicamente epistemológico), raíces propiamente lingüísticas. En efecto, es notable que el fenómeno haya sido caracterizado en alemán, por el propio Heisenberg, por medio de la palabra *Unbestimmtheit*, que remite no a la falta de precisión, sino a la carencia de determinación. Por lo demás, en los textos franceses de aquella época se tradujo por “indeterminación”, lo cual, estaremos de acuerdo, se presta menos a una explotación abusiva. La generalización de su mala traducción inglesa, o más bien estadounidense, por *uncertainty* es la que nos llegó en la forma de “incertidumbres”, tan cargada de connotaciones. Tenemos aquí uno de los fenómenos lingüísticos en el que un error de traducción, o al menos una negligencia, tiene consecuencias culturales de una amplitud insospechada (un ejemplo, y no de los menores, lo proporciona el Antiguo Testamento, cuya traducción griega, la Biblia de los Setenta, que sigue con bastante llaneza el texto hebreo, hizo de la madre del Mesías a una *mujer joven*, παρθενος, que luego se vuelve a traducir al latín por *virgo*, y así es como nace uno de los dogmas más definitivos del cristianismo).

Una segunda palabra clave de la ciencia contemporánea es *big bang*, con la que se designa la concepción científica contemporánea de la cosmogénesis. Se supone que este vocablo, que habría que traducir por “gran pum”, lo cual en español no parece serio, y con justa razón, debe dar la idea gráfica de una fase inicial explosiva del universo, idea que se impuso progresivamente en los decenios de 1950 y 1960, después de las teorías de Gamow y de las observaciones en radioastronomía de Penzias y Wilson, del rumor debilitado de los fenómenos primitivos. Pero se olvida que este término debe atribuírsele a un adversario de la teoría, el británico Fred Hoyle, ¡que lo elaboró cuidadosamente con el fin de ridiculizarla! Ahora bien, según un procedimiento de recuperación muy conocido

por la publicidad moderna, la palabra, que tenía la virtud de formar una imagen, fue inmediatamente adoptada por los promotores de la teoría, y tuvo la fortuna mediática que conocemos. ¿Qué hay de grave en esto, podríamos preguntarnos, acaso no hay derecho a una utilización lúdica del lenguaje, incluida la ciencia? Una vez más sería preciso que el juego de palabras, finalmente, no se tomara en serio, y que esa terminología inadecuada no tuviera los efectos devastadores que se pueden notar en la dudosa comprensión, tanto profana como profesional, por lo demás, de lo que pretende designar. Ya que el “gran pum” tiene, entre otras y múltiples implicaciones perniciosas, por orden de gravedad creciente las de, *a)* referir la señal que nos llega al mundo de los fenómenos sonoros, *b)* hacer creer en una explosión puntual y localizada en el espacio, *c)* suponer un instante preciso, es decir, un origen temporal fechado del universo. La verdad, al menos la de la teoría, es otra: el “big bang” sólo se detecta por sus ondas electromagnéticas (no hace ruido) y, sobre todo, en ningún caso está localizado en el espacio, que sigue siendo homogéneo durante toda la expansión del universo, y su propia temporalidad es susceptible de interpretaciones más sutiles que de costumbre (se puede pensar, al mismo tiempo, que el universo “tiene 10 mil millones de años” y que “siempre ha existido”, con la condición de que se abandone cierta ingenuidad epistemológica.⁶ Estaremos de acuerdo, así lo espero, en que la importancia de las implicaciones filosóficas y culturales de una teoría científica de la cosmogénesis merece un poco más de cuidado en el uso de la lengua.

De manera más general, el análisis de las prácticas de lenguaje de la física de las últimas décadas, en su formulación anglófona (y anglógrafa) dominante, demuestran dos paradojas reveladoras de una profunda falta de conciencia lingüística:

1. *La física moderna ha producido menos palabras nuevas y ha suscitado más ideas nuevas.* Si nuestros predecesores, en el siglo XIX, dieron prueba de una considerable inventiva terminológica para designar los nuevos terrenos de la investigación y sus conceptos (recuérdese el vocabulario del electromagnetismo o de la termodinámica, ¡comenzando por estas propias palabras!), la física del siglo XX, en general se conformó, pese a la novedad radical de sus teorías, con extrapolar, a menudo de manera abusiva, la terminología antigua, o con recurrir a vocablos comunes. Para algunos casos de innovación, como el ahora clásico “cuántico” o el reciente “fractal”, cuántas facilidades y debilidades; aquí sólo mencionamos las muy famosas “relatividades”, término sumamente criticable según la opinión (tardía) del propio Einstein. No obstante, la necesidad de creaciones terminológicas que tomen en cuenta la significación, hoy mejor dominada, de los logros teóricos modernos es aguda. Sin soñar con una reforma coherente, probablemente imposible, parecen posibles algunas iniciativas locales pero importantes. Así, apareció el vocablo “cuanto”, que permitió trascender la supuesta “dualidad onda-corpúsculo”, ahora superada, y unificar en una categoría general los diferentes objetos particulares del mundo cuántico (electrones, protones, neutrones, fotones, gluones, etc.) y podría imponerse, con toda razón.

2. *La física moderna utiliza tanto más palabras concretas cuanto más abstractos*

son sus conceptos. La tradición favorecía creaciones terminológicas eruditas, de origen greco-latino, a veces indebidamente esotéricas, pero que tenían la ventaja de prevenir contra la confusión entre un concepto teórico muy específico y una noción común (así, por algo hubo confusiones vinculadas con el empleo del término “fuerza viva” al recurrir al vocablo “energía”, antes de que este último, a su vez, pasara a la lengua corriente, y provocara nuevas ambigüedades). Hoy, los físicos que trabajan con partículas fundamentales, cuyas propiedades cuánticas están aún mucho más alejadas de nuestras intuiciones comunes que los fenómenos estudiados en el siglo XIX, creen adecuado bautizar esas propiedades recurriendo a términos vernáculos que remiten más a la publicidad de los cosméticos que a la validez epistémica. Ya, a principios del siglo XX, las propiedades rotatorias bastante abstractas del electrón se habían denominado con el vocablo *spin*, que remite al trompo o a la rueda; pero esto era una innovación aislada y a fin de cuentas justificable (sean cuales fueren los problemas que plantee a la traducción francesa; véase *supra*). Hoy, a nuestras partículas se les dan nombres de quesos, puesto que ése es el sentido de la palabra “*quark*” (y que la palabra se haya tomado de la obra de Joyce, en la cual desempeñaba un papel esencialmente fonético en la frase indirecta: “*three quarks for Muster Mark*”, lejos de hacer brillar la cultura de los físicos, no hace sino probar su indiferencia respecto de las obras que plagian) y esos quarks están dotados de “extrañeza”, “belleza”, “encanto”,⁷ etcétera.

Así, podríamos multiplicar estos ejemplos sin problemas y, sobre todo, proponer otros, tomados del ámbito biológico, en el cual las metáforas arriesgadas y a veces abusivas hoy son legión (en particular, divertida paradoja, toda la terminología que proviene del vocabulario de la información y de la comunicación: “código”, “programa”, “transcripción”, “mensaje”, etcétera.⁸

DE UNA LENGUA A LAS OTRAS

Evidentemente, aquí no se trata de atribuir la responsabilidad de esta negligencia lingüística generalizada y de sus consecuencias en la lengua inglesa como tal. Sin embargo, podemos afirmar que la dominación casi monopolística de una lengua, sea cual fuere, inhibe el juego de las palabras y de las ideas, a menudo estimulado por las traducciones, pasos e intercambios de una lengua a otra, que pueden permitir flexibilizar y afinar la expresión del pensamiento. Por sólo tomar dos ejemplos, ¿qué sería de la lengua de la filosofía tal como se hace en Francia si no hubiera pasado por el alemán para volver al francés (y no hablo sólo de los préstamos que no son lo esencial, sino más bien de las palabras traducidas, e incluso de giros sintácticos)? ¿Y qué sería de la lengua de las artes, plásticas y musicales, sin el italiano?

La hegemonía lingüística tiene por supuesto razones políticas y económicas que, deplorablemente, no hacen sino agravar sus efectos perversos. En este caso, la primacía estadounidense en las ciencias naturales encuentra una de sus fuentes esenciales en la catástrofe europea del decenio 1930, que forzó a emigrar allende el Atlántico a la mejor parte del potencial científico de esa época. Hoy, la fuga de cerebros del Tercer Mundo es, a todas luces, lo que nutre de investigadores a los laboratorios estadounidenses, que los

jóvenes yanquis miran con malos ojos, pues han sido remplazados por asiáticos, sudamericanos, etc. De esto se deduce, en primer lugar, que la ciencia estadounidense moderna ha sido, y en gran parte sigue siendo, hecha por no estadounidenses y hecha en inglés por no anglófonos. Quien haya podido oír el pesado acento alemán que conservaba Einstein después de 20 años de residencia en Princeton, o quien conozca la extraña sonoridad del inglés hablado por muchos nipones, comprenderá al instante que esa relación con una lengua obligatoria pero extranjera no puede dejar de tener efectos. Pero la facilidad lingüística limitada de muchos científicos en su lengua profesional se agrava aún más por la falta de referencia cultural: ¿cómo imaginar una práctica lingüística consciente y determinada, más crítica y más inventiva a la vez, sin un profundo arraigo en la cultura que expresa y que subyace en esa lengua? El problema no es que los científicos practiquen *demasiado* el inglés, sino que lo practiquen *demasiado mal*. En lo fundamental, las ciencias que se dicen de punta (biología molecular, física de las partículas, etc.) se publican en *basic English*; y los verdaderos anglófonos hoy están, y con justa razón, inquietos ante la degradación de su lengua en una tecnojerigonza bastante pobre... En el fondo, el obstáculo insuperable con el que se topa la idea de aceptar y de favorecer el inglés como lengua de comunicación científica única y universal, y que hace ingenua y peligrosa esa idea, *a priori* generosa y de buen sentido, es que el inglés (más que ninguna otra lengua, artificial o natural) a corto plazo no tiene oportunidad de ser suficientemente dominada por una colectividad internacional para convertirse en un verdadero lugar común de comunicación y de reflexión, en el sentido más profundo de estos términos.

Así pues, *la lengua impulsa la ciencia*. Pero, según el caso, y según se trate de determinada lengua, en determinada época, puede impulsarla hacia adelante o hacia atrás.

Se impone entonces la necesidad de no dejarse impresionar por una dominación menos absoluta de lo que se dice. Por una parte, lo hemos visto, la hegemonía del inglés no concierne en lo esencial más que a la fase de comunicación institucional (y además, aquí sólo se trata de ciencias naturales). Después de todo, esta dominación, admitida por muchos como una fatalidad objetiva, está muy lejos de ser tan aplastante como se cree. Numerosos ámbitos siguen siendo aún ampliamente plurilingües, incluso dentro de las ciencias naturales; por ejemplo biomédicas y, claro está, dentro de las ciencias sociales y humanas. ¡Y los intelectuales franceses de más reputación de allende el Atlántico no son nuestros físicos o biólogos que publican en inglés, sino nuestros filósofos y sociólogos que escriben en francés! Y, por otra parte, la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias, así como los estudios sobre la información y la comunicación científica y técnica, justamente, y la edición de cultura científica, que en Francia tienen desarrollos de primer orden, son muy apreciados en el extranjero, aun cuando lo esencial se exprese en francés. Así pues, el argumento usual: “Más que ocuparse en la lengua, hagan primero buena ciencia”, hoy se revierte fácilmente. Las mutaciones de la investigación son tales que la recuperación de investigaciones antiguas puede ser a veces más fecunda que la persecución crispada de temas de moda.⁹ El fondo cultural de la ciencia ofrece

perspectivas nuevas a quien sabe hacerlo fructificar: a manera de ejemplo, un mejor conocimiento de los trabajos seculares de Poincaré, escritos en francés, desde luego, hace algunos años habría podido ofrecer a nuestros investigadores un avance seguro en el ámbito tan socorrido del “caos”. Escribir la ciencia en francés, tal vez, pero leerla en francés (entre otros), con seguridad. Y no debemos olvidar las otras fases de la comunicación no menos determinantes tanto para el desarrollo y el vigor de la actividad científica, aspecto que se ha vuelto decisivo en nuestros días, para la reflexión sobre sus aplicaciones y el control de sus implicaciones. De manera que, aun dejando de lado provisionalmente los problemas que plantea la publicación especializada, hay ahí mucho qué hacer para quien desee elaborar una política lingüística activa de la ciencia y dentro de ella: formación cultural y literaria de los investigadores, estímulos a su expresión pública, apoyo a revistas nacionales de información y de cultura científicas, desarrollo de una política de traducciones mutuas (y, en primer lugar, en el seno del área romance), etc. Por otra parte, hay que tomar nota sin tardanza de la seria crisis por la que atraviesa justamente la publicación científica tradicional; sería paradójico obsesionarse en relación con el problema de la lengua de las revistas primarias en el momento en que pierden importancia, tanto económica como profesional, y los nuevos medios de comunicación electrónica desempeñan un papel cada vez mayor. Esas nuevas técnicas bien podrían implicar una profunda redefinición de las formas de comunicación institucional y plantear la cuestión lingüística dentro de un contexto muy diferente. Se puede esperar, por ejemplo, que la comunicación profesional, la más pobre (ya que es la más formalizada) en cuanto a su contenido conceptual y a su contexto cultural, se beneficie bastante rápidamente de los progresos, más lentos de lo previsto por los aduladores, pero reales, de la traducción automática.

Muchos otros elementos muestran la necesidad de una verdadera política de la lengua en el ámbito científico. El desarrollo de la cooperación internacional, por ejemplo, exige que se supere la alternativa maniquea entre el abandono a todo en inglés y la crispación en cuanto a sólo el francés. En el Tercer Mundo, donde nuestra responsabilidad es inmensa, numerosos investigadores, de África o de América Latina, prefieren utilizar el francés para los intercambios científicos. Entonces, no hay nada más precioso que el mantenimiento e incluso el desarrollo voluntario del plurilingüismo científico, así sea sólo un plurilingüismo del que escucha (llamado a veces, pero de manera inútilmente despectiva, plurilingüismo “pasivo”). Más cerca de nosotros, probablemente la crítica más seria que se le pueda hacer a la política de la francofonía es la de no haber sabido abrirse, en primer lugar, a una cooperación con todos los países de lenguas romances: la facilísima comprensión mutua entre todas estas lenguas da lugar a la existencia de una de las más vastas comunidades lingüísticas mundiales, que se oponen exageradamente a la anglofonía. Por tomar sólo una situación trivial, es un absurdo total que un físico francés y su colega italiano, o español, o incluso rumano, utilicen el inglés (¡y a menudo qué inglés!) para sus intercambios. Seminarios, conferencias y discusiones privadas se acomodan muy bien con ese plurilingüismo del que escucha, que sólo se basa en los parentescos lingüísticos, pero lleva mucho más profundamente a una cultura común. Por

añadidura, la defensa de nuestra lengua sería mejor comprendida y admitida por nuestros vecinos, ¡si hiciéramos el esfuerzo mínimo de tomar en cuenta *sus* lenguas! “Cada uno en su lengua”, he aquí una consigna razonable y fácil de aplicar dentro de las grandes áreas lingüísticas, como la de las lenguas romances o la de las lenguas eslavas... o anglosajonas. Queda, desde luego, la cuestión de los intercambios entre investigadores de lenguas heterogéneas, en la que sería ilusorio querer remplazar, a corto plazo, el inglés como lengua auxiliar entre, por ejemplo, un físico ruso y uno brasileño. Incluso podemos preguntarnos si el desarrollo de las comunicaciones electrónicas ya citado y los progresos de la traducción automática en tiempo real no cambiarán las circunstancias del problema a mediano plazo; claro está que las sutilezas y los juegos lingüísticos parecen por mucho tiempo fuera del alcance de la informática, pero también esto es precisamente lo que escapa la mayor parte del tiempo a la poca competencia lingüística de los locutores científicos en su lengua “común”.

LA EDAD DEL CAPITÁN

Desde la escuela primaria todos conocemos la clásica adivinanza de la edad del capitán. La versión más explícita y la más literaria se la debemos a Gustave Flaubert, en una carta del 15 de marzo de 1843 a su hermana Caroline:

Resuelve este problema: una nave está en el mar, partió de Boston, cargada con 200 toneladas de índigo, iza las velas hacia Le Havre, el palo mayor está roto, hay un grumete en el castillo, los pasajeros son 12, el viento sopla N.E.E. [*sic*], el reloj marca las tres y cuarto de la tarde, estamos en el mes de mayo... ¿Cuál es la edad del capitán?

Lo aparentemente absurdo de este problema da el raro placer de poder hacer irrisorias las pretensiones del cálculo para resolver cualquier problema. Pero más allá, como lo mostró¹⁰ Stella Baruk (que recuperó el enunciado flaubertiano), lo que se plantea es la cuestión del sentido matemático. Nada tiene de sorprendente el hecho de que sea por medio de Flaubert quien, más que ningún otro, sufrió “hasta reventar emborronando papel con cifras” (véanse las múltiples citas referidas por Stella Baruk). Es que Flaubert, que utiliza de manera formidable las palabras, no *entiende* nada de matemáticas. Él comienza a “vengarse” (la palabra es suya) del sufrimiento de esa pérdida de sentido en la historieta del capitán. Y, más tarde, se liberará de sus humillaciones científicas en el *Diccionario de las ideas recibidas* y, desde luego, en *Bouvard y Pécuchet*.¹¹

La historieta de la edad del capitán está en este punto en consonancia con el espíritu de Flaubert a quien parecía natural considerarlo su inventor. Es, al menos, lo que yo creía hasta descubrir el fin (y doble) fondo de la historia. Al narrarla, una vez más, durante un coloquio pedagógico, tuve la sorpresa de que un colega me dijera que *hay una respuesta lógica* a la pregunta. Hay que plantearla como él la conocía de un abuelo suyo, marino en el Mediterráneo: “Un barco llega al puerto de Marsella proveniente de África del Norte. Su longitud es de 60 metros, etc. [abrevio]. Transporta 500 borregos, 200

cabras y 150 trabajadores inmigrados [como aún no se decía]. ¿Cuál es la edad del capitán?” ¿Usted sabe? Bien, pues tiene 39 años, porque *va hacia la cuarentena*. Evidente, ¿no? En todo caso, evidente para cualquiera que conozca las epidemias — tifus, peste y cólera— que regularmente desembarcaban en los grandes puertos, y la rigurosa cuarentena que intentaba conjurarlas.

Estoy seguro de que Flaubert hubiera apreciado la gran ironía que, de un sutil juego de palabras, hizo una trivial broma matemática. Como si ese abismo del sentido que es para los profanos el discurso de la ciencia terminara por engullir todo sentido posible... Como si ya no hubiera más razón que la científica, más lógica que la del cálculo... Así, la historia restaurada *ad hoc* de ese capitán viene a recordarnos que no hay comprensión sin entendimiento, ni ciencia sin lengua. O más bien: ni ciencias sin lenguas.

Políglota o afásica, ésta es la elección que espera a la ciencia.

XVI. HABLAR CIENCIA

COMÚNMENTE representan a la ciencia como una actividad dominada por lo escrito, en los artículos y libros que serían la forma acabada de los conocimientos producidos. A lo más se le dará lugar, en una visión un poco más realista, al gesto —el del experimentador sobre los botones o las llaves de sus aparatos, el del teórico que sostiene la pluma, o más a menudo ahora, que teclea su computadora. Así, se supone que la ciencia se obtendría con ayuda de instrumentos y con base en cálculos, luego, se escribiría y se publicaría. En este mundo mudo, los hechos se transmutarían silenciosamente en cifras y letras. Encontrar, sería de inmediato, redactar. Nada más caricaturesco; claro está (bien clara), la ciencia es una gran plática. Se habla en los laboratorios, e incluso mucho, tanto como en otras partes. Que la ciencia tenga que ver (o más bien que escuchar) con el verbo no es sino demasiado evidente, y la presencia del *logos* se marca suficiente dentro de los nombres que la ciencia da a sus diversas divisiones: *biología*, *geología*, *sociología*, etc., sin olvidar la propia *lógica*, están ahí para recordarnos que la ciencia es actividad parlante, puesto que es humana. La sociología de las ciencias contemporáneas demostró muy bien la utilidad, incluso la necesidad, de tomar en cuenta la dimensión de la palabra para comprender el verdadero funcionamiento de la investigación. La audición atenta y el análisis preciso de los intercambios de palabras entre investigadores en un laboratorio muestran la imposibilidad de separar los aspectos “técnicos” (circulación de informaciones, transmisión de conocimientos) y los aspectos “políticos” (posturas de poder, relaciones de fuerza.¹ Y, ciertamente, si la ciencia es actividad social, ¿cómo podría omitir lo que funda la relación social, es decir el intercambio de palabras? Entre la observación o la experimentación al principio, y la teorización, la abstracción al final, por la lengua oral camina y surge el conocimiento: de lo visible a lo legible, vía lo decible.

La dificultad de la investigación científica, el obstáculo para actualizar los conocimientos nuevos, tiene más que ver con la opacidad del espíritu que con la de las cosas. La naturaleza no nos oculta nada; al contrario: muestra todo, a granel. Nosotros somos los que, ante esa exhibición, tenemos mayores problemas para distinguir lo esencial de lo accesorio, para escoger los objetos o los acontecimientos significativos, para *descubrir* orden y sentido. El investigador —¿hemos dicho lo suficiente en qué estado de frustración permanente trabaja?— se topa entonces sin tregua con sus propios límites. Nada más natural entonces que el espejo del otro. Una de las prácticas espontáneas del investigador, cuando no puede avanzar ante una dificultad técnica de su montaje o un error disfrazado de su cálculo, es ir a exponer su problema al colega vecino, *hablarle* de él: la salida de la oficina es la salida de emergencia (en todo caso, el recurso de salida) natural. Hablar de él, ni siquiera necesariamente discutir sobre él. El simple hecho de dirigirse a *otro*, por medio del esfuerzo de explicitación y de convicción

que exige, moviliza más intensamente el pensamiento que la reflexión solitaria, y le permite con frecuencia eliminar sus trabas. Incluso antes de cualquier reacción del interlocutor, que sea aclaradora, crítica o perpleja, a menudo la solución surge “por sí sola”: la palabra exteriorizada regresa a sí misma.

Esta experiencia trivial de la vida común —una cuestión interior encuentra su respuesta en el solo hecho de ser exteriorizada, enunciada en voz alta, dirigida a otro, que aquí sólo sirve de espejo auditivo (“Dime, cariño, ¿no sabes dónde dejé mis llaves? Ah, ya sé, no te preocupes, recuerdo que las dejé en el bolsillo de mi saco azul”)— no es menos común en la práctica científica (“Dime, Pierre, ¿comprendes por qué mi campo magnético dipolar no tiene una divergencia nula en el origen? Ah, ya sé, de hecho existe ese término puntual que siempre se olvida”). Por lo demás, aquí no se trata solamente de la aparición de conocimientos nuevos, sino también del descubrimiento de las fallas obligadas u ocultas del saber. ¿Qué profesor no ha tenido la experiencia, al escucharse durante el curso, hablando incluso de un tema tradicional, de sentir que de repente se inicia una laguna oculta de su propia comprensión? En ese sentido sólo se conoce (más o menos) bien lo que se ha enseñado. La enseñanza oral es un elemento capital de la formación científica profesional: dar cursos, es en primer lugar darse cursos, y si usted no comprende verdaderamente lo que dice, no podrá dejar de leer su insuficiencia en los ojos de sus estudiantes. (Precisamente por eso, la separación de las actividades de enseñanza y de investigación es perjudicial para cada una de ellas; cada científico debería ser a la vez investigador y profesor.) Pero hay más. A diferencia de la formulación escrita, por naturaleza controlada y fija, la expresión hablada da al pensamiento la espontaneidad necesaria para la invención. Sólo el uso de la palabra debilita las resistencias de la convención, y deja aparecer las incorrecciones y los lapsus que permiten al discurso escapar de las limitaciones de formas preestablecidas. Hablar permite la expresión de una creatividad muy superior a lo escrito (obsérvese, por lo demás, la diferencia entre lo activo infinitivo de uno y el participio acabado del otro). No es raro, tanto en ciencia como en otras áreas, hablar antes de pensar; ¡hay que entenderse a sí mismo!

Falta que circule ese conocimiento nuevo aparecido así: no hay más conocimiento científico que el colectivo y, en consecuencia, compartido. El investigador afortunado es el que convence a los demás y los compromete en la vía que ha abierto (no puede haber plagio en ciencia, sólo seguimiento...), pero lo escrito, también aquí, es sumamente insuficiente, ya que fija con demasiada facilidad el pensamiento vivo en fórmulas canónicas y muertas. La retórica oral sigue siendo, pues, desde hace más de dos mil años, una forma superior de la “comunicación” científica, como se dice hoy. La correspondencia privada, la publicación de revistas, la circulación de los tirajes y, hoy, la mensajería electrónica jamás han suplantado a la irreprimible necesidad de hablar. Los congresos y coloquios (y aún más los intercambios de información en el pasillo que las comunicaciones en sesión), los seminarios, las visitas y el teléfono siguen siendo los lugares y medios esenciales, no sólo de la circulación de las informaciones, sino sobre todo del establecimiento de los consensos. ¿No es sumamente significativo que el escrito

fundador de la física en el sentido moderno, el que inaugura verdaderamente la ciencia tal como la conocemos, se titule *Diálogo (sobre los dos grandes sistemas del mundo)*? La utilización de la lengua común y el recurso de la forma más acabada de la retórica (desde Platón) constituyen aquí el genio de Galileo, no menos que (y de manera inseparable de) la importancia y la novedad de sus ideas.² Encontraremos otro ejemplo, reciente, de esa primacía de la palabra en la personalidad y la obra del que fuera uno de los físicos más grandes del siglo XX, Richard Feynman. Su proyección excepcional y su reconocida originalidad se las debía a la potencia y a la libertad de su expresión oral. Sus célebres libros, tanto profesionales como públicos, son casi todos transcripciones de conferencias.³ Una de las múltiples anécdotas del folklore de Feynman (totalmente apócrifo, es verdad) es aquí esclarecedora. Durante un congreso, habiendo anunciado en una brillante exposición un importante e innovador resultado teórico, al final de su conferencia, es interrogado por un colega: “—Pero ¿has demostrado ese resultado? — ¿Por qué tendría que demostrarlo *si sé* que es verdad?”, tal vez replicó. Cómo *decir* mejor (e imponer) la fuerza de la prueba que mediante este juego de palabras —que evidentemente no podría funcionar como un juego de palabras escritas—. Por último, hay ahora un caso paradigmático de esta compulsión de la palabra que, necesariamente, anima al científico: el cosmólogo británico Hawking, clavado en una silla para discapacitados, mudo, paralizado. Ya no puede mover más que un dedo, con el que habla por medio de un teclado, una computadora y una voz electrónica... Figura mítica del investigador, Hawking ya no tiene cuerpo, es puro cerebro (aún natural) y una voz (ya artificial).⁴

En fin, la ciencia posee un rasgo mayor que acaba haciendo de la palabra el medio de comunicación esencial: el carácter condicional de cualquier conocimiento que pueda decirse científico. La enunciación de las condiciones de su validez, o al menos el reconocimiento de su existencia, es una característica necesaria de cualquier aseveración científica. Las “verdades” de la ciencia jamás son absolutas, sino siempre relativas a un conjunto de condiciones. Hay ley o teorema, o incluso observación válida sólo si incluye el *si...* La caída de los cuerpos es un movimiento uniformemente acelerado (escojo de manera deliberada una de las “leyes” más simples de la física) si la resistencia del aire es insignificante, si la altura de la caída es muy corta ante el radio de la Tierra, si la velocidad es baja comparada con la de la luz, etc. Hasta el teorema de Pitágoras sólo es verdadero si el espacio no es curvo (lo que, por otro lado, lo transforma en tautología). Es inútil multiplicar los ejemplos para afirmar que la condición, la reserva, la reticencia son figuras de estilo importantes y constitutivas del discurso científico.⁵ Precisamente porque las ciencias están situadas bajo el imperio universal de la restricción, pueden decirse estrictas (más que exactas). Ahora bien, la expresión escrita de estas condiciones es pesada, torpe, incluso imposible de explicitar: son demasiado numerosas y, por lo demás, están lejos de ser siempre todas conocidas. La escritura conduce entonces a la ciencia a cubrirse de una certidumbre y de una seguridad que casi no le pertenecen propiamente, y que, en forma paradójica, debilitan su alcance, si es verdad que la fuerza de un conocimiento científico viene justo de nuestra capacidad de controlar sus

condiciones de validez. La palabra, en cambio, puede hacer plenamente justicia a la positividad relativa de la ciencia, entre otras cosas porque no se limita a las palabras... Inflexiones de la voz, gestos, mímica, acentos se convierten en elementos de retórica esenciales y adquieren un valor epistemológico fundamental, ya que permiten, y con qué flexibilidad, la expresión de la reserva indispensable que por sí sola da valor y sentido a los enunciados de la ciencia. Éste es el privilegio de la palabra sobre lo escrito: es más fácil escuchar entre palabras que leer entre líneas...

En definitiva, el debate sobre la objetividad de la ciencia, así nos felicitemos por dicha virtud única o nos lamentemos por esa rígida limitación, se ve así algo relativizada. Para quien no se conforma con tomar la ciencia al pie de la letra (escrita), pero entiende (lo que, en buen español, también quiere decir justamente “comprende”) su voz y su subjetividad no se pueden eliminar. Esta esperanza o este temor son muy vanos para la mirada, más bien para la audición, de las múltiples voces en aumento de todos los sujetos de esta ciencia que, si escriben “nosotros”, “se” o “él”, dicen claramente “tú” y “yo”.⁶

Los científicos hablan, pues. Pero, ¿en qué lengua? Con satisfacción o resignación, numerosos son los investigadores que la consideran una lengua universal —aunque se trate menos de la lengua inglesa o incluso estadounidense que de inglés *pidgin*. Pero esta dominación no está tan establecida como parece, ni de hecho ni de derecho. Aun en las disciplinas más duras (perdón, *hard*), tal como la física de punta, si bien la gran mayoría de los investigadores publica en “inglés”, todavía hablan su lengua, incluso en sus laboratorios. En consecuencia, tranquilamente se puede afirmar que la ciencia, en Francia, está hecha de muchas más palabras francesas (habladas) que inglesas (escritas). Que sea necesario recordar esta obviedad muestra hasta qué punto es falso el debate por un grave error de concepción sobre la naturaleza de la investigación científica, identificada con su producto final (las publicaciones) más que con su actividad real.⁷

Ahora bien, esa vitalidad de la lengua natural en la ciencia es útil y fecunda. La ciencia se hace como se habla. Al enunciarse, es decir, al pensarse, en una lengua diferente a la del medio, perdería su arraigo en el piso cultural común y se le privaría *ipso facto* de una fuente esencial, aunque con frecuencia invisible, de su dinámica. Las palabras no son vestimentas neutras para las ideas; a menudo por su juego libre e inesperado se produce la aparición de nuevas ideas. Evidentemente, el empleo de una lengua extranjera sólo puede frenar las asociaciones, incluso los lapsus, fuente de creatividad. Y esto es más real aun si se considera la otra vertiente de la investigación científica, no la de la creación innovadora, sino la de la reflexión crítica. Todos ese indispensable (aunque hoy muy poco favorecido y valorado) trabajo de clasificación, de reestructuración, de reajuste, que permanentemente debe separar lo accesorio de lo esencial, desprender las construcciones sólidas de los andamiajes, clarificar los conocimientos nuevos para que sean comprendidos y transmitidos, ese trabajo es quizá aún más tributario de una lengua rica y dominada. La mayor parte de los científicos se las arreglan para escribir, en inglés, artículos especializados para revistas profesionales; muy pocos escriben textos de reseña crítica, de análisis conceptual, de renovación

pedagógica o de difusión pública, incluso en francés, y *a fortiori* en inglés. Aquí es donde el contexto social, educativo y cultural desempeña un papel mayor e inhibe considerablemente la pertinencia de una traducción mediocre. Téngase en cuenta, por ejemplo, la dificultad para quien, aun sin saberlo, está nutrido por una tradición fundada en Descartes, Comte, Bachelard, etc., de expresar su pensamiento en inglés... Así pues, salvo que nos conformemos con la producción en serie de resultados científicos intercambiables y efímeros, y si queremos conservar para la ciencia la vitalidad de una actividad cultural, la necesaria pluralidad del pensamiento exige la de la lengua.

De manera que tenemos que aceptar, reivindicar y promover, en la ciencia, la multiplicidad de lenguas habladas, aun cuando nos acomodemos a una relativa unificación de la lengua escrita. Y no es cierto que tengamos que abandonar esa lengua que es la nuestra, para hablar —de ciencia— a otros. No hay nada más ridículo —ni más humillante— que, como francés, verse obligado a hablar de física en inglés con colegas italianos o españoles. En todo caso, en el seno del área lingüística romance, basta con un mínimo de atención y de esfuerzo para poder entender al otro, que difícilmente es extranjero (Pierre Achard propuso la idea, a fin de cuentas muy razonable, de considerar todas las lenguas romances como formas dialectales de una misma lengua, ciertamente virtual: el latín moderno). Por lo demás, puede sorprender el hecho de que este punto de vista o, más bien de oído, no esté más extendido. Mucho más allá del problema de la ciencia, ¿no será tiempo de promover un plurilingüismo mínimo: el del escucha? Si bien es difícil hablar (bien) otra lengua, no lo es tanto comprenderla, sobre todo si es cercana. ¡Antes de tener varias lenguas, sería necesario, y fácil, tener varias orejas! Tal vez ésta puede ser una alternativa (no exclusiva) al principio de una lengua común única: cada uno su lengua y la oreja abierta a la de los demás... La idea de incitar a los investigadores franceses a *hablar* su lengua en los coloquios internacionales —que hay que distinguir muy bien del problema de la lengua escrita de las publicaciones—, esa idea ciertamente no merece la irritación o el desdén que ha encontrado en los medios científicos.

Realmente hace falta insistir en este punto, después de todo trivial y que no es específico de la ciencia: el diálogo es la forma misma de cualquier pensamiento que se haga, lo sabemos desde Platón. Es que la ciencia tiene de particular que sus representaciones comunes ocultan con demasiada frecuencia esta trivialidad. No hay nada más cómico e irrisorio al respecto que una secuencia de una película de Hitchcock, *La cortina rasgada*, que, por cierto, no es una de sus obras más importantes. En esta trivial historia de espionaje, una escena presenta una discusión científica en la que dos investigadores, ante un pizarrón, se enfrentan rabiosamente a punta de ecuaciones, arrebatándose cada uno a su vez el gis para cubrir el pizarrón de fórmulas, todo sin pronunciar una sola palabra. Cualquiera que esté habituado al laboratorio sabe que, al contrario, ahí la que manda es la palabra, y que, en las discusiones de trabajo, la escritura, aun en el caso de una ciencia tan formalizada como la física teórica, no desempeña sino un papel ancilar.

Si bien necesariamente esperamos una profunda perspicacia sobre este punto de una película de Hitchcock, no obstante, se puede medir la profundidad del malentendido al

escuchar una voz tan autorizada como la de Gadamer que se refiere a estos lugares comunes. Así, el señor de la hermenéutica declaraba: “El desarrollo de las ciencias en el mundo occidental ha provocado un privilegio prácticamente increíble del monólogo. [...] La ciencia moderna reside en lo siguiente: en ella, el lenguaje se ha vuelto un instrumento. En consecuencia, hace lo contrario de lo que nosotros hacemos cuando nos entretenemos hablando.”⁸ Pero el trabajo del pensamiento y la difícil constitución del conocimiento no pueden hacerse más que en la confrontación, en el intercambio de palabras, en el diálogo, pues, “incluso” en el caso de la ciencia. Lejos de ser un artificio formal que permita la ficción novelesca o la escenificación dramática, el diálogo es un modo efectivo de la ciencia en acto. Por lo tanto no es una simple coincidencia si, mal que le pese a Gadamer, la ciencia contemporánea comienza con el *Diálogo* de Galileo. La fuerza de convicción retórica (el trabajo de propaganda, diría Feyerabend) de ese texto viene precisamente del hecho de que explicita el violento enfrentamiento en el que participa. Galileo no se conforma con enunciar o afirmar su posición; demuestra su eficacia polémica: “el choque de las palabras, el peso de las ideas”. Sabe que la sola verdad no siempre es lo bastante fuerte para vencer, y que más vale organizar uno mismo la batalla que esperar con pasividad la respuesta.

Así que no hay nada de artificial en llevar la ciencia a escena, en teatralizarla; por ello, el motor dramático no sólo tiene que ver con algún enfrentamiento político o altercado sentimental, sino que implica el diálogo mismo en el que se urde la cuestión del saber, el choque y el intercambio de palabras donde nace, confusa y compleja, la ciencia. En el fondo, esto es lo que constituye la grandeza de *La vida de Galileo* de Brecht. En profunda resonancia con su propia causa, Brecht, como Galileo, recurre a un diálogo a la vez mayéutico y polémico. Ampútese la pieza de sus escenas propiamente científicas, aquellas en las que se transmite —o se crea— el conocimiento, la primera, entre Galileo y el joven Andrea Sarti, la escena de trabajo con los cuerpos flotantes entre Galileo y sus asistentes, y no queda sino una alegoría política e ideológica bien intencionada. El diálogo de la ciencia es el que, en la pieza de Brecht, da fuerza y profundidad al diálogo sobre la ciencia. Se podría decir lo mismo de una pieza más reciente que, ciertamente no tiene el mismo alcance. *Las palmas del señor Schutz*, de Jean-Noël Fenwick, no pretende nada más que ser una comedia de boulevard “alegre, tierna y científica”, cuya originalidad es poner en escena a Pierre y Marie Curie. Se puede pensar que el inesperadísimo y excepcional éxito que esta pieza tuvo viene más de su más inesperada seriedad que de su humor, real pero sin sorpresas, seriedad con la cual se tratan las escenas de laboratorio: ahí la ciencia no es un simple pretexto, se dice como se hace.

Aquí traté esencialmente de la lengua sobre todo desde el punto de vista de la comunicación entre científicos, tal como se hace o tal como se representa. Muchas de estas observaciones deberían retomarse y ampliarse para discutir la cuestión cuando por lo menos uno de los interlocutores que “hablan ciencia” no es científico. Estaremos de acuerdo en que no es una situación menos importante a la vista del impacto social de la ciencia contemporánea... Pero tal vez el problema sea entonces menos el de la calidad de

la palabra de los científicos, que el de su capacidad de escuchar a los no-científicos. Si la divulgación tradicional o la mediatización actual de las ciencias en general tienen una eficacia tan baja, ¿no será que responden a interrogaciones que el “público” jamás ha formulado y que no perciben sus cuestionamientos reales, ciertamente poco explícitos y a menudo confusos? ¿Pero a falta de ese esfuerzo previo de escucha, cómo podría ser escuchado el discurso científico? Si se soslaya por mucho tiempo más esta exigencia, la ciencia, que practica tantas experiencias como si fuera dos veces ciega, terminará por trabajar como tres veces sorda.

LA CIENCIA A PRUEBA...

... DEL PENSAMIENTO

XVII. EL MURCIÉLAGO Y LA LECHUZA

PEQUEÑA ESPECTROSCOPIA DE LA FILOSOFÍA DE LAS CIENCIAS

¿QUE SIGNIFICA EL INTERÉS de la filosofía de las ciencias *por la ciencia*? Al reivindicar la especificidad de sus objetivos, esta disciplina debería permitir un encuentro entre la reflexión filosófica y el conocimiento científico en un terreno seguro y señalado, y conducirlos a una fecunda interacción. Al menos es lo que he esperado por mucho tiempo, en todo caso desde que, siendo un joven investigador, las frustraciones del trabajo científico contemporáneo, demasiado especializado y tecnificado, me hicieron investigar, más allá de los límites de mi disciplina, los elementos necesarios para aceptar mejor las ideas y los retos. Necesité mucho tiempo para atreverme a confesar el aumento de esas frustraciones al frecuentar la mayor parte de los textos de la filosofía de las ciencias, al menos, la que se afirma como tal. Así, como en mi práctica de físico teórico me topé naturalmente con los arduos problemas conceptuales de la teoría cuántica o de la cosmología relativista, no encontré, para mi sorpresa decepcionada, ayuda en sus exégesis epistemológicas más conocidas. Es que a menudo provienen más de la justificación *a posteriori* de los enunciados científicos que de su evaluación crítica. Para ayudarme a retrabajar el supuesto “indeterminismo” cuántico, la pretendida “dualidad onda-corpúsculo”, el seudo “origen del universo” y otras ideas al mismo tiempo teóricamente sólidas y conceptualmente frágiles de la física contemporánea, terminé por encontrar un mejor apoyo en los clásicos, Descartes o Kant (vamos, hasta Bachelard...), que entre los epistemólogos contemporáneos en apariencia más al corriente de la ciencia de hoy. Sobre esta paradoja me interrogaré aquí.

NORMAS Y CRITERIOS

Desde hace más de un siglo, digamos desde Comte, parece que la filosofía de las ciencias se ha preocupado por una cuestión nodal: *dar cuenta de la científicidad de las ciencias*. Incluso es lo que podría servirle de definición, si no de justificación. De hecho, se trata de una doble aspiración: *a)* explicitar criterios discriminantes que permitan atribuir la etiqueta “calidad ciencia” a tal o cual forma de conocimiento, procedimiento *a posteriori*; *b)* enunciar normas metodológicas que se impongan a cualquier disciplina que aspire a adquirir esa etiqueta: procedimiento *a priori*.

Pero, tras la visión segura del positivismo comtiano y los tranquilos preceptos del Método según Claude Bernard, mucho éter la pasado por las probetas de los químicos y las ecuaciones de los físicos. Las vicisitudes de la ciencia de hecho no han dejado de

trastornar los principios de la ciencia del derecho. El encadenamiento hipotético-deductivo y la verificación experimental, dos alimentos del conocimiento científico tradicional, no pueden considerarse sus únicas fuentes de validez. Ya Duhem, poco después del enunciado del dogma bernardiano, había mostrado el carácter totalmente relativo de la verificabilidad experimental y, en particular, minado la idea de “experiencia esencial”. Por su aumento siempre imprevisto, los descubrimientos y las controversias científicas —el debate de los energetistas y de los atomistas, los conflictos en torno a la revolución cuántica, las incertidumbres de la evolución darwiniana, etc.— no han dejado de tomar al revés los criterios y las normas enunciados por los metodólogos de toda calaña.

Sin duda sería posible caracterizar la historia de la filosofía de las ciencias desde hace un siglo como la de un debilitamiento continuo de sus pretensiones, y de una diversificación de sus tentativas para paliarlo. Por ello me parece útil proponer una espectroscopia, ciertamente esquemática y polémica, de las estrategias de la filosofía de las ciencias. Si la elección de los autores citados es deliberadamente limitada,¹ es porque se trata más de observar las posturas características desde los diversos ángulos de ataque posibles que de proponer una tipología exhaustiva.

EL ESPECTRO VISIBLE

Comencemos por distinguir en la filosofía de las ciencias explícita la que reivindica su función, sus más notables posiciones actuales; se formulan con bastante naturalidad y volveremos a ello en términos estratégicos.

El repliegue elástico

Siguiendo el camino abierto por Duhem, aquí hay que abandonar cualquier criterio de científicidad demasiado general y rígido que correría el riesgo de invalidarse *de facto* en el momento de la llegada de una joven ciencia irrespetuosa, como lo mostró la física contemporánea, atropellando las viejas categorías de la causalidad y de la espacialidad. Así, se reemplazará, según Popper, la verificabilidad por la refutabilidad: si no se sabe qué debe ser la ciencia, al menos se puede pretender saber qué es lo que no debe ser. Esos criterios negativos y relativos presentan ciertamente una mayor flexibilidad, pero su eficacia a fin de cuentas no es mejor. Es que, si no hay experiencia esencial positiva para validar una teoría científica, tampoco la hay negativa para invalidarla de manera redhibitoria: siempre se pueden “guardar las apariencias” añadiendo hipótesis *ad hoc*, o simplemente, rechazando la experiencia molesta; en todo contexto teórico, es por lo demás indispensable ocultar así algunos hechos impertinentes con o (¿y?) sin razón. Además, la estrategia popperiana, detrás de su apariencia liberal, de hecho respondía a un objetivo más político que epistemológico: descartar, de manera radical, las pretensiones científicas del marxismo así como del psicoanálisis, y preservar lo bueno de las verdaderas ciencias de lo malo (y la ebriedad) de las falsas. Entonces, la paradoja es que esa metodología, muy débil, lo hemos dicho, para asentar sin ambigüedad los

fundamentos de las “buenas” ciencias, es al mismo tiempo demasiado fuerte para separarlas de las otras: si bien es cierto que, para las normas popperianas, Freud y Marx no tienen el peso requerido, tampoco es seguro que Galileo y Harvey, o Darwin y Einstein, tengan más peso, como lo mostró Feyerabend.

La diversión

Como no se puede llegar a una definición válida y discriminante de la naturaleza del conocimiento científico a partir de sus representaciones internas, es tentador tomar distancia. Los antiguos y profundos lazos de la reflexión filosófica y del estudio histórico hacen que fácilmente se deje el terreno de la ciencia que se hace, para un estudio recurrente de la que se ha hecho: pasar de la filosofía de las ciencias a su historia. Hemos llegado entonces a proponer conceptos muy generales y tanto más difíciles de evaluar cuanto más vagos son: es el caso de la noción de “paradigma” en Kuhn, o de su dicotomía entre “ciencia normal” y “ciencia revolucionaria”. Estos análisis, si bien a menudo proporcionan una útil y pertinente descripción de los episodios anteriores (la revolución copernicana, por ejemplo), finalmente son poco esclarecedores para el periodo contemporáneo. Es que, a fin de cuentas, “ciencia normal” y “ciencia revolucionaria” sólo pueden distinguirse desde una mirada retrospectiva, capaz de una apreciación informada *a posteriori*. En el seno de la ciencia en desarrollo, complejos procesos de reestructuración continua y de aparentes, pero quizá superficiales discontinuidades, casi no permiten el ejercicio de un juicio crítico fundado en categorías a fin de cuentas demasiado generales para tomar en consideración la extrema diversidad de la noción misma de ciencia según el contexto histórico. Estas observaciones no se limitan a las ideas de T. Kuhn, sino que también son válidas para la obra de un G. Holton, por ejemplo, cuyo concepto maestro es el de los *themata*, los grandes principios organizadores de pensamiento que articularían determinado desarrollo científico (e incluso toda la obra de ese sabio) con un contexto cultural más amplio. Este punto de vista tiene la virtud de extender la mirada sobre las ciencias más allá de sus límites demasiado aparentes y con frecuencia falaces, pero su propia generalidad lo hace más descriptivo que operativo. El desplazamiento de la filosofía de las ciencias a su historia, por interesante que sea, sigue siendo un simple ir, sin regreso efectivo hacia una intervención filosófica *activa* en el centro de la práctica científica *actual*.

El avasallamiento

La filosofía de las ciencias puede entonces decidir penetrar, y tratar de ejercer en principio su función reflexiva y crítica en el seno de la ciencia. Con este fin, requiere primero asimilar la sustancia misma de la ciencia y retomar su discurso, con la idea de que, informado por el análisis filosófico, se hará más coherente, más sólido, más válido —más científico, en pocas palabras— que el enunciado espontáneo de la ciencia por parte de los propios sabios. Así, apoyándose en la autoridad de la ciencia, cierta filosofía de las ciencias quiere hacerse oír y, si es posible, influir en el proceso del saber. De esa

estrategia del *If you can't beat them, join them*, encontramos un ejemplo característico en la obra de Bachelard. Se explica claramente en la introducción de *La actividad racionalista de la física contemporánea*, subtitulada programáticamente “Las tareas de la filosofía de las ciencias”. Se trata de una defensa e ilustración sin reserva alguna del trabajo de la ciencia, hasta en sus aspectos modernos más problemáticos, como la especialización a ultranza. De la falsa modestia: “Queremos limitarnos a la humilde tarea del filósofo”, a la prevención contra los malos espíritus “El hombre ya no puede aceptar que el problema de los valores de la ciencia se plantee desde afuera” (es verdad que así era hace cerca de medio siglo, pero de todos modos...), llegamos a la ciega apología: “A veces, entre los sabios entregados a las investigaciones más raras, las más abstractas es donde se encuentra la mayor libertad de espíritu respecto de las bases filosóficas más generales” —lo cual no es verdad, ni particularmente loable, por lo demás—. Ciertamente, Bachelard aprovecha su posición filosófica y su real cultura científica para hacer frente, de manera más eficaz que los propios científicos, a las críticas epistemológicas retrógradas, por ejemplo, las de los adversarios de la teoría cuántica. Pero, al querer convertirse así en el mejor exegeta del discurso científico, Bachelard termina por ser su portavoz. Como amigo demasiado complaciente de la ciencia, se niega a sí mismo cualquier intervención crítica que permita disipar la confusión de su discurso. Es instructivo ver cómo su defensa e ilustración de las tesis cuánticas le impide proceder a la decantación epistemológica que se hubiera podido esperar de él sobre nociones y términos como los de indeterminismo, incertidumbre o dualidad onda-corpúsculo. Queriendo a toda costa permanecer en contacto con la ciencia en desarrollo, uno se ve obligado a sujetarse a ella, y la colaboración se vuelve avasallamiento.

El giro

Para ir más lejos, uno puede llegar a un verdadero abandono del puesto. Al dejar de creer en una posible autonomía de la filosofía de las ciencias, subordinará a las reglas de funcionamiento de la propia ciencia cualquier análisis filosófico de ese funcionamiento. Que ese punto de vista sea, espontáneamente, el de numerosos científicos para los cuales no puede haber debate filosófico *sobre* la ciencia, sino sólo *bajo* ella, nos atrevemos a decir, y para quienes cualquier metadiscurso que trate de la ciencia es por esencia inválido, es algo que sabemos desde hace mucho tiempo; excelentes biólogos ofrecen hoy ejemplos tan ingenuos como dogmáticos de ello. Pero es más extraño ver a los filósofos pasar con armas y equipaje a las posiciones mismas que uno quisiera verlos estudiar y, tal vez, modificar. Un ejemplo interesante, por estar fundado en un conocimiento serio de las ciencias, es la tentativa algo desmesurada de un Bunge por fundar una “filosofía exacta”, que se base en una axiomatización que desmarque estrechamente la de la matemática al modo de Bourbaki. La filosofía de las ciencias se transforma así en una ciencia de la filosofía, que produce una ontología, una metafísica, una ética, una gnoseología “rigurosas” que, a cambio, permitirán el análisis del conocimiento científico. Podemos adivinar los vicios que este círculo entraña. Una ilustración más caricaturesca

de esta posición, más representativa, lamentablemente, de corrientes futuras la proporciona un texto de Plotkin intitulado “Hacia una epistemología evolutiva”, en el que se puede leer lo siguiente:

La epistemología se ha vuelto un hecho destacado en ciencia: *aquella se hace ciencia*. La ciencia ha dado un gran paso adelante desde que comprendió que el propio conocimiento era un problema, en particular para la biología de la evolución. De ahí las ciencias cognitivas, las investigaciones en inteligencia artificial, los diferentes aspectos de la psicología, y sobre todo las neurociencias. Ya hace 2000 años que los filósofos hacen epistemología. Se acabó. De aquí a unos 100 años, los filósofos ya no tratarán sino algunos problemas periféricos como la ética.

¿Cabe algún comentario?

La guerrilla

De manera opuesta, llegando al extremo de una crítica del proyecto metodológico y sacando las conclusiones del debilitamiento aparentemente sin límites de cualquier normatividad, incluso negativa, se puede renunciar a la posibilidad de una definición o de una representación coherentes de la ciencia por medio de una filosofía de las ciencias autónoma, sin que por ello se abandone la exigencia reflexiva o crítica. El formidable estado de hecho que constituye hoy la ciencia, no obliga a aceptarlo como válido de derecho. Su actual predominio sobre cualquier forma de pensamiento y de conocimiento exige más que nunca una vigilancia sin concesiones. Pero ¿cómo adoptar esa actitud, justamente a falta de un pedestal sólido a partir del cual se ejerza la crítica? Más que a una estrategia de enfrentamiento en la que no se ve en nombre de qué valores se podría ejercer —sino de dudosos y arcaicos sincretismos o espiritualismos llenos de riesgos más graves aún—, Feyerabend, como un nuevo cínico, nos invita a una permanente guerrilla. Ya los títulos de sus obras, *Contra el método* y *Adiós a la razón*, ilustran la corrosiva y saludable ironía con la que desinfla los mitos de autocelebración de la ciencia y mina los sistemas de valores supuestamente contruidos sobre ella. A la compunción solemne de los conocimientos establecidos, opone la alegre incertidumbre de un cuestionamiento permanente. La filosofía de las ciencias adopta aquí una total negatividad, sin mantener la ilusión de imponer una regla cualquiera a la ciencia, ni siquiera de dar cuenta de ella en nombre de una metateoría globalizadora. Posición incómoda para quien, insatisfecho con las certidumbres de la ciencia, busque otras en su filosofía, pero cuán gratificante para quien, en el ejercicio del pensamiento, prefiere que sea filosófica o científica la apertura de las preguntas al cierre de las respuestas.

EL ESPECTRO INVISIBLE

La luz visible sólo corresponde, hoy lo sabemos, a una zona bastante estrecha del espectro electromagnético. Y su descripción sigue siendo incompleta si, a la lista de sus colores, no se añaden las dos zonas invisibles que las rodean: el infrarrojo y el ultravioleta, el hecho de que no sean directamente perceptibles para el ojo no quiere decir

que no existan y, por lo demás, tienen efectos fisiológicos —distintos a los visuales— considerables. De igual manera, hoy es útil, me parece, indicar cómo dos miradas a la ciencia, ajenas propiamente hablando a la filosofía de las ciencias como disciplina, vienen, no obstante, a prolongar útilmente y ofrecerle dos estrategias de respuesta.

El cerco

Una primera posibilidad es situar deliberadamente el análisis en la modernidad de la ciencia, pero guardando la distancia en relación con una definición estrechamente gnoseológica. La ciencia se puede abordar desde el exterior, como una actividad social y cultural desconocida, y estudiarla al igual que las actividades de una tribu extranjera. Así, se despliega una sociología, o incluso una antropología de las ciencias (Bloor, Collins, Latour, Woolgar, etc.) que aspira a describir y comprender lo que pasa *verdaderamente* en los laboratorios, más allá de las producciones finales elaboradas que son los resultados experimentales y los conceptos teóricos. A estas aproximaciones les debemos el hecho de aclarar considerablemente la manera en que las relaciones sociales en la institución científica condicionan sus actividades aparentemente más separadas de las contingencias sociopolíticas: la aparición de conocimientos nuevos *también* pasa por conflictos de poder, determinaciones institucionales, posturas mediáticas, etc. Si semejante análisis está evidentemente en el límite extremo de la filosofía de las ciencias propiamente dicho, no obstante, no puede desprenderse de ella en la medida en que es su desenlace natural y comparte el mismo presupuesto, a saber: que las ciencias constituyen por sí mismas un objeto de estudio bastante bien definido y portador de especificidades constitutivas. Pero, desde luego, esta aproximación deja deliberadamente de lado la cuestión de la validez (no digamos de la verdad) de los conocimientos científicos. El propio enunciado de su “programa fuerte” (Bloor) es considerar de igual modo cualquier discurso de conocimiento, sin querer tratar sus criterios internos de validación. Así, la astrología y la astronomía no se distinguirán más que por sus formas de integración culturales, sus papeles sociales, sus modos de organización, etc. Esta estrategia de *containment* contribuye eficazmente a criticar las pretensiones imperialistas y las reivindicaciones territoriales de la ciencia constituida, pero a fin de cuentas se prohíbe ponerla en tela de juicio dentro de su ámbito de autoridad. Como no hay interés en la elaboración de las ideas, como soslaya el trabajo del concepto, deja desocupado el terreno de la crítica del conocimiento científico en cuanto tal.

La infiltración

Existe una vía más, a la vez antigua y desconocida, para tener un discurso pertinente sobre la ciencia. Es la de la ficción. ¿Quién podría negar que la verdad de las acciones y pasiones humanas, desde siempre, nos la dan esas historias que nos transmitimos y enriquecemos desde hace milenios? ¿Qué sería de la filosofía si no hubiera, en primer lugar, literatura? ¿Dónde aprendemos a comprender el poder, el amor, la violencia, si no en las novelas, las tragedias y las comedias, los poemas? ¿Se escribirían solamente

ensayos teóricos, sin ese inmenso tejido de narraciones que da la materia experimental? ¿Por qué, entonces, la ciencia podría escapar de derecho a la empresa de una ficción que hay que entender en el sentido etimológico del “hacer”, sobreentendido: un modelo, una representación más verdadera que natural?² Es evidente que no se trata de la tan mal denominada ciencia-ficción, género algo fijo y sin duda demasiado adherido a la ciencia para percibirla y en consecuencia mostrarla de manera adecuada. Tenemos que afirmar que la literatura, en sentido pleno, es la que tiene la capacidad de asirse de la ciencia, como de todos los otros elementos de nuestra vida, para interrogarnos sobre su sentido. Desde luego, también aquí nos encontramos más allá de la filosofía de las ciencias propiamente dicha. Pero, así como no habría filosofía sin literatura, no hay reflexión sin imaginación, se trata justamente de afirmar que, para pensar la ciencia hoy, también hay que poder contarla. Esta estrategia de infiltración, espontánea e incontrolada, puede hacer un juego útil a la, deliberada e institucionalizada, de la sociología de las ciencias. Por poco numerosas que sean hoy las obras en las que la ficción literaria nos remite a la obra de la ciencia, en todo caso hay que reconocer que la ficción novelesca puede sustituir con eficacia al ensayo filosófico.³ Precisamente porque desborda de manera irresistible el marco de la epistemología, la literatura puede aportarle una contribución mayor y renovarla con fortuna.

TUTELA E INDEPENDENCIA

El análisis espectroscópico de la filosofía de las ciencias propuesto aquí es, desde luego, tan sumario como la descripción newtoniana, por más científica que sea, del espectro de colores de la luz blanca. Su división en siete colores es igualmente arbitraria y hace poco caso de los matices. La lista de estrategias identificadas aquí no describe mejor la filosofía de las ciencias contemporáneas de lo que los “siete colores del arco iris”, tan abusivamente denominados e incluso enumerados, describen el espectro luminoso, pero sin duda no menos. Esta tipología esquemática ofrece al menos un punto de partida para la discusión. Sólo hace falta explicar la metáfora guerrera utilizada en forma deliberada al discutir las actitudes de la filosofía de las ciencias como *estrategias*. La hipótesis subyacente es la que la filosofía de las ciencias, desde el momento en que se piensa y se considera como tal, es claramente una reacción polémica de la filosofía contra la ciencia, que se percibe como conquistadora, incluso usurpadora, en todo caso como amenaza, a la primacía de la filosofía en cuanto al discurso sobre el mundo. Con mayor precisión, se trataría de una reacción a la separación y a la autonomización de lo que, después de todo, durante un tiempo se llamó “filosofía natural”. La filosofía de las ciencias expresaría el deseo de la filosofía de recuperar su “tutela” sobre la ciencia (R. - P. Droit), imponiéndole normas o, al menos, enunciándolas. Por otra parte, observemos que, casi siempre, la filosofía de las ciencias, como tal, trata las ciencias (llamadas) exactas o naturales, justo las que están más profundamente emancipadas, por medio del enunciado de sus preguntas y los instrumentos de sus investigaciones, de la busca filosófica general. La paradoja es que, dentro de la nostalgia de esa tutela, ahora imposible, sobre las ciencias, la filosofía de las ciencias termina por situarse a sí misma bajo una tutela

invertida. Y cuando la reflexión filosófica se refiere a las ciencias sociales y humanas, que todavía no están tan alejadas, casi no experimenta la necesidad de decirse filosofía “de las ciencias”. Filosofía en el sentido pleno de la palabra, no tiene sino más capacidades para, con simpatía, esclarecer sus disciplinas e intervenir en ellas. Para apoyar esta aserción basta con recordar toda la obra de Foucault.

Así, la filosofía de las ciencias cae sin remedio posible dentro del juicio de Marx en la más famosa de su tesis sobre Feuerbach. “Hasta ahora, los filósofos [¿de las ciencias?] no han hecho sino interpretar el mundo [¿de las ciencias?], sin embargo, el problema es transformarlo.” Es que hoy la tecnociencia es demasiado poderosa para que una filosofía de las ciencias, en el sentido estricto y específico, pueda disponer del mínimo de independencia que le permita tener influencia en el desarrollo tecnocientífico, ya sea desde el ángulo epistemológico, sea político o ético. Por otra parte, se ha vuelto muy dudoso que la ciencia, o incluso las ciencias, pueda(n) en sí misma(s) ser objeto(s) de una disciplina particular de la filosofía. Ahora que ya no podemos considerar la investigación científica como una pura y abstracta actividad de conocimiento, sus inseparables dimensiones social y política ¿no conducen a cuestionar la legitimidad de una filosofía de las ciencias *stricto sensu* y, por lo menos, su pertinencia? Desde luego, la investigación científica no puede sino cruzar los caminos de la reflexión filosófica, en el dilema de las nociones generales que trabajan (el espacio, el tiempo la materia, la vida) o que las trabajan (el conocimiento, el poder). Pero lo que hoy necesitamos es una mirada al mismo tiempo independiente e informada de la filosofía, en el sentido pleno del término, sobre las ciencias.

Ahora, tiendo a pensar la filosofía de las ciencias como al murciélago de la fábula que se creía pájaro por sus alas y mamífero por su pelo. Al querer jugar demasiado con su doble pertenencia, ese animal incierto corre el peligro de perder su interés filosófico y su pertinencia científica. Permítaseme preferir, en el momento en que la Ilustración vacila, la lechuza de Atenea.

BIBLIOGRAFÍA

Bachelard. Gaston, *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*, Vrin, 1973; *Le nouvel esprit scientifique*, PUF, 1986; *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, PUF, 1965.

Bloor, David, *La sociologie de la logique*, Pandore, 1982.

Bunge, Mario, *Philosophie, de la physique*, Le Seuil, 1975; *Épistémologie*, Maloine, 1983.

Chalmers, Alan F., *Qu'est-ce que la science?*, La Découverte, 1988. Colectivo, *La science telle qu'elle se fait*, Pandore, 1982; *Les scientifiques et leurs alliés*, Pandore, 1984.

Colectivo, dirigido por I. Stengers, *d'une science à l'autre*, Le Seuil, 1987.

Collins Harry, y Trevor Pynch, *Tout ce que vous devriez savoir sur la science*, Le Seuil,

1994.

Feyerabend, Paul, *Contre la méthode*, Le Seuil, 1979; *Adieu la Raison*, Le Seuil, 1989; *Dialogues sur la connaissance*, Le Seuil, 1996.

Holton, Gerald, *L'imagination scientifique*, Gallimard, 1981; *L'invention scientifique*, PUF, 1982.

Kuhn, Thomas, *La structure des révolutions scientifiques*, Flammarion, 1983; *La estructura de las revoluciones científicas*, FCE, 1972; *La tensión essentielle*, Gallimard, 1990; *La tensión esencial*, FCE, 1982.

Lakatos, Imre, *Preuves et réfutations*, Hermann, 1984.

Latour, Bruno, *La vie de laboratoire*, La Découverte, 1988; *La science en action*, La Découverte, 1989; *Petites leçons de sociologie des sciences*, Le Seuil, 1996.

Popper, Karl, *La logique de la découverte scientifique*, Payot, 1982; *Conjectures et réfutations*, Payot, 1985; *Le réalisme et la science*, Hermann, 1989; véase también el número especial dedicado a K. Popper por la revista *Fundamenta Scientiae*, vol. 3, nº 1, 1982.

Stengers, Isabelle y Judith Schlanger, *Les concepts scientifiques*, La Découverte, 1989.

XVIII. PRÁCTICAS DEL INFINITO

EL INFINITO EN LA FÍSICA

PARA JUSTIFICAR LA PRETENSIÓN de un físico de tratar el infinito —privilegio que podría parecer reservado al matemático y al filósofo—, ¿es necesario recordar que el pensamiento físico tiene, desde hace mucho tiempo, relación con el infinito? Arquímedes (¿el primer físico?) y más tarde Galileo, que le dedica numerosas páginas de los *Discorsi*.¹ ofrecen dos ejemplos entre otros de una reflexión fundamental sobre la naturaleza del infinito, a partir de las preocupaciones del físico relativas a una realidad material, cuyas apariencias, no obstante, provienen de lo finito. Sin embargo, muy a menudo recibimos la idea de que el infinito no debería formar parte integrante del arsenal conceptual de la física puesto que tampoco “lo hay en la naturaleza”. Se supone que la aparición del infinito en una teoría física señalaría entonces, si no un fracaso, al menos una extrapolación arriesgada y tal vez abusiva de su validez. Ciertamente se puede objetar al estrecho empirismo de este argumento que *hay* infinito en la realidad, ¡porque en nuestras cabezas hay partes integrantes de la realidad! Sin detenernos a mostrar que esta observación es mucho más que una simple ocurrencia, propongamos un silogismo elemental pero irrefutable: no hay matemáticas sin infinito, no hay física sin matemática, la condición se impone. De hecho, las matemáticas tienen para la física una función propiamente constitutiva, mucho más allá del simple papel instrumental o formal al cual se les reduce con demasiada frecuencia: ni instrumento ni lenguaje, sino pensamiento en acto.² Así no se ve cómo, con el pretexto falaz de que se ocupa de lo real, la física podría escapar del infinito. Falta examinar las formas específicas bajo las cuales lo practica.

La física, en cuanto ciencia, construye *teorías*: no simples y planos modelos de la realidad, sino construcciones abstractas, aproximaciones elaboradas. Sus conceptos no se conforman con demarcar las propiedades de lo real que nos dan a comprender. Están tanto más alejados cuanto más generales y más profundos son. El concepto de perro no ladra, que no quita la posibilidad de aplicarlo a determinado cánido en particular. Asimismo, a los ojos del físico, el infinito no se descalifica *a priori*, por no ser inmediatamente sensible ni directamente mensurable. Por lo demás, si reflexionamos bien, el infinito, en cuanto número, ¿es tanto menos concreto o tanto menos físico que “dos”, por ejemplo? Después de todo, ¿quién ha percibido o medido “dos”? Yo puedo ver dos manzanas, dos puntos, medir dos metros, dos horas, etc. ¿pero cómo aprehender “dos”? Pese a su familiaridad, éste es un concepto muy abstracto que se basa en una doble idealización: hay que *hacer caso omiso*, por una parte, de las singulares diferencias irreductibles entre esas dos manzanas, esos dos puntos, y por otra, de la diferencia de

naturaleza entre los pares de manzanas, de puntos, etc. El concepto del número “dos” radica, pues, en la supuesta identidad de los objetos de un par y en una (la) característica común a todos los pares.³ La simple idea de número entero se muestra tan elaborada y tan rica en relación con la experiencia inmediata, que la idea de número infinito en el fondo no pide más que un paso suplementario bastante modesto. Por otra parte, pese al ingenuo malestar epistemológico que invade a algunos físicos ante la idea del infinito, la práctica primera más trivial de la física, la de la medida, le da, no obstante, un lugar efectivo. En efecto, existen muchos aparatos de medición, de uso absolutamente común, cuya gradación muestra de manera explícita el signo “ ∞ ”, es el caso de los ohmímetros, de los telémetros (véase, por ejemplo, la escala para enfocar cualquier objetivo fotográfico). Desde luego, este valor “numérico”, cuando se obtiene como resultado de una medida experimental concreta de resistencia o de distancia, se interpreta como un valor aproximado. Pero ¿lo es más, o de manera diferente, que un valor de 5 ohmios o de 2 metros?

Sin embargo, aquí no se tratará de una reflexión metafísica sobre la naturaleza del infinito, sino de una indagación empírica sobre su función en la física tal como se practica. Efectivamente, hay infinito, e incluso mucho, en la física, incluyendo la más común. Se pueden distinguir dos modos de intervención. En primer lugar, se encuentra un infinito “cardinal”. Se presenta cuando tratamos con conjuntos infinitos de objetos, de conceptos o de tamaños. El ejemplo más frecuente es el conjunto de los puntos de una recta o de un segmento o, lo que es lo mismo, el conjunto de los números reales. La trivialidad del recurso de estas nociones no debe disfrazar la vigorosa refutación práctica de las posiciones empíricas vulgares que subyacen en él. Si, en efecto, la prohibición (que formulaba el dogma neopositivista) de introducir en la teoría cualquier concepto que no fuera “directamente mensurable” se tomara en serio, el físico debería renunciar tal vez a los números enteros ya (véase *supra*), en todo caso a los números reales, ya que la infinitud de sus decimales los pone fuera de la experiencia directa. Debería utilizar sólo decimales finitos y no considerar $\sqrt{2}$, ni π , ni e , etc. como “números verdaderos”, mejor aún, racionales en desarrollo decimal infinito, tales como $1/3 = 0.33333\dots$ o $1/7 = 0.142857142857142\dots$ que se volverían sospechosos. Cualquier medida que sólo proporcione un valor numérico decimal finito se manchará con una incertidumbre decimal finita, sólo los intervalos de decimales finitos podrían pretender ser considerados como los “números” de una teoría física “directamente” vinculada con los resultados experimentales. Por ello, se volvería caduco todo el arsenal de la teoría de las funciones de variable real (continuidad, diferenciabilidad, etc.). ¿Qué físico estaría listo para hacer un sacrificio tal y para enfrentarse a la tarea de una completa reconstrucción teórica finitista de tipo intuicionista? Todavía se puede argumentar que los números reales vienen a llenar de manera muy agradable y, a fin de cuentas, “natural”, las lagunas de los números racionales, que le proporcionan una extensión razonable, y que la distancia entre el uso empírico de los números racionales (de desarrollo decimal finito o periódico) y la abstracción teórica de los números reales (de desarrollo infinito) no es tan considerable que, en principio, no pueda superarse mediante esa reconstrucción. Pero los físicos

utilizan sin vergüenza la cardinalidad infinita en situaciones mucho más elaboradas. Considérense por ejemplo las funciones analíticas, *infinitamente* derivables, y en lo absurdo de cualquier aproximación empírica a una noción así: ¿cómo distinguir “experimentalmente” entre una función tres veces derivable y una función infinitamente derivable?⁴ No obstante, esta utilización del infinito, por masiva y ubicua que sea, no derivará nuestra atención.

Analizaremos otro modo de intervención del infinito, de tipo ordinal, y que plantea cuestiones tal vez aún más vivas. Ya no se trata de la infinitud de un conjunto de entidades conceptuales o de dimensiones físicas, sino de los valores numéricos mismos de tales dimensiones —energía, velocidad, número de partículas, etc.—. Las prácticas experimentales atribuyen valores numéricos, mensurables, usualmente finitos a estas dimensiones. Pero el teórico, a menudo, hace que dichas dimensiones “tiendan al infinito”. Incluso, a veces, lo hemos subrayado, el propio aparato experimental proporciona un valor (aproximado) infinito. ¿Cuáles son, pues, el sentido y el interés de la atribución de un valor infinito a una dimensión física? ¿Por qué y cómo puede afirmar el físico, con qué derecho y con qué fines, que esa velocidad, esa energía, esa resistencia “vale” infinito? Si nos inclinamos hacia situaciones concretas, en las que la física recorre el infinito, se pueden distinguir tres tipos. El infinito (ordinal) puede surgir como problema, como método, como solución.

EL INFINITO COMO PROBLEMA

El modo problemático es el más conocido, si no el más común, bajo el cual surge el infinito en física; subyace ahí la concepción ordinaria del infinito como enfermedad de la teoría, que se debe eliminar desde el momento en que se manifiesta. En efecto, sucede que, tratando de determinar el valor numérico de una dimensión física, al terminar un cálculo el físico obtiene, para su gran decepción, un resultado infinito. Demos dos ejemplos.

La irradiación del cuerpo negro

Esta terminología un poco esotérica pero convenida abarca lo que debería llamarse más explícita y sobriamente “irradiación electromagnética de equilibrio térmico”. De hecho se trata de explicar el fenómeno, conocido desde siempre, de la emisión de la luz por parte de un cuerpo llevado a altas temperaturas: ¿por qué un hierro calentado en la fragua o el filamento de una lámpara incandescente se pone rojo y, más tarde, cuando la temperatura aumenta, amarillo? El mecanismo básico es simple: la expansión electromagnética se emite cuando partículas eléctricamente cargadas se aceleran; ahora bien, el aumento de la temperatura de un cuerpo corresponde a un crecimiento de la agitación de sus átomos, y las partículas cargadas (electrones) que los constituyen, aceleradas así, emiten una irradiación electromagnética de una frecuencia cada vez mayor. Para calcular con más precisión las características de esa irradiación, es decir la repartición de la energía irradiada en función de la frecuencia (la densidad espectral de

energía) a una temperatura dada, hay que emplear los conceptos de la termodinámica estadística que permiten evaluar las condiciones de equilibrio entre la irradiación y la materia que la emite y la reabsorbe permanentemente. Así, la termodinámica clásica, a fines del siglo XIX, da una respuesta: la ley de Rayleigh-Jeans. Ahí la densidad espectral es una función creciente de la frecuencia. Ahora bien, ésta es una respuesta inaceptable puesto que implica que la energía total irradiada en todas las frecuencias, sea aún la integral de la densidad espectral, representada por el área total comprendida entre su grafo y el eje de las frecuencias, es *infinita*.⁵ Desde luego, en la realidad un cuerpo dado no irradia, en cada temperatura, más que una cantidad finita de energía, por lo demás ya empíricamente conocida en la época (ley de Stefan). Esta paradoja representa un fracaso mayor de la teoría clásica. Estuvo en el origen de la hipótesis casi desesperada de Planck, al principio de apariencia bastante arbitraria. Suponiendo que la energía no podría intercambiarse entre irradiación y materia más que de manera discontinua, por cantidades bien definidas —los *cuanta*—, termina en efecto en una nueva ley de repartición. Esta ley de Planck evitaba la divergencia en el caso de las altas frecuencias, daba una cantidad de energía total, esta vez finita, conforme a la ley de Stefan y, de acuerdo con todos los datos experimentales. Aquí, el infinito inaceptable del resultado teórico fue el síntoma, masivo, del fracaso de la teoría clásica, y desencadenó el descubrimiento de la teoría cuántica. Otra de las fuentes de la teoría cuántica presenta caracteres muy similares: se trata del problema de la estabilidad de los átomos. En mecánica clásica, en efecto, la energía de un sistema de partículas cargadas que interactúan por las puras fuerzas electromagnéticas no se limita inferiormente. Un sistema así podría, pues, perder indefinidamente energía por la irradiación electromagnética, y emitir una cantidad infinita, lo cual es físicamente absurdo. La teoría cuántica que, gracias al desplazamiento de los electrones, impide su caída en el pozo de potencial coulombiano sin fondo, asegura la estabilización de los átomos y de las moléculas.

La regulación en teoría cuántica de los campos

La física de las partículas e interacciones fundamentales estudia las reacciones y los complicadísimos procesos de aparición o desaparición de constituyentes cuánticos de la materia: el número de las partículas no permanece constante durante tal proceso, la energía cinética de unas puede transformarse en energía de masa de las otras. La teoría que da cuenta de ello, llamada teoría cuántica de los campos, utiliza objetos matemáticos complicados y mal dominados (operadores no limitados, ecuaciones no lineales, etc.). Elaborada en detalle durante los decenios 1930 y 1940 para el caso más simple, el de las interacciones entre los electrones y los fotones, esta teoría, denominada electrodinámica cuántica, los primeros resultados que daba eran poco gratos: el cálculo de la probabilidad de interacción de dos electrones (sección eficaz), o del momento magnético de un electrón, proporcionaba valores *infinitos*. Sin embargo, el problema planteado por esas “divergencias” pudo resolverse de manera elegante y profunda. En el decenio de 1940, Kramers hizo notar que, hasta el momento, los cálculos se habían llevado utilizando

como parámetro la masa del electrón, tal como se introducía inicialmente en las ecuaciones; pero el mismo argumento, según el cual la interacción del electrón con su campo modificaba su momento magnético, permitía comprender que su masa también estaba sujeta a una modificación de la misma naturaleza. Dicho de otro modo, la masa introducida en las ecuaciones al principio era la masa “desnuda” de un electrón hipotéticamente sin interacciones; éstas, al cubrir al electrón de un campo electromagnético (fotones), modificaban su energía propia, es decir, su masa. Ahora bien, el cálculo de esta masa efectiva, llamada *vestida*, a partir de la masa desnuda, daba también un resultado infinito. ¡Nuevo problema... y resolución del anterior! Si, en efecto, la teoría se reformula de manera que los resultados finales se expresen en términos de la masa del electrón vestido, es decir, de su masa física, la que se observa y mide efectivamente, los infinitos se compensan; entonces, los resultados son finitos y en notable acuerdo con la experiencia. Este procedimiento, llamado regulación, pudo aparecer un tiempo como una charlatanería, una sustracción de infinitos ambigua y matemáticamente mal definida. Hoy sabemos darle una formulación rigurosa.⁶ La idea de regulación ha tenido una fortuna considerable, y se ha extendido de la teoría cuántica de los campos a la física estadística, donde subyace la teoría moderna de las transiciones de fase y de los fenómenos críticos. Contrariamente al caso anterior, la crisis debida al surgimiento del infinito se resuelve aquí, no por medio de la reversión radical de la teoría, sino por su reformulación y su profundización.

En los dos casos citados, es esencial notar que la aparición del infinito tuvo la virtud de plantear un problema grave, *por lo tanto* interesante. Si, en electrodinámica cuántica, por ejemplo, el cálculo de la masa vestida había proporcionado como resultado 23.14069 veces (o cualquier otro número finito) el valor de la masa desnuda, el problema no habría mostrado más que un interés limitado. Lo infinito en cambio, señala una dificultad conceptual profunda. Lejos de deplorar el surgimiento de este síntoma de crisis, el físico no puede sino regocijarse, ya que así es como aparece explícitamente el germen de una novedad radical. Nada causa más regocijo que hacer caer en falta las ideas admitidas, ¡y qué falta más hermosa que un infinito, repleto de muchos desarrollos posteriores! Es un caso mucho más interesante que aquel en el que los límites de validez de una teoría dominante se señalan con insidiosas desincronizaciones de cortas diferencias numéricas. Un ejemplo de esta última situación lo proporciona la teoría clásica (newtoniana) de la gravitación que, hacia fines del siglo XIX, se topa con *pequeños* desacuerdos con la observación: así el perihelio de la órbita de Mercurio mostraba un movimiento residual de aproximadamente 40 segundos de arco por siglo, una vez deducidas todas las perturbaciones debidas a otros planetas, correcciones mucho más importantes. Muchas hipótesis *ad hoc* y arreglos teóricos (¿un nuevo planeta lejano?, ¿una no esfericidad del Sol?, ¿una ligera modificación de la ley de Newton?) podían bastar para explicar ese menudo desacuerdo. En principio nada lo señalaba como el signo de una verdadera revolución conceptual, a saber: el reemplazo de la teoría newtoniana de la gravitación por la relatividad general de Einstein. Sólo *a posteriori* se pudo reconocer en esas escasas diferencias la manifestación subrepticia de la necesidad de esa revolución. Si bien así, en

los casos mencionados, el infinito aparece para la física como un escollo, un síntoma de crisis, su propia amplitud constituye su interés, y debe suscitar más una atracción entusiasta que una temerosa repulsión.

EL INFINITO COMO MÉTODO

Pero lejos de complicar siempre la vida del físico, la ocurrencia del infinito a menudo la facilita. El infinito es simple, más simple que cualquier número finito, por grande y siempre tachado de arbitrario que sea ($\sqrt{2}$? $\sqrt{3}$? $\sqrt{485}$? etc.): una velocidad infinita es más simple que una velocidad de 199 793 kilómetros/segundo. *Lo infinito en su unicidad escapa a la contingencia del valor numérico de un número muy grande.*⁷ Así, recurrir al infinito hace a veces más elementales, más claros, a veces más triviales también, la descripción y el análisis de una situación física. Si es muy cierto que la esencia del pensamiento físico reside en la noción esencial de aproximación,⁸ entonces *lo infinito puede constituir un excelente valor aproximado* para una dimensión física cuyo verdadero valor numérico (finito) sea desconocido, o sea, no pertinente. Un ejemplo elemental lo proporciona la graduación “ ∞ ”, ya mencionada, que llevan algunos aparatos de medición.

Geometría plana

La geometría —en el sentido etimológico propio, la “medida de la Tierra”— nos da otro ejemplo, apenas menos rudimentario. Desde la Antigüedad griega sabemos que es esférica (aproximadamente), con un radio de 6 400 kilómetros. Tomar medidas (de agrimensura, de cartografía, de trabajos públicos) en el suelo —por el momento dejemos de lado los accidentes del relieve— es hacer geometría esférica. Con todo rigor, para medir un campo o establecer un levantamiento catastral se deberían utilizar, pues, las fórmulas un poco alambicadas de la geometría esférica. Claro está, el agrimensor o el medidor no lo hacen; a decir verdad, se conforman con fórmulas de la geometría plana euclidiana. De hecho, esta teoría constituye un límite formal exacto de la geometría esférica en el límite donde el radio de curvatura de la superficie esférica se vuelve infinito. En la práctica, la teoría proporciona una excelente aproximación desde el momento en que el radio de la Tierra es muy grande ante el tamaño de los dominios considerados (es decir, hasta la escala de la centena de kilómetros, ciertamente). Así pues, considerar aquí el radio de la Tierra como infinito es deshacerse de una dimensión física efectivamente finita pero no pertinente, en provecho de una idea quimérica que, por parecer menos realista, está de hecho más conforme con la naturaleza del problema estudiado. Que el radio de la Tierra sea de 6 400 kilómetros es a la vez verdadero y carente de interés para quien mide un campo o levanta un catastro. Tener en cuenta ese valor real no haría sino complicar el problema y disfrazar lo esencial en la escala considerada. Así, resulta cómodo, pero sobre todo pertinente, aproximarse a una cantidad finita por el infinito, cuando es grande ante los valores numéricos característicos de la situación estudiada. Este ejemplo trivial es muy representativo de un procedimiento

frecuente y fecundo en física teórica. Así es como la mecánica clásica, la de Galileo y de Newton, perfectamente adecuada a la mayor parte de los problemas técnicos, se obtiene a partir de la teoría relativista de Einstein, más exacta si se quiere, pero menos pertinente en la escala de las velocidades de nuestros trenes, aviones e incluso cohetes, considerando como infinita la velocidad de la luz c , que de hecho es de 299 793 kilómetros/segundo.⁹ En el caso de la teoría einsteiniana de la gravitación (conocida con el nombre de relatividad general), ese mismo paso al infinito de la velocidad límite ofrece una analogía aún más precisa (es incluso una homología) con el paso al infinito del radio terrestre, puesto que permite pasar de la geometría riemanniana que caracteriza el espacio-tiempo einsteiniano (“curvado” por la gravitación) a la geometría euclidiana del espacio newtoniano (plano).

Física estadística

Pero insistamos más bien en un ejemplo menos conocido. Un gran tema de la física de los sistemas colectivos, desde hace más de un siglo, es el estudio de las “transiciones de fase” o cambios de estado. Se trata de comprender por qué y cómo un cuerpo pasa, por ejemplo, del estado líquido al estado sólido o gaseoso. Tales cambios son ante nuestros ojos radicales, y manifiestan una diferencia cualitativa de naturaleza y de comportamiento: *un líquido es diferente de un sólido*. Ahora bien, esta experiencia trivial plantea a la teoría un problema difícil. Si se trata de analizar la transformación de agua en hielo a partir de la consideración de los constituyentes elementales (las moléculas de agua) y de sus interacciones (las fuerzas que ejercen una sobre otra), *a priori* uno se encuentra en dificultades por la cantidad gigantesca de esas moléculas en el menor recipiente de nuestra práctica común (¡ $3 \cdot 10^{25}$ en un litro de agua!). Entonces uno podría verse tentado a abordar el problema en una situación simplificada, con una pequeña cantidad de moléculas. Pero pierde todo su sentido: para un sistema de 2 moléculas, evidentemente no hay ni estado líquido ni estado sólido. Ni tampoco para 3, 4, 10, etc. ¿A partir de qué número de moléculas se puede considerar el sistema como lo suficientemente grande para que conceptos empíricos válidos para nuestra escala, como los de líquido o de sólido, puedan ser aplicados a él? La respuesta rigurosa de la teoría (en este caso, la física estadística), por sorprendente que sea, no tiene ambigüedad: ningún sistema finito es lo bastante grande... Incluso con 10^{25} moléculas, no se pueden poner en evidencia diferencias cualitativas de comportamiento, que muestren la existencia de fases distintas. Con mayor precisión: las dimensiones físicas siguen siendo funciones continuas de la temperatura. Ahora bien, justamente son saltos bruscos, discontinuidades, en la variación de la temperatura de dimensiones tales como el volumen de la masa o la capacidad calorífica de un cuerpo, medidas experimentalmente, los que expresan esos cambios de estado, esas transiciones de fase. Pero el teórico es incapaz de dar cuenta de esos saltos y *a fortiori* de evaluar la temperatura de transición; incluso puede demostrar la falta de discontinuidades en todo sistema que tenga un número finito de moléculas. Es paradójico ver una teoría refinada que parece capitular así ante burdos fenómenos de la

vida cotidiana... Es que se le pide *demasiada* precisión. Supongamos que se compara un sistema tan grande (10^{25} moléculas y un tamaño muy superior al de las distancias intermoleculares) con un sistema de la misma densidad, pero infinito en número de moléculas y en volumen a la vez. ¡Entonces, aparecen las famosas discontinuidades! La introducción (metódica) del infinito nos acerca así a la realidad empírica, en lugar de alejarnos. De hecho, las aparentes discontinuidades reveladas por la práctica experimental son excelentes aproximaciones observacionales, en nuestra escala, de variaciones que hipotéticas medidas en una resolución más fina harían aparecer como continuas. Pero esta continuidad virtual no tiene pertinencia en una escala en la cual la práctica diferencia efectivamente sólidos y líquidos.¹⁰ Al abandonar la abusiva y engañosa pretensión de dar cuenta con demasiada precisión del comportamiento de un sistema finito, se comprende finalmente lo esencial. La medida suplementaria que representa el paso al infinito del tamaño del sistema nos acerca, de hecho, a su realidad.

Se podrían multiplicar los ejemplos de situaciones en los que es *a la vez* más simple desde el punto de vista del análisis teórico y más eficaz desde el punto de vista de la realidad empírica, considerar sistemas infinitos. Otro problema esencial de la física estadística es el caso de la irreversibilidad. En efecto, es complicado explicar de manera rigurosa por qué es tan fácil disolver un pedazo de azúcar en el agua, pero muy difícil separar en seguida el azúcar del agua. Como en el caso de las transiciones de fase, se aprecia bien que el problema no se plantea ni siquiera para un sistema rudimentario compuesto de una molécula de agua y de una molécula de azúcar. La irreversibilidad de la mezcla casi no tiene sentido si se toman dos moléculas de cada una, o mil, etc. Aquí también el análisis teórico muestra que se requiere un número infinito para dar cuenta de la situación. Mencionemos, por último, brevemente, el problema de la medida en teoría cuántica. Gran parte de los debates epistemológicos que persisten en la naturaleza y el sentido de la teoría cuántica está vinculada con la dificultad de elaborar, permaneciendo dentro del marco de la teoría, un análisis coherente de los procesos de medida, es decir, de las interacciones entre un sistema (medido) y un aparato (de medida). Este último se describe, conforme a la práctica, como un sistema macroscópico, formado por un gran número de partículas. Pero parece que sólo se puede describir correctamente su función suponiéndolo infinito (y, por lo demás, operando durante un tiempo infinito). Se puede entonces explicar la aparente diferencia de naturaleza entre evolución (interna) y medida (externa) de un sistema cuántico.¹¹

En estos diferentes ejemplos el recurso al infinito, trayecto de aproximación coherente y pertinente, proviene de un verdadero procedimiento metodológico.

LO INFINITO COMO SOLUCIÓN

En la física contemporánea, existen varias situaciones en las que una dimensión física se topa con un límite numérico finito infranqueable. Así, la velocidad de un objeto móvil no puede rebasar una velocidad límite, denominada “de la luz” ($c \approx 300\,000$ km/s); la temperatura de un cuerpo no puede descender por debajo del “cero absoluto” ($T_0 \approx -273$

°C); la evolución del universo no puede remontarse más allá del *big bang* inicial ($t_i \approx 20$ mil millones de años). Esto es un escándalo para el pensamiento. ¿Cuál puede ser la significación de esos límites infranqueables?

La velocidad límite

¿Con qué derecho se impone un límite a la velocidad (“Ese muro de la vergüenza, peor que el de Berlín”, escribía a propósito de la velocidad límite un adversario de la relatividad einsteniana)? En efecto, nada se opone a que se pueda pensar en una velocidad de, digamos 320 000 kilómetros/segundo; ¿por qué la naturaleza parece no usarla? Para clarificar la situación, procedamos de una manera plenamente operativa midiendo la velocidad de un tren (ficticio, pero es el ejemplo arquetípico de los razonamientos relativistas). Lo más simple es medir los tiempos de paso del tren en dos puntos de la vía cuya distancia se conoce. Si se supone que los relojes están convenientemente sincronizados, se deduce su tiempo de recorrido y luego la velocidad —por definición la relación entre distancia recorrida y tiempo que se tarda en recorrerla—. Considerando trenes cada vez más rápidos, se confirma que el valor numérico de sus velocidades aumenta, pero cada vez menos. Sea cual fuere la energía atribuida al tren, este valor no puede sino tender, sin alcanzarla, hacia la velocidad límite c . Sin embargo, se puede observar que esta medida está hecha con ayuda de instrumentos externos al tren. ¿Se puede imaginar una medida intrínseca? Sí, basta con disponer *en* el tren de un acelerómetro (por ejemplo un simple dinamómetro de resorte) y de un reloj. El valor de la velocidad puede entonces obtenerse integrando durante el tiempo la aceleración medida así (es decir, la tasa de variación temporal de la velocidad). Para sorpresa del experimentador no prevenido, esta velocidad “interna”, si bien coincide con la velocidad “externa” medida anteriormente para valores ordinarios (algunos cientos de kilómetros por hora), se diferencia por valores más elevados; siempre es superior y tiende hacia el infinito ¡sin encontrar límite! Debemos concluir que en realidad hay dos conceptos de velocidad; incluso podrían inventarse otros. Éstos coinciden en la concepción clásica (galileo-newtoniana) del espacio y del tiempo, pero se diferencian en la teoría einsteiniana.¹² Por otra parte, la velocidad interna lleva otro nombre, el de rapidez. Ambas, velocidad (externa) y rapidez son generalizaciones einsteinianas igualmente respetables de la noción (única) de velocidad galileana. Así si, desde cierto punto de vista, la velocidad de un cuerpo admite un límite finito, otro (el de la rapidez) puede crecer sin límites. Esto aclara la *naturaleza* de ese “límite”: si no puede rebasarse, es que no puede alcanzarse.¹³ En verdad se trata de un infinito conceptual, aun cuando pueda disfrazarse de finito numérico. La situación es idéntica para el cero absoluto de las temperaturas, si no se puede enfriar un cuerpo por debajo de -273.15 °C es que ni siquiera se puede llegar a esa temperatura —por más que uno pueda acercarse a ella—. Por lo demás, como en el caso de la velocidad, existe un cambio de variable de interés teórico que explicita esta remisión al infinito del valor límite (finito).

Si bien es bastante fácil aceptar esta idea para la velocidad límite y el cero absoluto, es menos común aplicar el mismo procedimiento a la edad del universo. Sin embargo, la cuestión proviene de una aporía ya antigua: “Si el universo nació hace 20 mil millones de años, ¿qué había antes?” Muchos cosmólogos evitan el problema recurriendo a nuestro desconocimiento de los “primeros instantes” del universo y citando efectos extraños (cuánticos, por ejemplo) de los que se espera que puedan disipar la aparente antinomia. Aun llevado más lejos en el tiempo, el problema original, no obstante, corre el riesgo de volverse a plantear. Ahora bien, sin salir del marco admitido por el momento de las cosmologías de tipo *big bang*, se puede aceptar a la vez la idea de que el universo tiene una edad de 20 mil millones de años y de que no hay “antes”... Basta con convencerse de que ese instante original, hace 20 mil millones de años, no es sino un instante *en* la evolución temporal del universo, al igual que 300 000 kilómetros/segundo no es la velocidad de un objeto físico, ni -273°C la temperatura de un cuerpo. Asimismo, atrevámonos a hacer una analogía humana: ni el instante de nuestra concepción, ni el de nuestra muerte forman parte de nuestra vida. La gama de edades (la nuestra o la del universo), como la de las temperaturas y de las velocidades, está *abierta* (en sentido matemático): su punto límite no le pertenece. En consecuencia, no hay “antes” porque no hay instante inicial. Desde un punto de vista conceptual, y no llanamente numérico, ese “origen” inalcanzable es en realidad un infinito. Por lo demás, el propio número que expresa la “edad” del universo es contingente, si no arbitrario, y de dudosa significación. De hecho, el año se define por la revolución de la Tierra alrededor del Sol. ¡Pero la Tierra sólo tiene cerca de 5 mil millones de años! ¿Qué son pues los 15 mil millones de *años* anteriores si la Tierra no está ahí para medirlos? En realidad se trata de una evaluación muy indirecta, ciertamente dada por una elección natural, pero convenida, para una unidad de tiempo actual. Por lo demás, lo mismo sucede con las temperaturas, en las que el grado estándar (la centésima parte del intervalo de temperatura que separa la congelación del agua de su ebullición), definido en nuestra escala, es transferido por una serie de enlaces entre valles diferentes de medida termométricas hacia muy bajas o muy altas temperaturas. No es difícil imaginar y construir para el tiempo, como para la temperatura, escalas diferentes, a la vez coherentes y útiles, que remitan efectivamente esos puntos límite inalcanzables al infinito, como lo hace el paso de la velocidad a la rapidez. Claro está, no basta con una redefinición arbitraria que se conforme con aplicar la semirrecta abierta a la recta entera, por ejemplo mediante una transformación logarítmica; sólo hace falta que el cambio de variable tenga un sentido físico.¹⁴

Así, a veces el infinito se disfraza de un finito paradójico y contingente. Volver a encontrar el infinito tras las apariencias finitas resuelve entonces el nudo conceptual. El infinito aquí es una solución —en el sentido no de resolución, sino de *disolución*— del problema.

El juego del físico no es sino uno entre muchos otros, y el infinito es suficientemente vasto como para que la física o las matemáticas no abarquen más que un aspecto limitado de la misma. En lo esencial, aquí no hemos hablado del infinito, sino sólo de ciertas aproximaciones —físicas y matemáticas— del infinito. Ni los físicos ni los matemáticos inventaron el infinito y no pueden pretender apropiárselo. Éste expresa una necesidad más antigua del espíritu humano, una modalidad más profunda de la experiencia humana que tal o cual ciencia. La teología, la filosofía, la poesía y la música se hicieron cargo primero de esta exigencia. Sería muy presuntuoso creer que hoy las ciencias pueden bastar para responder a ella. Veamos por que no se pueda decir de la ciencia lo que L. F Céline decía del amor: “El amor es el infinito puesto al alcance de los perros de aguas.”

XIX. IGUAL A EME- CE- DOS

UNA IRONÍA SINGULAR pretende que la física moderna ponga al profano frente el esoterismo de sus formalismos matemáticos al mismo tiempo que le tiende el señuelo de la simplicidad con la cual se enuncia la más célebre de sus fórmulas, $E = Mc^2$. ¿Cómo imaginar una fórmula más elemental que la que vincula tres dimensiones E , M , C , sin complicar su relación más que con un modesto exponente 2 (*véase la caricatura 1*)? De hecho, las otras fórmulas, menos elementales, que subyacen en la teoría de la relatividad, tales como las transformaciones de Lorentz, se muestran más complicadas, para el ojo del profano en todo caso, y exponen en gran número “raíces de uno menos v-dos sobre c-dos” ($\sqrt{1 - v^2/c^2}$) bastante feas. La fórmula $E = Mc^2$, por su parte, muestra una engañosa sencillez que evidentemente para muchos ha desempeñado un papel en el entusiasmo del que ha sido objeto, y a menudo la ha hecho tan borrosa como famosa. Además, como la mayor parte de los enunciados centrales de la ciencia contemporánea, ha sido objeto de tantas exégesis, comentarios y disertaciones diversas, que está como oculta por tantas interpretaciones, a menudo falaces (*caricatura 2*). De tal manera que, para comprenderla, sin duda es preciso comenzar por explicar lo que *no* quiere decir, y realizar una minuciosa decantación antes de poder dilucidar su alcance. Por lo demás, $E = Mc^2$, como cualquier otra fórmula no tiene ningún sentido considerada aisladamente; pertenece a un conjunto de relaciones estructurales entre diversos conceptos físicos, y sólo adquiere plena significación en el seno de la teoría a la cual pertenece, a saber, la teoría de la relatividad einsteiniana.

En este caso, la dificultad es la siguiente: las dimensiones que intervienen en la fórmula (E , M , c) son dimensiones de nombres antiguos y comunes —la energía, la masa, la velocidad—. Ahora bien, precisamente toda la revolución teórica iniciada por Einstein muestra que esos conceptos deben tomarse en un sentido diferente de su sentido inicial. Éste es un problema epistemológico clásico, que se encuentra en casi todas las disciplinas de la ciencia, el de la continuidad, o más bien de la discontinuidad semántica mediante una revolución científica. Cuando aparecen ideas radicalmente nuevas, sólo pueden nacer del antiguo terruño. En consecuencia, es perfectamente natural que se formulen con palabras antiguas. Una vez aceptadas esas nuevas ideas, a menudo es demasiado tarde para transformar toda la terminología, o demasiado difícil, puesto que sería despreciar las sutiles relaciones entre lo antiguo y lo nuevo, y cortar el nuevo conocimiento de raíz, lo cual reforzaría su esoterismo. Además, no habría que engañarse y comprender que, después de 1905, los términos “energía”, “masa”, e incluso “velocidad” han sufrido una profunda mutación —para los físicos, se entiende—. En esto hay una paradoja constitutiva de la física: expone conceptos no sólo nuevos, sino relativamente abstractos, alejados de la experiencia común, mientras que, para hablar de

ello, no disponemos más que de la lengua común y de términos científicos sacados de las épocas pasadas de la ciencia.¹ Pero al mismo tiempo es preciso enfrentarse a otra paradoja, específica de la física contemporánea, su atraso en relación consigo misma. Si se considera la historia de esta ciencia, se comprueba que, hasta el siglo XIX, la comunidad de los físicos hizo un esfuerzo considerable y permanente para reinterpretar, e incluso reclasificar, sus conceptos. El trabajo de investigación teórica, la creación científica propiamente dicha ha ido acompañada de manera más o menos sistemática de un trabajo de reestructuración epistemológica. Los físicos aprendían a pensar sus teorías al mismo tiempo que aprendían a utilizarlas, o al menos casi inmediatamente después. Desde hace algunas décadas no sucede lo mismo, en todo caso no de manera suficiente. Así, la física contemporánea está marcada simultáneamente, por un lado, por grandes avanzadas en sus expresiones formalizadas y sus capacidades experimentales; por otro, por considerables atrasos en su dominio conceptual y su maduración epistemológica.



CARICATURA 1. *Todo aumenta*



CARICATURA 2.

ENERGÍA, MASA E INERCIA

Consideremos, pues, los conceptos que implica la fórmula $E = Mc^2$. Tratemos de recordar lo que se sabía antes de llegar a Einstein.

En primer lugar, la *energía*, en lo que en lo sucesivo se llamará la física clásica, la de antes de 1905, posee una característica teórica totalmente fundamental: sólo se miden diferencias de energía. Comparando dos estados de un mismo sistema, se puede saber cuál es la cantidad de energía perdida o ganada, la diferencia entre la energía inicial y la energía final, pero no hay cero de energía, y no hay escala absoluta con la cual se pueda evaluarla. En teoría clásica, no tiene sentido hablar de la energía absoluta de un cuerpo, de la energía total que contendría. Esa energía sólo se define por una constante (arbitraria). Ahora bien, es un rasgo bastante general de la física moderna haber introducido, para cierto número de dimensiones, escalas absolutas, ahí donde sólo había escalas relativas. Se conoce el caso de la temperatura, en la cual a fines del siglo XIX se impuso la idea de un cero absoluto. En el caso de la energía, la misma situación es bastante comparable.

¿Qué es ahora la *masa* en teoría clásica? Desde Newton, se le llama masa de un objeto a una medida de la cantidad de materia que contiene. En consecuencia, es una idea estática. Pero esa dimensión tiene otra función: también mide la resistencia a la modificación del movimiento, dicho de otro modo, su capacidad de *inercia*, que es una idea dinámica, vinculada con el movimiento. Es una idea diferente. No hay relación evidente, sino cualitativa, entre la cantidad de materia de un cuerpo y lo que se podría llamar su coeficiente de inercia. Empíricamente se sabe que ambos conceptos están ligados: cuanto más pesado es un cuerpo, es decir, cuanta más materia contiene, más

difícil es ponerlo en movimiento o frenarlo. Sin embargo, no existe ninguna razón *a priori* para que la relación entre la cantidad de materia estática, la masa y el coeficiente de inercia dinámica sea una pura y simple identidad. Desde luego, en la teoría newtoniana hay identificación, pero justamente es lo que la teoría einsteniana volverá a cuestionar. La refección de la teoría del espacio-tiempo a la que Einstein procede, la modificación de nuestra concepción de la geometría espacio-temporal tiene una doble consecuencia sobre el concepto mismo de energía.

Por una parte, existe en lo sucesivo un cero absoluto de energía. La energía interna de un cuerpo (independientemente de la energía cinética que puede adquirir si se le pone en movimiento), su contenido energético total, se fija de manera absoluta; es una cantidad proporcional a la masa del cuerpo. La masa es ahora una medida, no sólo de la cantidad de materia en el sentido clásico, sino también del contenido energético intrínseco de esa materia. Es la primera significación de la fórmula $E = Mc^2$: un cuerpo contiene una energía interna proporcional a su masa. Naturalmente, si ese cuerpo se pone en movimiento, también adquirirá energía cinética. En la teoría de Einstein no tiene exactamente la misma expresión en función de la velocidad que en la teoría de Newton, pero esto no es aquí el aspecto esencial.

Por otra parte, la inercia ya no es idéntica a la masa. La resistencia a la modificación del estado de movimiento de un cuerpo ya no es una constante, depende de su velocidad. Toda la teoría einsteiniana está ligada de manera indisoluble a la idea de que existe una velocidad límite, la c de la famosa fórmula. Si es imposible acelerar un cuerpo justamente a la velocidad límite c —y aún más imposible rebasarla—, es que opone una resistencia cada vez mayor a la transformación de su estado de movimiento. A medida que su energía aumenta con la velocidad, el cuerpo resiste cada vez más al esfuerzo hecho para acelerarlo: cuanto más rápido va, más difícil es hacerlo ir un poco más rápido. Su resistencia a la adquisición de una cantidad dada de velocidad será cada vez mayor, su inercia cada vez más fuerte.

Así, en la teoría einsteiniana, la inercia ya no se identifica con la masa, sino con la energía. Y es la segunda significación de la fórmula $E = Mc^2$, que sólo raras veces se explicita. Convendría especificar la dimensión *inercia*, y marcarla, por ejemplo, con la notación I . Entonces, de hecho, habría que escribir *dos* fórmulas en lugar de la tradicional $E = Mc^2$:

1. Una primera fórmula (que enuncia que el contenido energético interno de un cuerpo está ligado a su masa) que da esa masa multiplicada por cierta constante, que resulta ser el cuadrado de la velocidad límite. Pero hay que insistir en el hecho de que se trata de la energía interna del cuerpo o, lo que es lo mismo, de su energía cuando está en reposo y no hay energía cinética. Podemos notar específicamente esa energía interna E_0 , en la que el índice precisa claramente que se trata de la energía a velocidad nula. Se escribirá entonces: $E_0 = Mc^2$.

2. Una segunda fórmula, evidentemente ligada con la anterior, pero que vincula la energía E (aquí total, incluyendo la energía cinética) y la inercia I . Esta fórmula se escribe: $E = Ic^2$. Desde luego, para una velocidad nula (cuerpo en reposo), esta segunda

fórmula se reduce a la primera, puesto que la inercia, a velocidad baja, está dada por la masa, como lo indica ya la teoría clásica. De manera más precisa, la teoría indica la siguiente relación entre masa, inercia y velocidad: $I = M / \sqrt{1 - v^2/c^2}$. Como es de esperarse, la inercia crece indefinidamente cuando la velocidad v tiende hacia la velocidad límite c .

La teoría einsteiniana modifica, pues, nuestra concepción misma de la energía, puesto que en lo sucesivo esta palabra designa al mismo tiempo la dimensión conservada durante las transformaciones de un sistema aislado, en la que energía potencial y energía cinética son dos formas específicas, y el coeficiente de inercia del sistema. Cabe insistir en la sutileza de la relación entre la noción clásica y la nueva. De manera más general, las relaciones entre dos teorías, una de las cuales (aquí, la mecánica de Newton) es una aproximación a la otra (aquí, la mecánica de Einstein), plantean interesantes cuestiones epistemológicas. En el caso de las velocidades bajas, las pequeñas energías, la teoría einsteiniana en efecto se confunde con la teoría newtoniana. A escala nuestra, para velocidades de algunas decenas de kilómetros por hora, e incluso por segundo, podemos continuar utilizando la buena y vieja teoría clásica. La SNCF no necesita recurrir a la relatividad einsteiniana para establecer los horarios de los trenes, ni siquiera para el TGV (tren de gran velocidad). La teoría clásica es simplemente una aproximación, en bajas velocidades, a la teoría moderna einsteiniana. Pero esta aproximación es *singular*, y es un punto que raras veces se indica con la fuerza suficiente: no se pasa sin ruptura de un marco conceptual a otro. Formalmente, desde luego, se pueden tomar ecuaciones einsteinianas, identificar ahí todos los términos que contienen los coeficientes c , y jugar a hacerlo tiende hacia el infinito, es decir, considerar el límite en el que todas las velocidades v son insignificantes ante c . Se confirmará así que las ecuaciones einsteinianas terminan por tender hacia las ecuaciones newtonianas, como se debe. Pero esa manipulación matemática formal de las ecuaciones cierra la salida a la transformación conceptual de las dimensiones que ponen en juego. Sin duda, hay modificación continua de una teoría a otra, pero también discontinuidad de sus significados conceptuales. Sin una conciencia aguda de este problema, se corre el riesgo de cometer muchas equivocaciones en la comprensión de la física contemporánea.

¿VELOCIDAD DE LA LUZ O CONSTANTE DE EINSTEIN?

Falta comentar una dimensión en la fórmula $E = Mc^2$. ¿Qué es c ? La velocidad de la luz; dicen... Pero ¿por qué la luz? ¿Qué viene a hacer cuando la fórmula se aplica en física nuclear, por ejemplo? En este último terreno, la masa y, por tanto, la energía cambian por el juego de fuerzas nucleares específicas en el interior del núcleo atómico, fuerzas que, estrictamente, no tienen nada que ver, hoy sabemos mucho de eso, con las interacciones electromagnéticas cuyo agente es la luz (de manera más general, el campo electromagnético). De hecho, la luz no está involucrada para nada en la mayor parte de las situaciones físicas en las que se emplea la fórmula $E = Mc^2$. En esta fórmula c no es, pues, la velocidad de la luz, y más bien debería llamarse “velocidad límite”, o mejor aún,

“constante de Einstein”. De hecho, en la estructura del espacio-tiempo einsteiniano existe una constante estructural, c , que tiene las dimensiones de una velocidad, se mide en unidades de espacio divididas por un tiempo, y que rige, de algún modo, la relación entre el espacio y el tiempo. Esa constante de Einstein, en cuanto tal, no es fundamentalmente diferente de muchas otras constantes de la física,² conocidas (como la constante de Joule) u ocultas, como lo muestra el ejemplo siguiente. Se trata de una metáfora que, aunque pueda parecer ingenua, es perfectamente válida. En la aviación no se miden las distancias verticales y las distancias horizontales con la misma unidad. Las verticales se miden en pies, las horizontales en millas. Para hacer conversiones se utiliza una “constante universal” que permite expresar la relación de alturas verticales con las distancias horizontales (en pies/milla). La constante c , en la mayor parte de las fórmulas einsteinianas, es un coeficiente de la misma naturaleza, cuya significación es geométrica, o más bien cronogeométrica, y que permite transformar segundos en metros, o mejor aún, años (tiempos) en años-luz (distancias). Exactamente como la “constante aeronáutica” permite transformar millas en pies.

En seguida, en el desarrollo de la teoría, se muestra que esa constante, que vale cerca de 300 000 kilómetros/segundo y que, en consecuencia, tiene las dimensiones de una velocidad, adquiere un sentido físico señalando una velocidad límite, insuperable. Los objetos usuales, de velocidad variable, sea cual fuere la energía que se les comunique, jamás pueden alcanzar la velocidad límite. Pero, y es una de las singularidades muy poco intuitivas de la teoría einsteiniana, existen objetos de un tipo particular, sin equivalente en el nivel clásico, cuya masa es nula (en el sentido einsteiniano de la masa, claro está) y que, por su parte, se desplazan *siempre* a la velocidad límite, ni más ni menos. Parece que la luz está compuesta de esos objetos, los fotones, y por lo tanto se propaga con esa velocidad límite; esta aserción está, no obstante, sometida a verificación experimental, y un día podría mostrarse sólo aproximadamente válida; dicho de otro modo, la luz ya no iría a la “velocidad de la luz”... Así, llamar velocidad de la luz a la constante de Einstein conduce a limitar singularmente su significación, a riesgo de encontrar serios malentendidos. Así que no hay que atribuir a ese agente físico particular, que es la luz, una responsabilidad cualquiera en la validez de un enunciado físico mucho más general, el de la equivalencia universal entre masa y energía.

El contenido empírico de la fórmula de Einstein, así como de su teoría en conjunto, por extraño que parezca al sentido común, está ahora perfectamente asegurado. Se verifica cotidianamente en los experimentos de los laboratorios de física de las partículas, por ejemplo, o en las observaciones de los grandes observatorios astronómicos. Cada vez que un cuerpo cambia de masa cambia de energía interna, cada vez que cambia de energía total cambia de inercia. Pero ¿entonces por qué hubo que esperar a 1905 para darse cuenta? Es grandísimo que el valor numérico de la constante de Einstein expresada con nuestras unidades corrientes (300 000 kilómetros por segundo) no deja de tener consecuencias en la comprensión de la relatividad einsteiniana y explica su estatus muy poco intuitivo. El contenido energético de un cuerpo es gigantesco en relación con las dimensiones de nuestra escala común. De hecho, el valor de la constante c^2 , expresado

con nuestras unidades cotidianas, es muy grande: 300 000 km/s al cuadrado dan 10^{17} m²/s². La equivalencia entre m y E es entonces desproporcionada con respecto a nuestros órdenes de dimensión familiares: una masa de un kilogramo equivale a 10^{17} julios. El contenido energético de un pedazo de materia ordinaria es tan gigantesco que las modificaciones de su energía cinética, cuando yo acelero, o cuando extraigo un poco de energía potencial, son ínfimas en relación con su energía total, y no se manifiestan de manera perceptible en nuestra escala en su masa o su inercia. Así, la energía que se comunica a un péndulo remontándolo aumenta su masa en cerca de un diezmilésimo de miligramo; y quemar un kilogramo de carbón da una masa de gas carbónico inferior en cerca de un diezmilésimo de miligramo a la masa de carbono y de oxígeno inicial. En otros términos, ese punto cero de energía que revela la teoría de la relatividad está tan por debajo del nivel de energía en el que operamos, es preciso bajar tanto la energía para llegar a ese origen de escala energética que durante mucho tiempo no lo percibimos. La situación es muy similar a la del cero absoluto de temperatura, salvo que aquí la escala es mucho más considerable.³

Así, el ejemplo arquetípico de la fórmula “e igual eme-c-dos” demuestra la necesidad de la reflexión conceptual, tan importante para la ciencia hoy como el desarrollo técnico. A falta de desarrollar esta visión, necesariamente crítica, correríamos el riesgo de volvernos a encontrar en un mundo de máquinas, tanto materiales como intelectuales, que tal vez funcionarían, pero sin que nosotros las comprendiéramos. Es decir, el progreso de la ciencia no tiene nada asegurado (*caricatura 3*)...



CARICATURA 3.

XX. ¿CÓMO ESTÁ EL TIEMPO?

LAPREGUNTA: ¿qué es el tiempo? es tan vieja como el propio tiempo; en todo caso, como su percepción por igual a la mente humana. Hoy, la ciencia toma el relevo, como lo testimonian numerosas obras recientes.¹ Pero no debemos pensar que, a las cuestiones que se plantea o que le plantean, la ciencia puede dar respuestas firmes y definitivas, sobre todo cuando se trata de un tema mayor, que no puede pretender acaparar. Lo que aquí encontraremos, son algunas variaciones sobre este tema, a veces un poco disonantes.

¿HAY QUE CREER A LOS FÍSICOS?

El amplísimo acuerdo que hoy existe entre los físicos sobre la mayor parte de sus teorías, trátase de cosmología, de física de las partículas o de mecánica estadística, no debe ilusionarnos. Conciérne sobre todo a la maquinaria teórica, es decir, al conjunto de formalismos matemáticos utilizados para dar cuenta de nuestra experiencia del mundo, y los procedimientos de cálculo que permiten deducir las explicaciones o predicciones que atañen a nuestras observaciones, digamos, para ir más rápido, “las ecuaciones”. Pero este acuerdo deja ampliamente abiertas las cuestiones relativas a la interpretación de esas teorías y la significación de los conceptos que subyacen en ellas; dicho de otro modo, “las palabras”. Tras la unidad de fachada de la comunidad científica, se encuentran serias divergencias intelectuales, tanto más profundas, por lo demás, cuanto que raras veces se explicitan. El acuerdo sobre los formalismos de ninguna manera se extiende a las ideas que los sostienen, ni siquiera en el lenguaje utilizado para expresarlas. Pero, con la mayor frecuencia, esa multiplicidad de concepciones permanece oculta por la indiferencia o la prudencia que la mayor parte de los investigadores muestra fuera del campo de sus trabajos especializados. En consecuencia, es preciso afirmar claramente que la unidad formal de la teoría física puede ir acompañada de una considerable diversidad conceptual. Y esto es una fortuna, ya que lo lamentable para el propio interés de la ciencia sería que no propusiera la pluralidad de perspectivas que constituye la riqueza de cualquier empresa cultural digna de ese nombre. Así, aun cuando los científicos tengan razón, no estamos obligados a creerles... al menos es necesario no engañarnos con sus palabras, a menudo más discutibles que sus enunciados y sus experiencias.

Para volver al tiempo, he aquí algunos ejemplos de afirmaciones comunes, desde luego, pero cuya validez se puede discutir con legitimidad, aun estando, por otra parte, en total acuerdo con las teorías formales que supuestamente plantean:

—Comúnmente se atribuye a la teoría de la relatividad einsteiniana la idea de que el espacio y el tiempo se confunden en un sustrato común, el espacio-tiempo. Ahora bien, la teoría clásica del espacio y del tiempo, que está implícita en la mecánica de Galileo y

de Newton, ya mezcla, y de manera profunda, ¡el tiempo con el espacio! De hecho, la distancia espacial entre dos acontecimientos no es necesariamente la misma en dos sistemas de referencia equivalentes, y depende del tiempo que haya pasado: el principio y el fin de la caída de un salero que suelta el mozo del coche comedor, caída vertical en el tren, no se dan en el mismo lugar para una vaca que mira pasar el tren. Ciertamente, si Galileo y Newton mezclan ya el tiempo y el espacio, Einstein va más lejos y también mezcla el espacio con el tiempo; esto es nuevo e incluso revolucionario. Pero la idea de relatividad se remonta a Galileo y no a Einstein, aunque este último haya modificado radicalmente la forma específica de la teoría. Y se podrían multiplicar los ejemplos que muestran que si la relatividad einsteiniana es aún mal comprendida, con frecuencia es porque su antepasado, la relatividad de Galileo, no lo es mejor.²

—Para no ir más lejos de Einstein, la teoría de la gravitación que construyó, a menudo llamada (equivocadamente) relatividad general, es presentada como una pura geometría del espacio-tiempo, que sería “curvada” por la materia. Si bien esta geometrización tiene para sí una noble anterioridad histórica y un innegable valor estético, no deja de constituir un punto de vista particular, que tiene al menos un inconveniente grave, el de separar radicalmente la teoría de la gravitación de las teorías que describen las otras interacciones físicas (electromagnéticas, nucleares, etc.). En efecto, estas últimas provienen de teorías dinámicas y no geométricas, en las cuales la noción esencial es la de campo, el ser físico mediador de las interacciones. Ahora bien, es perfectamente posible reintegrar la teoría de la gravitación en este cuadro general, y construirla como una teoría del campo gravitacional en un espacio-tiempo plano (no curvo), que desemboca así, hay que insistir en ello, exactamente en las *mismas* ecuaciones que las de la teoría de Einstein, provistas, no obstante, de una interpretación epistemológica diferente, pero que no cambia nada en los cálculos.

—La cosmología moderna, dentro del marco de la teoría llamada del big bang, muestra la existencia de una singularidad inicial en el eje del tiempo. Es lo que con frecuencia se llama el “principio del Universo”, fechado hace alrededor de 20 mil millones de años, y que plantea terribles problemas conceptuales, dando pie a todo tipo de interpretaciones esotéricas o religiosas. Naturalmente, la formulación estrictamente científica (que es objeto de un amplio consenso) es mucho más técnica y mucho más plana a la vez: es lo que corresponde a la primera oración de esta sección. Sus diversos enunciados en la vulgata pública, en términos de “nacimiento” o de “creación”, implican manifiestamente algo muy diferente a la teoría científica. Pero esta última, como buena hija, permite e incluso sugiere una concepción mucho menos sujeta a duda, con la condición de que sea tomada en serio. La singularidad, después de todo, no pertenece al eje temporal mismo, y no caracteriza un instante propiamente hablando; por lo tanto, y sin contorsiones mentales artificiales, es razonable introducir un nuevo parametrage temporal que remita al infinito el pretendido momento inicial. Entonces, con toda tranquilidad se puede pensar *al mismo tiempo* que el universo tiene 20 mil millones de años (en cierto calendario, convencional) y que siempre ha existido.³

—Un caso más anecdótico y menos profundo, pero bastante divertido, lo

proporciona el enunciado ahora completamente trivializado que asegura que “nada puede rebasar la velocidad de la luz”, y que se encuentra tanto en la mayor parte de los textos de divulgación como entre los físicos profesionales. Ahora bien, tomado al pie de la letra (o más bien del número), ¡este enunciado es simplemente falso! Un antiejemlo, ya antiguo y bien conocido, (pero sólo por los que lo conocen...) es el modelo del faro. Imaginemos un faro cuyo haz da, digamos, una vuelta por segundo, y proyecta una mancha luminosa sobre un muro circular centrado en el faro; es claro que tal mancha recorre la circunferencia del muro también en un segundo, sea cual fuere su longitud. Para un muro que rodea el faro a, pongamos, 100 000 kilómetros, la mancha se desplazará un poco más de 600 000 kilómetros en un segundo, ¡y tendría así una velocidad de más de lo doble de la de la luz! Pero ¿no se trata justamente de luz? Respuesta: NO, no es sino una apariencia, no un objeto material; los fotones del haz, por su parte, tienen la velocidad de la luz, pero no la mancha que resulta de sus intersecciones sucesivas con el muro... Nada impide que esa mancha, como un *spot* en una pantalla de osciloscopio (o de televisor), el impacto de un haz láser en la Luna (ejemplo realista, dicho sea de paso), o una sombra, vaya “más rápido que la luz”. Sigue siendo cierto que ningún objeto material (ni ninguna información) puede superar esa famosa velocidad límite, cuyo papel, por lo demás, excede ampliamente al de una simple “velocidad de la luz”.⁴ Pero, en la diferencia entre esta formulación precisa y el enunciado usual, se ve de qué manera pueden deslizarse tantas confusiones y malentendidos.

Estas cuestiones (y muchas otras: la pequeña selección anterior sólo se propuso en función de sus relaciones con el tema del tiempo) casi no se plantean en la práctica usual de la física, ya que de ningún modo es indispensable elucidarlas para hacer funcionar correctamente su maquinaria teórica. Esto es lo que constituye la fuerza de la ciencia en general y, en particular, de la física: la temible eficacia de su formalismo evita tener que pensar los conceptos, y felizmente se puede ser un excelente físico y un mal epistemólogo. También es lo que constituye la debilidad de la ciencia: si su práctica usual (en sus fases “normales”, según Kuhn) casi no se resiente por esas ambigüedades ignoradas, éstas saltan con toda la violencia de lo inhibido en los momentos más críticos (fases “revolucionarias”) y más cotidianamente, cuando la ciencia sale de su torre de marfil para enfrentarse al mundo profano en la enseñanza, la divulgación o la reflexión de fondo. Así, sólo de manera provisional, y a riesgo de una seria pérdida de sentido, se puede dejar de lado la inevitable y fecunda multiplicidad de concepciones de una ciencia al parecer unificada y ortodoxa.

EL TIEMPO *EN* LA FÍSICA Y EL TIEMPO *DE* LA FÍSICA

Una de las razones de esa automutilación aceptada de la ciencia actual, razón que en particular es oportuno subrayar en el presente marco, es precisamente que, desde luego, la física se interroga sobre el tiempo, pero muy poco sobre *su* tiempo, el tiempo de su propia evolución, sobre su historia. El resultado de esta amnesia es una confusión

permanente, en la exposición de los conocimientos, entre un enunciado cronológico (no nos atrevemos a decir histórico) y un proceder epistemológico. El descubrimiento científico, en la contingencia de su marcha, pasa por etapas en las que la lógica de los encadenamientos no es la virtud mayor; en consecuencia, es inevitable que numerosos falsos conceptos y términos impropios sostengan ese andar. Faltaría asear y hacer una selección crítica que permita eliminar las palabras más perniciosas y las ideas más ambiguas. Los ejemplos anteriores podrían retomarse dentro de esta perspectiva, y se podrían añadir muchos otros.

Este propósito debe generalizarse. La historia que habría que tomar en cuenta, y es lo menos tratándose del tiempo, no es solamente la de la física, relativa a la evolución de sus concepciones específicas. Sin duda, si queremos comprender mejor esas mismas concepciones, y sus límites, habría que reubicarlas dentro de un contexto más amplio. En particular, parece necesario prestar mayor atención a los vínculos entre teorías científicas y prácticas técnicas, incluso industriales. Nuestras ideas sobre el tiempo, por complicadas y abstractas que parezcan, no pueden separarse de la manera en que lo estimamos. La evolución de esas concepciones, de Galileo a Hawking, pasando por Newton y Einstein, está íntimamente ligada con el progreso de los instrumentos, desde los relojes aún primitivos del Renacimiento hasta los relojes atómicos de hoy. Es decir, que habría que dar a la metrología, y en primer lugar a las técnicas relojísticas, un lugar más importante en estas discusiones.⁵ No se trata solamente de insistir en el papel instrumental, sino de reconocerles una verdadera significación conceptual. Así, toda reflexión sobre la medida del tiempo desemboca, de manera mucho más inmediata y más constrictiva que un análisis abstracto, en la insoslayable pero delicada dialéctica del tiempo lineal y del tiempo cíclico: sólo hay tiempo si hay cambio, pero sólo se puede medir si hay repetición *sin* cambio. Para disfrazar el paso del tiempo durante una transformación, debe existir una “unidad de tiempo” estable, que se repite, idéntica a sí misma. Pero esta constancia sólo puede ser supuesta, y no puede demostrarse *a priori*, ya que ¿cómo establecerla, sino por referencia a una medida del tiempo? De tal forma que debemos comenzar por postular la existencia de una regularidad: hay que suponer (al principio) que las revoluciones sucesivas de la Tierra en su órbita, o de una manecilla de reloj en su esfera, son idénticas, antes de verificar, refinar o reemplazar esas hipótesis. Probablemente en esto, en esta confrontación entre transformación y repetición, esté el nudo epistémico más ceñido de la noción de tiempo.

Otro ejemplo muestra de manera elocuente hasta qué punto problemas conceptuales, “obstáculos epistemológicos” (Bachelard) y dificultades pedagógicas exigen, para enfrentarse a ellos con alguna probabilidad de éxito, tomar en cuenta la dimensión histórica y el contexto cultural. Un análisis del conflicto considerable que ejerció la aparición de la relatividad einsteiniana en las mentalidades de principios del siglo XX, tanto entre los profanos como entre los expertos, por lo demás, muestra que en gran medida ese trastorno es más un efecto retardado de la revolución de Galileo que de la reforma einsteiniana (vimos antes un ejemplo de las confusiones que implica la atribución a Einstein de ideas que pertenecen a Galileo). Las condiciones históricas de principios de

ese siglo y, en particular, la atmósfera cultural de la inmediata posguerra explican la divulgación pública de lo que, después de todo, era un secreto a voces: los físicos se atrevieron a tocar el espacio y el tiempo, y esos marcos que estructuran nuestra vida ya no son lo que ingenuamente pensábamos... Pero, en 1919, cuando Einstein aparece en las primeras planas de los periódicos, en lo esencial ¡el escándalo ya se había consumado hacía más o menos tres siglos! No se puede esperar que esas confusiones se aclaren mientras no se midan plenamente su naturaleza y sus recursos.

Sin duda, no debe sorprender demasiado el hecho de que la desestimación del espesor, del peso y de la complejidad del tiempo histórico y de sus efectos sea algo particularmente difundido entre los físicos, contagiados desde hace cuatro siglos por una concepción particularmente simple, por no decir rudimentaria, del tiempo, concepción, por lo demás, de una notable eficacia, pues el tiempo newtoniano (y también einsteiniano) es un tiempo a la vez homogéneo y compuesto de una sucesión de instantes autónomos, cada uno sólo en relación inmediata con su predecesor y su sucesor. La continuidad se limita a la contigüidad, y la dificultad conceptual que implica la formulación de esa idea es brillantemente superada por la técnica que se ha vuelto rutinaria del cálculo infinitesimal. En esta perspectiva, la evolución de los sistemas mecánicos, tomados con demasiada rapidez como arquetipos de los objetos del mundo físico, es tal que su futuro está completamente determinado por su presente (aun cuando esa evolución sea impredecible a causa de la famosa “sensibilidad a las condiciones esenciales”, generadora del caos de moda); en otros términos, no tienen “memoria”. Ahora bien, el tiempo humano, tanto el de los individuos como el de las sociedades, no obedece para nada a un esquema tan simple, y el futuro depende ampliamente de cualquier evolución pasada, que en ningún caso puede reducirse al conocimiento del puro estado presente.⁶ Pero, como es evidente, esto es difícil de concebir para los físicos cuyo paradigma dominante siempre está constituido por ecuaciones diferenciales (o, en rigor, derivadas parciales), de esencia local (los “sistemas hereditarios”, gobernados por ecuaciones integro-diferenciales, y que podrían ofrecer modelos alternativos, no pertenecen a la caja de herramientas usual de los físicos).

¿HACIA TIEMPOS NUEVOS?

Tal vez haya que remontar nuestro cuestionamiento anterior a las fuentes mismas de la formalización del tiempo por parte de la física teórica. La descripción newtoniana del tiempo por medio de un parámetro *lineal, uniforme, puntual, reversible*, ciertamente ha tenido un éxito extraordinario. Pero ese éxito sin duda hizo olvidar que, después de todo (¿o ante todo?), no se trata sino de una modelización, una construcción teórica y abstracta de nuestra experiencia común y compleja. Su simplicidad, que constituye su fuerza, ¿no correrá el riesgo de caer en el simplismo? Ese “tiempo de los físicos”, más que un tiempo objetivo, es un tiempo objetivado, que habrá que evitar cosificar. Grande es el riesgo de creer que el tiempo *es* ese eje lineal trazado en tantas gráficas... De hecho, nuestra noción intuitiva y concreta del tiempo es evidentemente mucho más rica que la abstracción que de él ha obtenido la física teórica. El tiempo tal como lo vivimos no es

uniforme, ni reversible; la disimetría entre el pasado y el futuro es incluso una de sus primeras características. Ese tiempo, el nuestro, no es separable en instantes puntuales; su estructura es mucho más imprecisa: nuestro presente no es un punto en ese eje abstracto, sino una pequeña zona temporal (¿de algunos milisegundos?) que el paso del tiempo “desliza”. La separación entre el futuro y el pasado no es ese corte discontinuo y sin extensión que sería un presente sin espesor, sino una transición continua, que transforma progresivamente uno en otro; el presente es justamente ese proceso de transformación. Por último, el tiempo no sólo tiene esa “amplitud”, también tiene un “espesor”: más que por medio de un delgado filamento, sería mejor describirlo mediante la imagen de una cuerda trenzada. Vivimos varias temporalidades enredadas, tanto por su naturaleza (el tiempo de nuestras sensaciones, el de nuestras ideas, el de nuestras relaciones sociales, etc.), como por sus escalas (del milisegundo al siglo), como una cuerda hecha de muchos hilos, a su vez compuestos por finas y cortas fibras.

Desde hace algunos siglos, la estrategia de la ciencia ha sido despojar al máximo de sus cualidades a ese tiempo vivido, siguiendo en esto el mismo camino que en su aproximación a la materia, para llegar a ese tiempo abstracto de la física. El objetivo era devolver en seguida al tiempo, según el dominio considerado, tal o cual de sus propiedades confiscadas, “explicándolas” a partir de la naturaleza y de las complejidades propias de los sistemas estudiados. Precisamente esa diferencia fundadora, pero muy a menudo implícita, entre el tiempo de la teoría física y el de la práctica empírica, es la que se encuentra en la raíz del malentendido (incluso se puede hablar de diálogo de sordos) entre Einstein y Bergson, durante su famoso encuentro de 1922, en el que cada uno no hablaba más que de “su” tiempo.⁷ El ejemplo más claro de ese proceder, en el que la física intenta enriquecer un tiempo que primero ha empobrecido, lo proporciona la noción de irreversibilidad, introducida como una “segunda cualidad” del tiempo, y justificada a partir de razonamientos estadísticos, al menos para sistemas suficientemente grandes, y no sin dificultades ni sutilezas. Se conocen los grandes logros que trajo consigo esta estrategia, también se sabe que no son sin que subsistan zonas de sombra, y permanecen abiertas a muchos cuestionamientos...

¿No valdría la pena entonces volverse a plantear la cuestión de las formalizaciones de la temporalidad, y buscar opciones a su representación matemática mediante el conjunto de números denominados reales? ¿No sería más útil integrar en principio, así sólo fuese por razones fenomenológicas, en tal o cual dominio (el de las ciencias de la vida, en particular), en una noción matemática del tiempo, algunas de esas propiedades que tratamos de devolverle a la llegada? ¿Podemos imaginar una(s) matematización(es) no trivial(es) que describiera(n) un tiempo esencialmente irreversible, un tiempo de instantaneidad imprecisa, un tiempo múltiple y “espeso”? En el fondo, ¿no nos topamos con la demasiado fuerte imposición de una representación tradicional del tiempo que lo asimile al espacio? Ese “eje del tiempo” es, después de todo, una recta espacial, cuya pertinencia ya ni siquiera cuestionamos, y que trazamos sobre los diagramas ya habituales, horarios ferroviarios o líneas de universo einsteinianas. Ahora bien, esos esquemas, conceptualmente espacio-temporales, se vuelven materialmente espacio-

temporales, desde el momento en que se trazan en el plano geométrico del tablero o de la hoja: el eje de los tiempos, en efecto, se concreta ahí por medio de un eje espacial entre otros. ¿No olvidamos con demasiada facilidad que, en definitiva, esas representaciones no constituyen en definitiva sino cómodos procedimientos de visualización, metáforas pictóricas, convenciones gráficas, con sus límites intrínsecos? Quizá sea nuestra naturaleza de seres móviles y visuales lo que nos hace otorgarle tal privilegio al espacio, de manera que lo interiorizamos y lo utilizamos incluso para describir el tiempo; es un hecho que nuestras estimaciones espontáneas de las distancias son mucho mejores que las de las duraciones, y nuestras elaboradas teorizaciones sin duda se basan en los mismos fundamentos perceptivos. ¿Cuáles serían, pues, las representaciones del espacio y del tiempo que podrían elaborar seres inmóviles y ciegos (pero sensibles, por ejemplo, a los efectos acústicos, químicos, etc.)?

Una pista posible para una primera y modesta aproximación, que permanecería dentro del marco de la física teórica convencional, sería tomar como punto de partida no las nociones de tiempo y de espacio, sino las de espacio y de movimiento. En otros términos, en lugar de considerar el movimiento como una modificación espacial en el curso del tiempo, se trataría de construir el tiempo como un descriptor del movimiento en el espacio, y de ver si, desde ese punto de vista, puede desprenderse una conceptualización más flexible. Por lo demás, ¿no es así como se mide efectivamente el tiempo, por medio de la observación espacial de un movimiento, desplazamiento simple (las manecillas de un reloj), o transformación compleja (las cifras de una tabla numérica)? Después de todo, esto no sería más que volver a Aristóteles, para quien, como es bien sabido, “el tiempo es el número del movimiento”.

XXI. EL ORIGEN DE LOS TIEMPOS

UN PRINCIPIO SIN COMIENZO

LA COSMOLOGÍA FÍSICA MODERNA, bajo la etiqueta sensacionalista de “teoría del big bang”, sobrepasó ampliamente los medios profesionales, para expandirse, en formas más o menos simplificadas o deformadas, dentro del campo del saber común. Así, es público y notorio que, “como los sabios lo han demostrado, el universo nació hace ya cerca de 20 mil millones de años en una gigantesca explosión —el big bang. Este “nacimiento” del universo, de manera más o menos explícita, rápidamente es asimilado a una creación, y así se beneficia la recuperación apologética. Pero, independientemente de esas explotaciones, la idea misma de un “origen” del universo no deja de preocupar a las conciencias, tanto de los científicos como de los profanos.

Que un físico hoy pueda discutir con autoridad la noción de origen como tal no es algo que se dé por sentado: más bien, por su disciplina, la cuestión es nueva. Tal como se constituyó clásicamente, del siglo XVII galileano al principio einsteiniano del siglo XX, la física pretendió ser resueltamente ahistórica. De manera progresiva fue perdiendo su interés por el estudio de las cosas particulares de este mundo y se dedicó a convertirse en ciencia de las leyes generales y atemporales que rigen las cosas y sus cambios coyunturales. Podemos considerarla un esfuerzo determinado por construir en el espacio-tiempo una escena, pronto confundida con ese propio espacio-tiempo, bastante vasta como para que ahí puedan actuar todas las representaciones del mundo material; es decir, que el estudio de objetos específicos, de su evolución, de su historia y, en consecuencia, de su origen se ha delegado progresivamente a disciplinas interiores o exteriores. Así, la historia —y el origen— de la Tierra está asignada a la geofísica, la del sistema solar, a la astrofísica, la de la vida, a la biología, etc. Entonces, hasta el decenio de 1920 el físico podía considerarse un buscador de verdades eternas, que disponía de un marco fijo y permanente dentro del cual sólo se planteaban problemas de orden genealógico. A fin de cuentas, para el físico siempre ha sido de buen tono aparentar una especie de conmiseración desengañada por el cuestionamiento de los orígenes, a menudo y rápidamente remitido a la aporía del huevo y la gallina.

El decenio de 1920 a 1930 hizo caer esa visión, y reintrodujo triunfalmente la historia en la física. Evacuada “por debajo” hacia las ciencias usualmente consideradas menos fundamentales, volvió “por arriba” cuando, en un gesto de extrema presunción, la física dio como objeto de estudio propio nada menos que el Universo en conjunto, es decir, el marco espacio-temporal más general posible y su contenido material total. Los primeros modelos teóricos (Einstein, De Sitter, 1917) de esa cosmología en lo sucesivo científica expusieron la evolutividad genérica del universo y las dificultades encontradas por

cualquier concepción estática: se requieren hipótesis muy particulares y bastante arbitrarias para permitir al Universo permanecer estacionario, sin cambios, idéntico a sí mismo. La observación histórica del alejamiento mutuo de las galaxias (Hubble, 1926) vino a confirmar muy rápido que, de hecho, el Universo evolucionaba. Se adquirió el hábito de llamar “expansión del universo” a ese fenómeno de recesión universal. El término no es el mejor, en la medida en que sugiere la idea de un universo material a la vez limitado y en crecimiento en el seno de un espacio por lo demás vacío, como un pastel inflándose en el horno. Pero en verdad, el Universo no tiene límites espaciales definidos cuya regresión pudiera dar sentido a esa “expansión”. Es homogéneo, y no posee ningún punto privilegiado (“todos los lugares valen para él”, como para el Gato-que-camina-solo-y-no-le-importa-estar-aquí-o-allá de Kipling); su “expansión” no tiene un solo punto, ocurre, en todas partes a la vez en el espacio. Sin duda sería mejor hablar de la *dilatación* del Universo.

Pero aquí lo que nos interesa es más el tiempo que el espacio. La dilatación presente del universo muestra que tuvo un estado mucho más condensado. El estudio detallado, tanto teórico como observacional, de esa dilatación ha permitido remontar el curso del tiempo hasta un estadio primordial de extrema densidad, de donde salió el universo actual por un fenómeno expansivo, a menudo considerado explosivo, el famoso big bang. Pese a algunas tentativas desesperadas por evitar esta conclusión,¹ hoy es muy amplio el consenso en cuanto a las grandes líneas de este escenario. Lo que trajo consigo una convicción general es la observación experimental (Penzias y Wilson, 1962) de un “ruido de fondo” cósmico de irradiación electromagnética, especie de rumor de radio de la explosión primordial debilitado a lo largo de los tiempos. Estamos de acuerdo, al menos en la versión más simple del escenario, en fechar el big bang en cerca de 20 mil millones de años (figura 1a). Esta duración es lo que se llama la edad del Universo; por lo demás, su valor numérico exacto importa poco (los expertos todavía discuten si no serán más bien 10 mil millones): lo que quisiéramos comprender es la significación de ese número. ¿La finitud admitida de la edad del universo implica, pues, que la teoría física se junta y conforta el mito de la creación? Puesto que mirar lejos es mirar antes (a una distancia de 2 mil millones de años-luz, vemos por definición lo que pasó hace 2 mil millones de años), ¿al dirigir nuestros telescopios hacia las profundidades del espacio vamos a percibir, a 20 mil millones de años-luz, la mano de Dios actuando? Algunos lo piensan. Sin embargo, si es verdad que la historia del Universo comienza por “una vez, hace 20 mil millones de años”, ese cuento de hadas es un simple recuento de hechos que se puede interpretar de diversas maneras, para tratar el trastorno intelectual común que suscita la idea de este comienzo. Es que, evidentemente, ese enunciado plantea de inmediato la cuestión de la prehistoria: ¿qué sucedió antes del big bang? Uno puede intentar, por ejemplo, una operación de trivialización. Después de todo, si desde el big bang el universo está en dilatación, sería bastante razonable imaginar que alcanzó ese estado original por medio de una contracción previa. Así, el momento decisivo del big bang no sería más que el del rebote del universo, resurgiendo tras haberse hundido en sí mismo. Esta idea sería mucho más atractiva si pudiera reiterarse, con el universo

alternando fases de dilatación y de contracción en una respiración cósmica perpetua (figura 1b), marcada periódicamente por estados de extrema compresión, extraordinarios, desde luego, pero algo trivializados por su indefinida repetición. Una hipótesis así supone pues una futura (re)contracción del Universo, que entonces se denominaría “cerrado”. Pero los datos actuales de observación de la velocidad de su dilatación y de la densidad de su contenido material, que rige su evolución, son cada vez más difíciles de conciliar con este punto de vista. Muy por el contrario, parece que el Universo está “abierto” y en lo sucesivo prometido a una dilatación perpetua. Entonces y simétricamente, por su parte, la contracción previa debe de haber sido monótona, hasta el big bang (figura 1c); así, no porque ese momento ahora se inserte entre un *antes* y un *después*, es menos cierto que es único y que desempeña un papel singular. Por lo demás, sería extraña la historia de ese universo en contracción, simétrica de la historia de su dilatación que observamos, y vivimos: de un estado infinitamente vasto y vacío, pero poblado de estructuras organizadas (¿átomos, planetas, galaxias?), se contraería destruyendo poco a poco todas esas estructuras para llegar al informe caos primordial de donde renacería. Pero esta visión casi no puede tomarse en serio. En efecto, el estado original, en los modelos cosmológicos usuales, se presenta como una *singularidad* esencial, en el sentido matemático preciso de este término. Con esto queremos decir que es imposible para la teoría remontar el tiempo de manera continua “a través” del estadio primordial, y vincular su eventual antes con su después (y recíprocamente). En ese sentido, la analogía con el rebote de una pelota de tenis en el suelo (que podrían sugerir las figuras 1b y 1c) es engañosa y oculta el carácter irreductiblemente singular de ese “instante”.

Entonces, podemos remitirnos a una resignada política de espera. Después de todo, nuestros escenarios actuales sólo se fundan en las leyes de la física tal como las conocemos... Esta perogrullada se concreta desde el momento en que debemos admitir nuestro desconocimiento de los aspectos cuánticos de la gravitación. No obstante, sabemos que necesariamente deben manifestarse en escalas de tiempo de 10^{-43} s y de espacio de 10^{-35} m. Por ínfimas que sean estas dimensiones, por el momento marcan los límites de un dominio en cuyo interior nuestras teorías actuales son insuficientes. Por otra parte, también se puede conjeturar que entre las escalas más pequeñas dominadas por la física (digamos 10^{-27} s y 10^{-18} m) y las de la gravitación cuántica, citadas, se manifiestan otros fenómenos actualmente desconocidos. Nada prohíbe entonces pensar que la singularidad original del big bang es un simple artefacto de nuestro desconocimiento, y que progresos ulteriores disiparán esa apariencia, y dotarán al universo de una prehistoria compleja pero respetable, que remita a un pasado indefinido la cuestión del origen. En esencia, no hay sino poco que decir sobre un proceder así, a la vez respetable y frustrante. Claro está, es sumamente legítimo interesarse hoy en la teoría cuántica de la gravitación y, pese a considerables dificultades conceptuales y de cálculo, tratar de deducir consecuencias cosmológicas, sin ninguna duda llamadas a modificar profundamente nuestras concepciones (es la dirección que ilustran los trabajos de Hawking, en particular); sin embargo, sigue siendo necesario verificar la coherencia y profundizar en la interpretación de las teorías ya clásicas y con certeza aproximadas;

pero, ¿no lo son todas? Por lo tanto, no hay que confundir la cuestión de la validez empírica de una concepción como la del big bang estándar, con las cuestiones de su solidez teórica y de su significación.

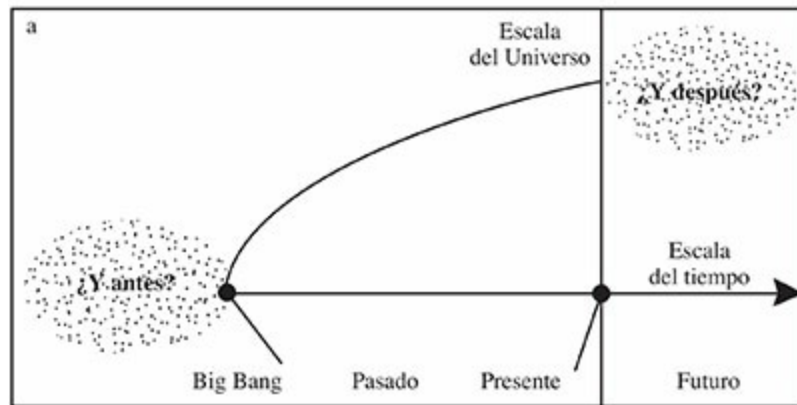


FIGURA 1a

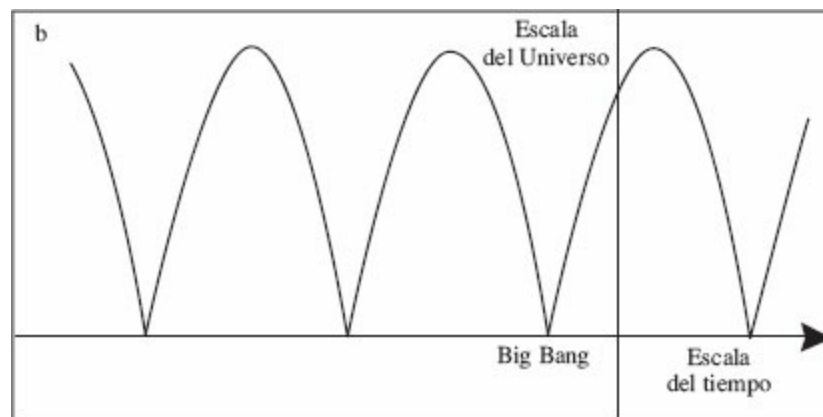


FIGURA 1b

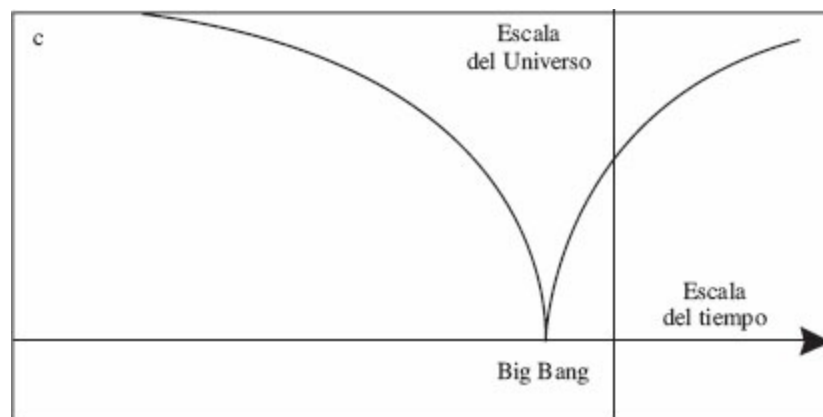


FIGURA 1c

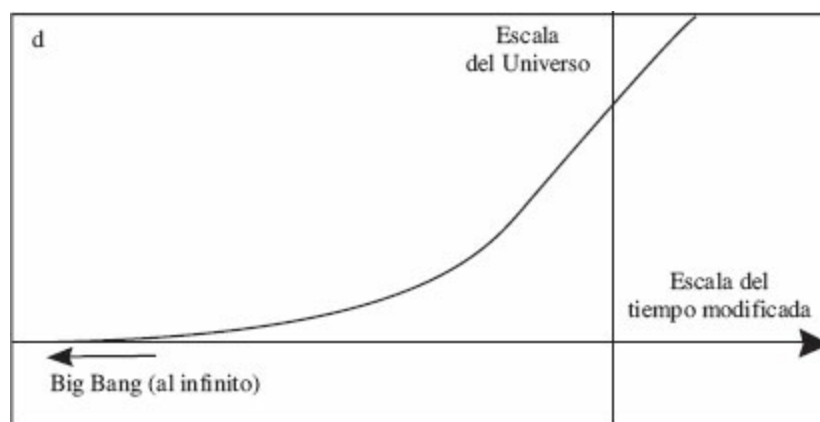


FIGURA 1d

Dicho de otro modo, a la inversa de lo que Marx pensaba del mundo, tal vez sea aquí menos urgente para la filosofía transformar la cosmología que interpretarla... La aparente finitud de la duración del Universo desde el estado inicial, ese intervalo de 20 mil millones de años, debe ser objeto de sospecha epistemológica. Después de todo, la física ya ha sufrido, en dos ocasiones, ese desconcierto del pensamiento suscitado por topar con un límite brutalmente asignado a una dimensión física. En primer lugar, la termodinámica demostró, en el siglo XIX, un cero absoluto de las temperaturas que, en la escala centesimal, se sitúa a -273.15°C . Después de cierta confusión, los físicos reconocieron que si la existencia de temperaturas inferiores es inconcebible, si resulta imposible descender por debajo de ese cero absoluto, es porque, en primer lugar, es imposible alcanzarlo. Una situación análoga prevalece para las velocidades. La relatividad einsteiniana, a principios del siglo XX, puso en claro una velocidad límite, de cerca de 300 000 kilómetros/segundo. Si esta velocidad es insuperable, es que es inalcanzable, en todo caso por los objetos materiales usuales. Tanto para la temperatura como para la velocidad, hoy los físicos ya saben que la finitud aparente de los límites (-273.15°C y 300 000 km/s) se atiene a convenciones de medida, ciertamente razonables y justificables, pero particulares. Estos valores límite numéricamente finitos son conceptualmente infinitos. Otras definiciones de dimensiones funcionalmente vinculadas con la temperatura o con la velocidad usuales pueden, por otra parte, modificar las escalas de medida y remitir los “límites” al infinito, evidenciando su carácter asintótico.²

Como el cero de las temperaturas y la velocidad límite, el big bang proviene de la misma ilusión óptica. Lo arbitrario de su determinación numérica es, por lo demás, patente. ¿Veinte mil millones de años? Pero ¿qué era el año cuando la Tierra aún no existía, ni el Sol, alrededor del cual su rotación define el año? Y si es verdad que la unidad de tiempo, el segundo, hoy se define en referencia a cierta vibración atómica, ¿qué era el segundo cuando los átomos aún no se formaban? Para remontarse en el tiempo se utilizan patrones que, necesariamente, pierden su significación física presente más allá de cierta época. La medida se hace prolongando una convención cuya significación y cuya progresiva abstracción no hay que olvidar. De hecho, el carácter asintótico del big bang aparece empíricamente por la reducción constante de la escala del

tiempo explorada a medida que nos acercamos a él: primero, se estudian los 20 mil millones de años pasados, luego, el primer millón, luego, los primeros años, los “tres primeros minutos”, los primeros milésimos, los millonésimos de segundo, etc.³ La franja del misterio original disminuye *indefinidamente*, sin anularse. En verdad, nos topamos con una singularidad, dicho de otro modo, con un punto de ruptura de la continuidad, mejor aún, de la contigüidad del eje de los tiempos. Es decir, que el instante “inicial” no puede considerarse como el principio de los tiempos, como un instante cero. Propiamente dicho, no pertenece al tiempo que, por ende, no tiene comienzo. Así, se puede afirmar que pasaron 20 mil millones de años desde el big bang, sin que por ello se pueda afirmar que se produjo hace 20 mil millones de años... En consecuencia, es injustificable interpretar ese escenario cosmogónico como una creación *ex nihilo*; al no estar en el tiempo, el big bang evidentemente no tiene “antes” y no es un comienzo. Sigue siendo lícito considerarlo como un origen para la cuenta del tiempo, pero con la condición de no olvidar que ese origen no pertenece a la sucesión de los instantes que se observan a partir de él. Más vale, entonces, pensar en que ese instante marca un horizonte infinito. Por lo demás, no es difícil encontrar otras convenciones de medida del tiempo, otras escalas, sobre las cuales el “principio” del big bang efectivamente se remite a “menos el infinito” (figura 1d). Así, el universo jamás habrá comenzado y, dentro de ese marco, la cuestión de saber qué habrá pasado antes del big bang ni siquiera se plantea. En verdad, la propia formalización teórica de la cosmología moderna, a saber, la relatividad general, implica y sugiere lo arbitrario del parametraje temporal utilizado para describir los fenómenos físicos. Dicho de otro modo, se pueden definir, con mucha naturalidad, otras escalas temporales diferentes a las del “tiempo cósmico universal”. En algunas de esas escalas, no hay instante inicial (el big bang “comienza en menos infinito”, si se quiere) y el universo ha existido y evolucionado desde toda la eternidad. Incluso es sencillo especificar una escala así de manera que adquiera un sentido físico claro: para ello, basta con considerar el universo como su propio reloj, es decir, con utilizar su factor de dilatación como marcador del paso del tiempo.⁴

Una metáfora concreta puede ayudar a comprender esta sutil dialéctica de lo finito y de lo infinito. Consideremos un mundo absolutamente plano. Imaginemos un prisionero encerrado en una celda en la cima de una torre. Por la ventana con barrotes percibe una vasta planicie cuya distancia le impide ver la bruma (figura 2a). Ante el penal, en la planicie, se extiende un camino sobre el cual el cautivo observa diversas idas y venidas; como tiene más tiempo libre que espacio, intenta precisar sus observaciones y sacar medidas verdaderas. Dispone para ello de una escala de medidas muy natural para observar en el camino a las personas y los animales que por ahí se desplazan: le basta con usar los barrotes de su ventana como una rejilla en la que se proyectan los móviles cuyos movimientos estudia. Desde el momento en que la bruma lo deja ver algo más que los accesos inmediatos de la torre, confirma con cierta sorpresa que el camino parece estrecharse a medida que se aleja. Con toda naturalidad, imagina que, en la bruma que siempre le oculta la distancia, el camino termina en un punto bien definido donde se reúnen los andenes convergentes. Incluso puede evaluar la distancia de ese punto límite:

ante su mirada el camino se proyecta sobre los barrotes de su ventana de manera que, prolongados por el pensamiento, los bordes se juntan entre el séptimo y el octavo barrote horizontales. Los movimientos de los vehículos y de los individuos, en la parte cercana y visible del camino, que corresponden a los primeros barrotes, le permiten estimar en cerca de 500 metros la longitud del camino que corresponde al intervalo entre dos barrotes. Concluye que el camino termina puntualmente a un poco más de tres kilómetros, lo que no deja de intrigarlo y de suscitar en él todo tipo de cuestiones metafísicas sobre el más allá de ese punto: ¿el camino continúa divergiendo, qué hay más allá, los viajeros pueden traspasar ese punto crítico, etc.? En fin, un día la bruma se levanta (figura 2b). Y, claro está, nuestro prisionero está consciente de que el camino es una cinta paralela, cuyos bordes *parecen* unirse en un punto de fuga, situado evidentemente en el horizonte, que es infinito (supusimos que la superficie es absolutamente plana). Sólo una marcación local y arbitraria podía haber hecho creer al preso que la finitud de la proyección del punto de fuga correspondía a su realidad física.

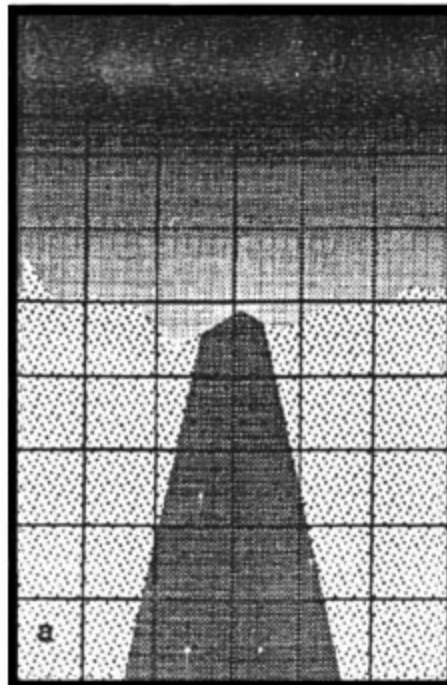


FIGURA 1

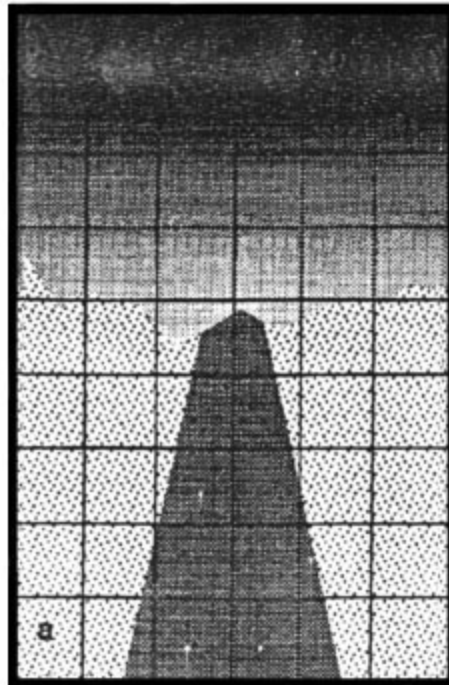


FIGURA 2

Tal vez, en la bruma que se extiende más allá de los barrotes de nuestra prisión temporal, también podemos imaginar que el origen del universo se pierde en el horizonte tranquilizador de la infinitud.

XXII. ¿LA FÍSICA, CIENCIA EN LA QUE NO SE DA LO COMPLEJO?

“EN EL CENTRO DE LA FÍSICA —que soñaba con un mundo bien fijado, bien ordenado— es donde lo complejo llegó a provocar desórdenes. De la termodinámica a la estructura general del cosmos, pasando por la microfísica, en todas partes se ha encontrado integración y desintegración.” Así comentaba *Le Monde aujourd'hui*, en su número del 3 y 4 de junio de 1984, un coloquio realizado en Montpellier sobre el tema de la complejidad. Dejemos de lado este texto tan rápidamente como fue escrito, y no glosemos sobre la audaz asimilación de lo complejo y del desorden, ni sobre el empleo al menos curioso de los términos demasiado polivalentes de “integración” y de “desintegración”. De él retengamos sobre todo que la física, en su calidad de ciencia exacta, se veía convocada así como testigo de moralidad epistemológica en apoyo de una noción —la constitución del artículo lo mostraba a todas luces— cuya importancia y eficacia potenciales concernían sobre todo a las ciencias biológicas y humanas. El físico, no obstante, no podría reconocer en esos pocos renglones una descripción pertinente de la evolución presente de su disciplina. La complejidad no es verdaderamente una palabra maestra de la física actual y no corresponde ni a un concepto específico ni a una problemática explícita, ni siquiera a un programa de investigación. Cuando mucho, el vocablo es utilizado, más o menos a propósito, en la exégesis epistemológica o el comentario periodístico, para evocar la renovación y la diversificación de ciertos temas de investigación, como, por ejemplo, el retorno con fuerza de estudios sobre fenómenos macroscópicos, desde los torbellinos en las bañeras hasta las pilas de arena. Pero quizá bastaría con decir que hoy la física reconoce la complicación (empírica), sin que por ello aborde la complejidad (teórica).

Por lo tanto, es difícil para el físico ir a depositar su óbolo para el nuevo ídolo y rendir homenaje a su dominio. Por lo demás, de ello lo disuadiría una desconfianza sistemática hacia la mayor parte de las nociones generales, de vocación interdisciplinaria y de pretensiones globales, que regularmente se nos proponen como panaceas que deberían paliar la diversificación del conocimiento. Es que la unificación forzada de los conocimientos es sin duda más estéril aún que su dispersión espontánea. La diversidad de las disciplinas es al mismo tiempo una prueba de su interés y de su buen uso, y los frecuentes llamados a la interdisciplinariedad y a la recomposición de las ciencias muy a menudo provienen de un fantasma irrisorio y a veces peligroso.¹ Pero los promotores de la complejidad disponen hoy de bastantes ilustraciones y aplicaciones de esa noción en ciencias biológicas, cognitivas y sociales, para casi no conmoverse ante tales reticencias, desde el momento en que la idea de complejidad se considera en su diversidad y su especificidad.

¿Qué sucede con la física y cómo justificar su relativa indiferencia ante la idea de complejidad? Para intentar responder a esta pregunta proponemos una definición provisional de la complejidad que parece justamente bastante precisa como para no caer inmediatamente en la trivialidad, y bastante general como para abarcar los casos en los que la pertinencia de la noción parece efectiva: “Se llamará ‘complejo’ un sistema en el que se manifiestan acoplamientos recíprocos entre niveles diferentes.”

En esta concepción, para que se pueda hablar de complejidad, es preciso *a)* que se distinga una estructura jerarquizada que muestre una pluralidad de niveles, pero *b)* que la articulación de esa estructura no sea lineal, en sentido único, sino mutua. En otros términos, lo que parece subyacer en la noción, por más que tenga un contenido definido,² es la conjugación de una *heterogeneidad estructural* y de una *reciprocidad funcional* a la vez. Esta definición presenta el interés de que puede aplicarse a todo tipo de sistema, material (un objeto natural) o intelectual (una construcción teórica), sean cuales fueren el tamaño o el número de elementos.

Pero entonces todo sistema real es *evidentemente* complejo, así se trate de una refinería de petróleo o de una molécula de hidrocarburo, de la teoría de la herencia o de una célula viva. Y si aceptamos esta definición, nos veremos ahí amenazados de volver a caer en la imprecisa universalidad. De manera que, si se puede escapar de la trivialidad, es justamente porque algunos sistemas se pueden describir y comprender ignorando o despreciando su complejidad inherente. Por lo tanto, aquí nos interesan menos los límites de validez o de pertinencia de la complejidad, que los de su utilidad, pues una de las mayores realizaciones de la física es llegar a tratar vastos pedazos del universo como si *no* fueran complejos, sujetándolos a esquemas lineales u homogéneos, a las dos cosas, a los cuales les falta la circularidad o la heterogeneidad constitutivas o ambas cosas de la complejidad, según la definición que hemos propuesto.

Consideremos el ejemplo fundamental, y por lo demás fundador, de la mecánica clásica. La trayectoria de un objeto —supongámoslo puntual, para simplificar— en un campo de fuerzas dado está regida por la dinámica newtoniana según el siguiente proceso: la posición del objeto en un instante dado determina la fuerza que actúa sobre él, la cual, según la ley de Newton, da la aceleración que, a su vez, caracteriza el movimiento, en consecuencia, la posición ulterior, etc. En este enunciado, hay claramente un acoplamiento mutuo entre las dos nociones heterogéneas de fuerza y de oposición, característico de la complejidad tal como la hemos definido. Ahora bien, la física no es la ciencia exacta por excelencia si no se matematiza; así, transforma el enunciado verbal anterior en una fórmula:

$$\frac{d^2r}{dt^2} = \frac{1}{m} F(r,t).$$

Esta ecuación diferencial se escribe aquí no por pedantería, sino porque explicita la operación misma por la cual la teoría física disipa la complejidad inicial del problema. La matematización de los conceptos de fuerza y de aceleración los depura de su concreto empírico y los transcribe dentro de un espacio abstracto en el que encuentran una

homogeneidad que demuestra con claridad la ecuación que las une. Asimismo, el nudo aparentemente paradójico de la cuestión (para conocer la trayectoria hay que conocer la aceleración, en consecuencia, la fuerza, que depende de la trayectoria, etc.) es dilucidado por la teoría general de las ecuaciones diferenciales que nos asegura la existencia de una solución bien definida, una vez conocidas las condiciones iniciales (posición y velocidad), y nos proporciona incluso los medios para calcularla efectivamente.

Tenemos aquí otro ejemplo, más moderno, tomado de la física nuclear. Los núcleos atómicos son, lo sabemos desde hace medio siglo, conjuntos de “ladrillos” (más elementales, los nucleones, de los que existen dos especies, el protón y el neutrón; así, con ocho protones y ocho neutrones, se fabrica un núcleo de oxígeno, con 92 protones y 146 neutrones, un núcleo de uranio, etc. Algunos de estos conjuntos son estables y persisten indefinidamente en su ser, si se les deja en paz. Otros, más numerosos, son inestables y mutan espontáneamente: es el fenómeno de radiactividad. En particular, la radiactividad beta consiste en la emisión de un electrón (y de un neutrino) por un núcleo que, al hacerlo, cambia de naturaleza. El caso más simple es el del neutrón mismo que, aislado, se transforma: neutrón $\rightarrow$ protón + electrón + neutrino (en cerca de un cuarto de hora). Ahora bien, esos mismos neutrones, individualmente inestables, son aquellos que entran en la composición de núcleos estables. Así, el nivel colectivo (el del núcleo) depende del nivel individual (el de los constituyentes, protones y neutrones) e influye a su vez en las propiedades de ese nivel; la inestabilidad propia de los neutrones aislados se inhibe por la estructura nuclear colectiva que producen. “¿No es éste justamente un soberbio ejemplo de complejidad?”, pregunta usted entonces al físico. “Si quiere...”, responde él evasivamente, al no encontrar casi ningún interés en una descripción verbal tan alambicada, como dueño que es de un concepto que, formalizando la situación, permite homogeneizarlo y romper una circularidad a cuyo vicio, prudente, teme oscuramente. En efecto, considerar la energía del sistema basta para deshacer el nudo. El neutrón es inestable, ya que su masa, superior a las del protón y del electrón juntos, le confiere, según la equivalencia einsteiniana ($E = Mc^2$), un excedente de energía en relación con esas dos partículas, que su desintegración le permite disipar. En el caso de un núcleo, su masa total, obtenida sustrayendo de la suma de las energías de masa individuales de los protones y neutrones, la energía potencial de enlace y de constituyentes, es la que rige la estabilidad, o la inestabilidad, según si no alcanza o rebasa las masas de los eventuales productos de una desintegración radiactiva. Es, pues, la ubicación en un mismo nivel teórico, por el concepto de energía, de propiedades que provienen de niveles empíricos diferentes —individuales (la masa de los nucleones) y colectivas (sus energías de enlace)— lo que hace cortocircuito al recurrir a la idea de complejidad.

Se podrían multiplicar los ejemplos. Todos muestran que donde una *descripción* de la situación física recuerda naturalmente la complejidad (en el sentido ya definido), su *análisis* puede ahorrarse. Sin duda, incluso se puede llegar a pretender que la teoría física se funda en el esfuerzo determinado para evitar tener que tratar la complejidad como tal. Este objetivo constituiría de alguna manera el paradigma o, al menos, un

programa específico de la física. La posibilidad de tal escapatoria está íntimamente vinculada con la matematización de la física, constitutiva de esta disciplina.³ Pero tal vez, finalmente, sucede o sucederá lo mismo en otros campos, en los que la profundización teórica (sean cuales fueren sus modos, no necesariamente matemáticos) establece conceptos generales en los cuales la heterogeneidad y la circularidad podrían perder su fuerza. ¿La noción de complejidad en definitiva no será un espejismo, tanto más frecuente cuanto más desierto esté el terreno del pensamiento? Sea cual fuere su utilidad para caracterizar un fenómeno (neurobiológico, sociológico, etc.), fundar su interés y estimular su investigación, la complejidad se disiparía así en cualquier análisis suficientemente elaborado como para dar cuenta de él, en el que la fluidez de la noción heurística se evapora en la aridez de la teoría formal, como esos mantos de agua que se perciben a lo lejos en el desierto y que desaparecen cuando se acerca el investigador sediento. Aquí, la metáfora no necesariamente pretende ser crítica: los espejismos pueden ser útiles; al menos hacen caminar a los viajeros, y a veces en la dirección correcta.

Pero la realidad *es* compleja, aun cuando la física se esfuerce en pasarlo por alto, y así puede avanzar sin reparar en obstáculos gracias a sus propias anteojeras. De tal manera que casi no debemos sorprendernos si vemos que el espectro de la complejidad, expulsado del objeto de la física, regresa a intensificar su práctica. En varios aspectos, en efecto, ahí se pueden mostrar modos de funcionamiento *complejos*, en el sentido riguroso ya definido; sin contradecir la plana transparencia de los enunciados de la física, se comprende entonces que resulten procesos menos simples y menos lineales de lo que a menudo se cree. Así, los diferentes dominios de la física se presentan de manera espontánea según una jerarquía de niveles linealmente imbricados que parecen justificar el reduccionismo común: la física de las partículas subyace en la física nuclear que, a su vez, está en la base de la física de las partículas que subyacen en la física nuclear que, a su vez, es la base de la física atómica y molecular que sirve de fundamento la física de la materia condensada, etc. Desde luego, es cierto que las leyes que operan en cada uno de estos niveles subyacen en la constitución material del siguiente; la existencia de los núcleos se volvió posible por la naturaleza de las interacciones entre las partículas (los nucleones) que los constituyen. Aun cuando se reconozca que ese reduccionismo sigue siendo una afirmación de principio más que un desarrollo efectivo (salvo en casos particulares, no se sabe explicar concretamente las propiedades detalladas del núcleo a partir de las fuerzas entre nucleones, ni las de las moléculas a partir de los núcleos y de los electrones), sirve de sustento teórico para establecer una jerarquía de valores entre las disciplinas, en las cuales las más nobles se identifican con las fundamentales: así, la física de las partículas reivindica así la preeminencia sobre la física molecular o la física de los sólidos, consideradas a veces como provenientes de una física vulgarmente aplicada. Esta presunción, si bien es ingenua, no es inocente, y sus efectos institucionales y económicos son mayores. La elección de las prioridades en la política de investigación y la parte presupuestaria dedicada a cada disciplina se resienten fuertemente.⁴ Compárense, por ejemplo, los financiamientos de la física de las partículas y de sus aceleradores titánicos

con los de la física de la materia condensada no obstante tan rica en potenciales aplicaciones técnicas. En consecuencia, no es inútil reprender un poco la arrogancia de la física fundamental haciendo notar que, si bien su aspiración subyace en los otros dominios, en cambio, es totalmente dependiente de ellos en el plano experimental. A manera de ejemplo, el equipo de la física de las partículas (detectores, contadores, computadoras) se basa ampliamente en los descubrimientos y las realizaciones de la física de los sólidos (transistores, superconductores, etc.). Mejor aún, la autonomía de los diversos niveles sigue siendo tal que cada uno sigue siendo un lugar de elaboración conceptual, y que una disciplina fundamental a menudo consigue importar ideas aparecidas en los ámbitos que pretende dominar (es el caso de la física estadística que fecundó en gran medida a la física de las partículas). Aquí está claramente esa interacción mutua entre niveles que hemos llamado complejidad. Tomarla en cuenta debería evitar los juicios de valor demasiado apresurados y aportar mayor flexibilidad en la administración de los organismos y los fondos de la investigación. Estas consideraciones, internas a la física, se extienden con toda naturalidad a las relaciones entre las grandes disciplinas científicas. Tales consideraciones permitirían revalorar el estatus de la química en relación con la física, por ejemplo, y sobre todo el de las ciencias sociales y humanas en relación con las ciencias biológicas y físicas. Ciertamente, tenemos necesidad de las primeras, cada vez más, para desarrollar y controlar las segundas...

A esta complejidad funcional y organizacional de la física se añade una complejidad formal y conceptual. La teorización, en física, no es unívoca. Una misma clase de fenómenos a menudo cae bajo el peso de formulaciones teóricas diferentes, sin duda equivalentes en cuanto a esa clase, pero con dominios de extensión más o menos amplios y conceptos básicos muy ajenos. Así, la mecánica clásica, la que permite calcular las trayectorias de puntos materiales sometidos a fuerzas dadas, puede formalizarse al menos de tres maneras: a la Newton, por medio de ecuaciones diferenciales, en las que las ideas de fuerza (acción a distancia) y de aceleración son primeras; a la Lagrange, mediante un principio de menor acción que considera las trayectorias globalmente y selecciona la trayectoria real entre el conjunto de las posibles; a la Hamilton, con un sistema de ecuaciones de derivadas parciales, que pone en primer plano las leyes de conservación. Estas teorizaciones son fundamentalmente diferentes y, fuera del campo de la mecánica clásica, muestran pertinencias muy diversas: la visión de Lagrange se extiende naturalmente en mecánica clásica relativista (einsteiniana), mientras que el punto de vista de Hamilton es el que se muestra más fecundo para el paso a una mecánica cuántica. Las equivalencias formales entre estos formalismos muy a menudo disfrazan articulaciones intrincadas entre sus nociones fundamentales. La existencia de esas relaciones entre formulaciones tan heterogéneas nos remite a una figura de la complejidad en la teoría física, con la condición de tomar en cuenta todo el espesor y la diversidad de su desarrollo. Claro está, esa complejidad de la estructura teórica de la física responde a la de lo real, en que coexisten e interactúan lo global y lo local, el movimiento y la

permanencia, lo elemental y lo compuesto, lo finito y lo infinito, etc.⁵ Es sumamente importante reconocer este polimorfismo, apreciarlo e impulsarlo, al menos por dos motivos: primero, en el plano epistemológico, puesto que, lo hemos dicho, diversas formulaciones equivalentes (formalmente) de una misma teoría se mostrarán más o menos fecundas en cuanto se trate de elaborar una teoría más profunda que la suceda; en el plano pedagógico y, más ampliamente, cultural, puesto que el acceso al manejo de tal teoría con frecuencia se facilita, y su comprensión se enriquece, por medio de la diversidad de sus presentaciones.

En resumen, las complejidades de la física, tal como las hemos esbozado, no constituyen sino un interesante elemento de análisis *a posteriori* para reflexiones históricas o filosóficas. Una mejor comprensión y una consideración explícita de ese carácter servirán para aclarar ciertos problemas en el propio trabajo de la física. Por ejemplo: el debate sobre los fundamentos y la interpretación de la teoría cuántica debe buena parte de su persistencia y de su confusión a la dificultad para reconocer la complejidad de las relaciones entre teoría clásica y teoría cuántica, si bien es normal que inicialmente hayamos interrogado a la segunda a partir de la primera y en sus términos, que eran los de la práctica corriente, hoy el problema interesante es fundar la primera sobre la segunda. Esta inversión de la interrogación transforma radicalmente las cuestiones y abre *motu proprio* nuevos espacios a la teoría; así, comprender la “no separabilidad” cuántica es un problema filosófico, que por mucho tiempo ha ocultado un problema físico: mostrar que los objetos clásicos son (más o menos) separables, aun cuando sus constituyentes fundamentales cuánticos no lo son. Sería interesante estudiar desde un punto de vista análogo la discusión del “principio antrópico”; la distinción de los niveles (el observador/el universo) y la asimetría de sus relaciones (en las que, tampoco coinciden el análisis epistemológico y la deducción teórica) sin duda permitirían aclarar la confusión.

Así, es preciso reconocer que la física, si bien no es una ciencia de lo complejo, sí es una ciencia compleja.

FUENTES

Los textos reunidos en esta obra constituyen versiones actualizadas, revisadas y corregidas más o menos a profundidad según el caso, de artículos o de exposiciones cuyas referencias se encuentran a continuación

I. DEFI-CIENCIAS

Colloque de l'Association des musées et centres de culture scientifique et technique (AMCSTI), Barcelona, septiembre de 1994; "Défisciences". *Alliage*, núm. 22, 1995, p. 2.

II. LA CIENCIA EN FALTA

"La science en manque", *Le Magazine littéraire*, núms. 239-240, 1987, pp. 58-60.

III. DESCONOCIMIENTO DE CAUSA

"En méconnaissance de cause", *Le Genre humain*, núm. 26, 1992.

IV. EL LADRILLO DE HEIDELBERG

"Le pavé de Heidelberg", *Le Monde diplomatique*, agosto de 1992.

V. ¿PARA QUÉ (A QUIÉN) SIRVE LA INVESTIGACIÓN?

"Mutations dans la recherche?", in *L'état des sciences et des techniques* (colectivo, dir. de N. Witkowski), La Découverte, 1991.

VI. LA CIENCIA EN LA CIUDAD

"Garantir la compétence scientifique collective", in *La France au-delà du siècle*, collectif, L'Aube/DATAR, 1995.

VII. UNA CULTURA SIN MEMORIA

"Un savoir sans mémoire", *Le Genre humain*, nº 18, 1988, pp. 195-209.

VIII. LA MUSA DE LA TÉCNICA

Colloque "Les arts et métiers en révolution, renaissance d'un musée", musée national des Techniques, Paris, décembre 1991.

IX. ¿CIENCIAS ASOCIALES E INHUMANAS?

Colloque "Una pedagogia nuova per la ricerca scientifica", Università degli studi di Torino, Turin, mayo 1995.

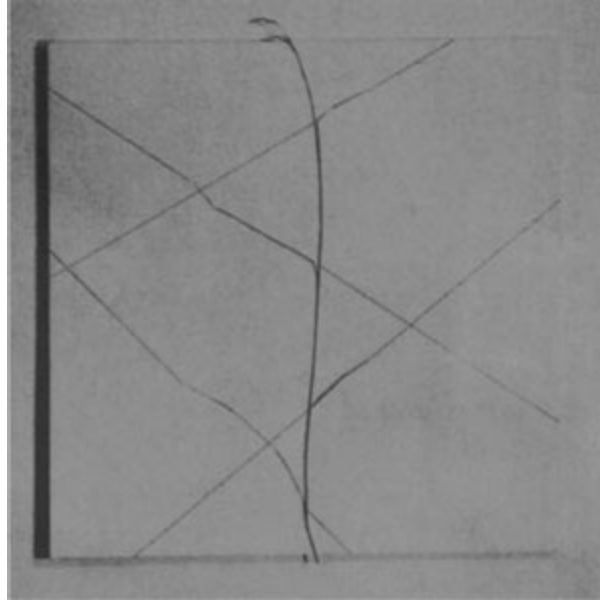
X. IMPRESIONES DE UN INVENTOR

"Les impressions d'un inventeur", *Alliage*, nº 5, 1990, p. 51-56.

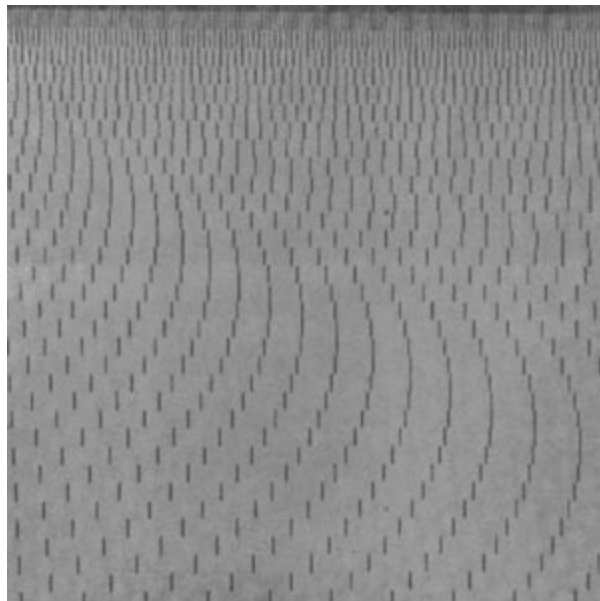
XI. PARA UNA CRÍTICA DE LA CIENCIA

Recontres "Création artistique, découverte scientifique", École d'art de Marseille-Luminy, 1988; "La science en mal de critique", *Verba volant*, nº 1, 1989, p. 69-78.

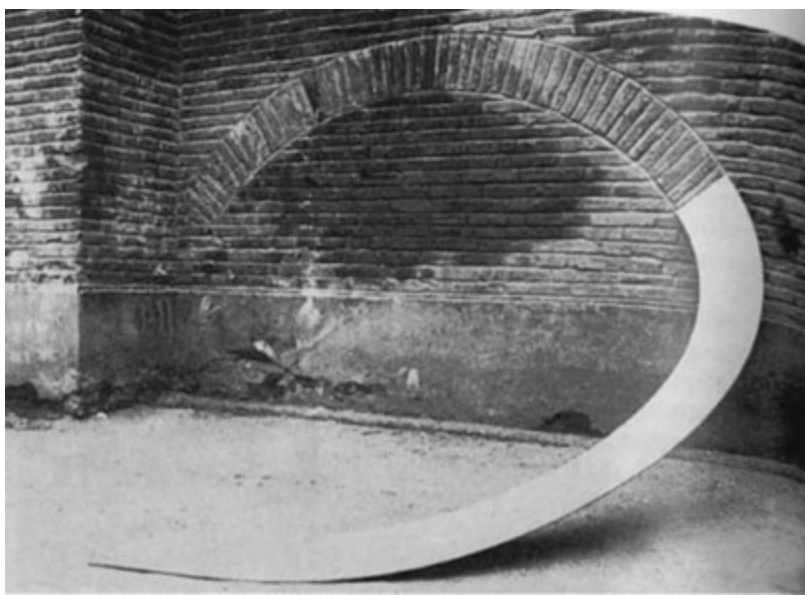
- XII. BREVES ENCUENTROS
Colloque “Mathématiques et art”, Cerisy, 1991; in *Mathématiques et art* (collectif sous la dir. de M. Loi), Hermann, 1995.
- XIII. EL ESPEJO, LA RETORTA Y LA PIEDRA DE TOQUE
Colloque “Épistémocritique et cognition”, université Paris VIII et université de Montréal, Paris, mars 1992; “Le miroir, la cornue et la pierre de touche”, *TLE*, n° 12, 1993, pp. 17-43.
- XIV. HIPÓTESIS *FINGO*
Colloque, “Science et science-fiction”, université de Nice, Valbonne, avril 1991.
- XV. LA LENGUA IMPULSA A LA CIENCIA
Colloque “Sciences et langues en Europe”, Semaine européenne de la culture scientifique, Centre Alexandre-Koyré, Paris, novembre 1994.
- XVI. HABLAR CIENCIA
Colloque “Langue, sciences, culture”, GERSULP, université Louis-Pasteur, Strasbourg, décembre 1988. “Halte au technosabir”, *Libération*, 4 mayo 1994.
- XVII. EL MURCIÉLAGO Y LA LECHUZA
Colloque “Science et philosophie, pour quoi faire?”, *Le Monde*, Le Mans, 1991; in *Science et philosophie, pour quoi faire?*, Le Monde-Éditions, 1991.
- XVIII. PRÁCTICAS DEL INFINITO
Colloque “L’infini”, Barcelone, 1988; “La pratique physique de l’infini”, *Le Genre humain*, n° 24-25 (“Fini et infini”), 1992, pp. 193-208.
- XIX. EIGUAL A EME-CE-DOS
Entretiens de la Villette, “L’énergie après Einstein”, *Bull. Union Physiciens*, n° 769, 1994, pp. 1-14.
- XX. ¿CÓMO ESTÁ EL TIEMPO?
Colloque “Le temps et sa flèche”, société française de physique, Paris, décembre 1993; in *Le temps et sa flèche* (collectif sous la dir. d’É. Klein et M. Spiro), Frontières, 1994.
- XXI. EL ORIGEN DE LOS TIEMPOS
Colloque “le temps dans les sciences”, Institut français de Bucarest, 1993; in *Le temps dans les sciences* (collectif sous la dir. de B. Nocolescu, N. Dodille et Ch. Duhamel), L’Harmattan, 1995.
- XXII. ¿LA FÍSICA, CIENCIA EN LA QUE NO SE DA LO COMPLEJO?
Colloque “la complexité”, Cerisy, 1988; in *La complexité*, (collectif, sous la dir. de F. Fogelman), Le Seuil, 1991.



1. François Morellet, *Geometree n° 26*, 1983, paja, acrílico sobre tela, encolado en madera, 130 x 130 cm.
Colección del artista.



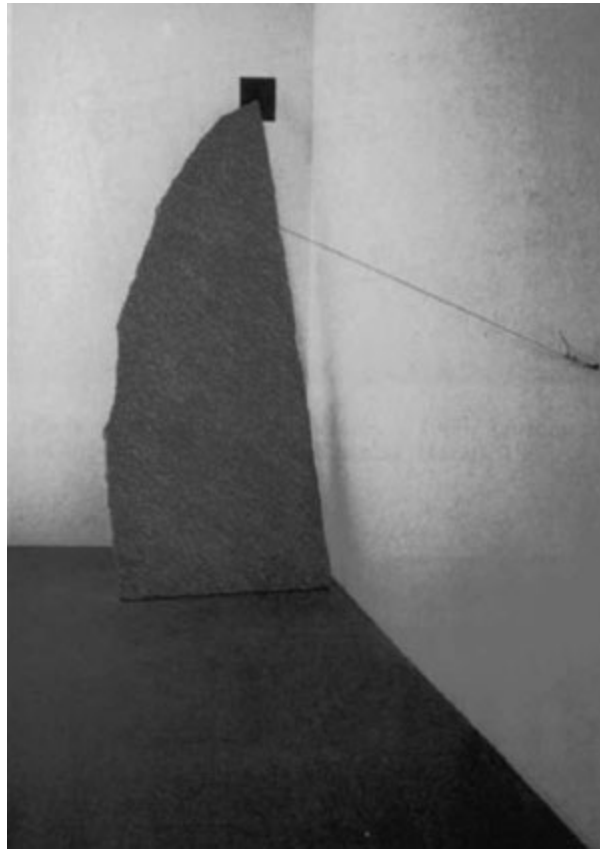
2. François Morellet, *Hileras de 4 centímetros cuyo espaciamiento aumenta 4 mm en cada fila*, 1975, óleo sobre tela, 140 x 140 cm. Colección Manfred Wandel, Stuttgart.



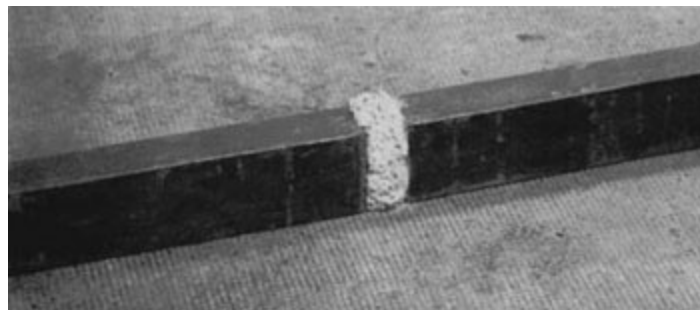
3. François Morellet, *Arco de círculos complementarios*, 1983, Museo de los Jacobinos, Tolosa.



4. Giovanni Anselmo, *Invisible*, 1971-1973, plomo con inscripción grabada, 5 x 6 x 10 cm y 5 x 12 x 10 cm.
Colección André Goemine, Nazareth, Bélgica.



5. Giovanni Anselmo, *Verso oltremare* (Hacia ultramar), 1984, piedra, cable y lapizlázuli, 310 cm, castillo de Rívoli.



6. Giovanni Anselmo, *Respiro* (detalle), esponja y dos vigas metálicas de 11 x 6 x 452 cm cada una. Colección Christian Stein, Turín.



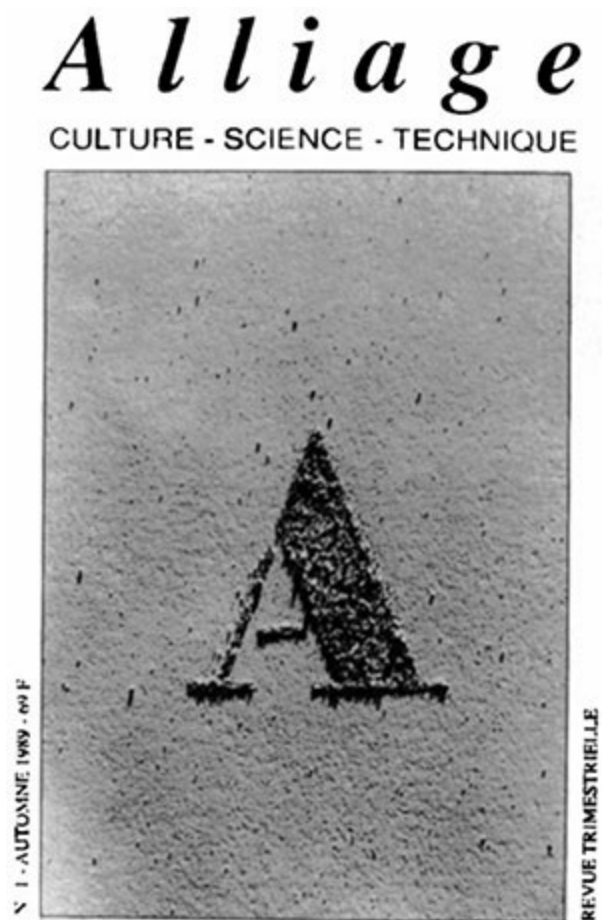
7. Giuseppe Penzone, *Ripetere il bosco* (detalle), 1969-1991, madera. Museo de las Bellas Artes, Nantes.



8. Piotr Kowlaski, *Esto se desplaza...*, 1969, sello. En Jean-Christophe Bailly, *Piotr Kowalsky*, Hazan, 1988.

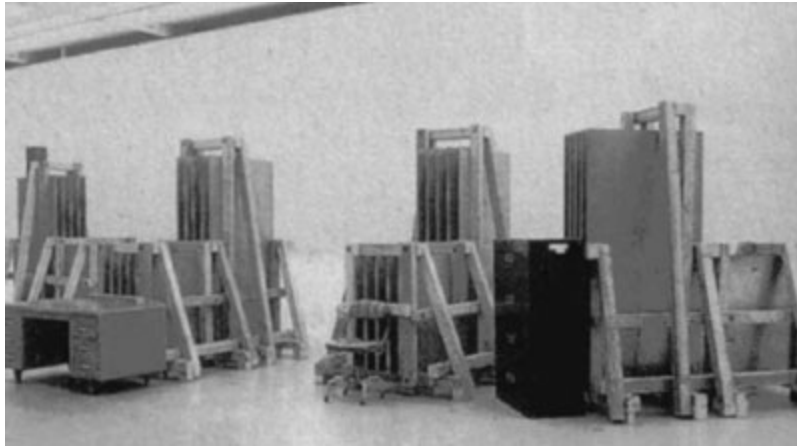


9. Piotr Kowalski, *Identidad nº 4*, pacas de paja tubos de neón y tela de plástico impresa en plantilla coloreada, instalación en el Museo Galliera, 1974. Colección del artista.



10. Piotr Kowlaski, portada del primer número de *Alliage*, 1989, arena sobre papel 12 x 17 cm, fotografía de Sara Holt. “A de *Alliage*, A por ser el primer número, A por alianza, y arena por todo el sentido que los granos

individuales pueden hacer unidos.” P. K.



11. Joseph Beuys, *Brunhilde in der Kucke*, 1981, cobre, madera y mobiliario de oficina.



12. Joseph Beuys, *Eurasia 32. Satz*, 1965, acción Copenhagen.



13. Joseph Beuys, *Olivestone*, piedra y aceite, instalación en el castillo de Rivoli, 1984.

© ADGP, 1996 para las obras de Joseph Beuys, Piotr Kowalski y François Morellet.
Todos los derechos reservados para las otras obras reproducidas así como para las fotografías.

PRÓLOGO

¹ Esta idea se desarrolla más adelante; véase “Para una crítica de la ciencia”, p. 149.

² Por ejemplo: Paul Feyerabend, *Science in a Free Society*, New Left Books, 1978; Bruno Latour, *La clef de Berlin*, La Découverte, 1993 (reedición con el título: *Petites leçons de sociologie des sciences*, Le Seuil, 1996); Harry Collins y Trevor Pynch, *Tout ce que vous devriez savoir sur la science*, Le Seuil, 1994; François Lurçat, *L'autorité de la science*, Le Cerf, 1995. Y el conjunto de entregas de la revista *Alliage* (*Culture, science, technique*). La anterior obra del autor, con título de inspiración ya alquímica, daba cuenta, desde luego, de la misma problemática: Jean-Marc Lévy-Leblond, *L'esprit de sel* (*Science, culture, politique*), Le Seuil, 1984.

³ Maurice Goldsmith, *The Science Critic*, Routledge & Keagan Paul, Londres, 1986; “Critique de science, une nouvelle profession?”, *Alliage*, núm. 3, primavera de 1990, pp. 3-7.

I. DEFI-CIENCIAS

¹ Derek de Solla Price, “An Extrinsic Value Theory for Basic and ‘Applied’ Research”, en *Science and Technology* (Joseph Haberer comp.), Lexington Books, 1977. Traducción francesa: “La valeur extrinsèque de la recherche”, *Alliage*, núm. 19, 1994, p. 8.

² Véase *Nature*, núm. 368, 1994, p. 175.

³ Mohamed Larbi Bouguerra, *La recherche contre le tiers monde*, PUF, 1993.

⁴ Jean-Claude Salomon, *Le tissu déchiré*, Le Seuil, 1991.

⁵ Véase *infra* el capítulo “Un saber sin memoria”.

⁶ Farida Faouzia Charfi, “Les islamistes et la science”, *Alliage*, núm. 22, 1995, p. 7.

⁷ Henri Atlan, *À tort et à raison* (*Intercritique de la science et du mythe*), Le Seuil, 1986.

⁸ Freeman Dyson, *D'Eros à Gaia* (*Pour une science à échelle humaine*), Le Seuil, 1995.

II. LA CIENCIA EN FALTA

¹ Jean-Marc Lévy-Leblond y Alain Jaubert (comps.), *(Auto)critique de la science*, Le Seuil, 1973.

² Hilary Rose, Steven Rose *et al.*, *L'idéologie de/dans la science*, Le Seuil, 1977.

³ Observemos que —¿signo premonitorio?— el físico Otto von Guericke era

burgomaestre de Magdeburgo y que su Gran Experiencia se llevó a cabo solemnemente ante los diputados de la Dieta de Ratisbona.

⁴ Jean-Marc Lévy-Leblond, *Mettre la science en culture*, Anais, Niza, 1986.

III. CON DESCONOCIMIENTO DE CAUSA

¹ *Encyclopédie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers* (3ª ed.), Neuchatel, 1779, XLV, p. 41.

² Véase *infra* el capítulo “El ladrillo de Heidelberg”.

³ William Broad y Nicholas Wade, *La souris truquée*, Le Seuil, col. Science Ouverte, 1987.

⁴ Marie-Angèle Hermitte, *Le sang et le droit*, Le Seuil, col. Science Ouverte, 1996.

⁵ Véase la saludable e innovadora obra colectiva bajo la dirección de Josiane Olff-Nathan, *La science sous le Troisième Reich —victime ou alliée du nazisme?*, Le Seuil, col. Science Ouverte, 1993.

⁶ Ernest Renan, “*L’avenir de la science. Pensées de 1848*”, en *Oeuvres complètes* (H. Psichari comp.), t. 3, Calmann-Lévy, 1949, p. 757.

⁷ *Idem*, “*Dialogues philosophiques*”, *ibid.*, t. 1, 1947, p. 596-597 y 599.

⁸ *Nature*, núm. 358, 2 de julio de 1992, p. 9.

⁹ Tomo esta fórmula de una ponencia de Blandine Barret-Kriegel en el coloquio de Le Mans de 1991, *La philosophie, pour quoi faire?* Textos publicados con la dirección de Roger-Pol Droit, Le Monde-Editions, 1992.

¹⁰ Los textos que siguen aparecen en la introducción de Fernand Hallyn a su traducción del *Sidereus Nuncius*: Galileo Galilei, *Le messenger des étoiles*, Le Seuil, col. “Sources”, 1992. Véase también Marco Biagioli, *Galileo*, Courtier, University of Chicago Press, 1993.

¹¹ Bertolt Brecht, *La vie de Galilée* (trad. Éloi Recoing), L’Arche, 1990.

IV. EL LADRILLO DE HEIDELBERG

¹ Véase *supra* el capítulo “Con desconocimiento de causa”.

V. ¿PARA QUÉ (A QUIÉN) SIRVE LA INVESTIGACIÓN?

¹ Derek de Solla Price, “La valeur extrinsèque de la recherche”, *op. cit.*, pp. 8-16.

VI. LA CIENCIA EN LA CIUDAD

¹ Este texto fue redactado en el marco de un estudio colectivo financiado por la Delegación para la Organización del Territorio.

² Véase *supra* el capítulo “¿Para qué (a quién) sirve la investigación?”

³ Véase, por ejemplo, Robert Teitelman, *Profits of Science: The American Marriage of Business and Technology*, Basic Books, 1994.

⁴ A manera de ejemplo reciente, la síntesis completa del taxol (un producto importante en las investigaciones farmacológicas actuales) fue publicada en un artículo firmado por 10 autores provenientes de ocho países diferentes (*Nature*, núm. 367, pp. 630-634).

⁵ Véanse algunos datos en cifras sobre esta “paradoja económica” en el capítulo “Deficiencias”.

⁶ Véase el inventario que hicieron Michel Callon, Philippe Larédo y Philippe Mustar, “Panorama de la science française”, *La Recherche* núm. 264, 1994, pp. 378-383.

⁷ Véase, también, el capítulo “¿Para qué (a quién) sirve la investigación?”, *supra*.

⁸ Véase *supra* el capítulo “Con desconocimiento de causa”.

⁹ Para una versión concisa, véase Marie-France Vô-Cheylus, “La ville comme territoire universitaire”, *Art + Université + Culture*, núm. 11, 1994, pp. 14-17, y, para un análisis crítico documentado, J.-F. Pousse, *Techniques et architecture*, núm. 410, 1993, p. 78.

¹⁰ Véase “L’université, acteur culturel dans la cité”, *Études et travaux du GRICC* (Agrupación Interuniversitaria de Cultura y Comunicación, Tolosa), núm. 1, 1994.

¹¹ Véanse los debates de la mesa redonda “Culture scientifique et technique, et développement local”, especialmente las intervenciones de Bernard Latarjet y de François Letourneux, en las Actas del décimo coloquio de la Asociación de Museos y Centros de Cultura Científica y Técnica, París, junio de 1992 (AMCSTI).

¹² Véase la evaluación crítica de Catherine Bédarida, en su libro *SOS Université*, Le Seuil, 1994, pp. 141-156 (Les mini-facs des villes moyennes”).

¹³ Véase *Alliage*, núms. 24-25, 1995, número especial “Science et culture autour de la Méditerranée”.

VII. UNA CULTURA SIN MEMORIA

¹ Véase Jean-Marc Lévy-Leblond, “Vrai/Faux”, en *Aux contraires (L’exercice de la pensée et la pratique de la science)*, Gallimard, NRF-Essais, 1996.

² Victor Hugo, *L’Art et la Science*, Anais/Actes-Sud, 1985.

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

⁵ Véase Jean-Marc Lévy-Leblond, “Absolu/Relatif”, en *Aux contraires*, *op. cit.*

⁶ Jean-Pierre Lecardonnel llevó a cabo un estudio detallado de estos trabajos y de su

cronología en su tesis de tercer ciclo, *Variations sur le principe de relativité*, Universidad de París-VII, 1979.

⁷ *Nature*, núm. 332, 24 de marzo de 1988, p. 304.

VIII. LA MUSA DE LA TÉCNICA

¹ Bruno Jacomy, *Une histoire des techniques*, Le Seuil, col. Points-Sciences, 1990.

² Geoffrey Hindley, “Musique et technologie”, *Alliage*, núm. 10, 1991, pp. 31-37; véase también Bruno Jacomy, “Enquête sur un bouton”, *Alliage*, núm. 14, 1992, pp. 11-23.

³ Bruno Latour, *La clef de Berlin*, La Découverte, 1993 (reeditado con el título: *Petites leçons de sociologie des sciences*, Le Seuil, 1996).

IX. ¿CIENCIAS ASOCIALES E INHUMANAS?

¹ Véase *Technique et culture*, núms. 23-24, 1994, núm. especial “Cultures de bêtes... outils qui ‘pensent’”.

² Véase *infra* el capítulo “El murciélago y la lechuza”.

³ Véase “Avant/...”, en Jean-Marc Lévy-Leblond, *Aux contraires*, *op. cit.*

⁴ Véase “Vrai/Faux”, *ibid.*

XI. PARA UNA CRÍTICA DE LA CIENCIA

¹ William Broad y Nicholas Wade, *La souris truquée*, Le Seuil, col. Science Ouverte, 1987.

² Jean-Marc Lévy-Leblond, *Aux contraires (L'exercice de la pensée et la pratique de la science)*, Gallimard, NRF-Essais, 1996.

³ Véase *supra* el capítulo “Un conocimiento sin memoria”.

⁴ Evelyn Fox-Keller, *L'intuition du vivant (la vie et l'œuvre de Barbara McClintock)*, Tierce, 1988.

⁵ Los aspectos políticos de la crítica de ciencia se consideran en la primera y la segunda parte de este libro.

XII. BREVES ENCUENTROS DEL ARTE Y DE LA CIENCIA

¹ Véanse los libros de Jacques Perriault, en particular *La logique de l'usage*, Flammarion, 1989.

² Las ilustraciones de este capítulo se encuentran en un pliego aparte.

³ Con una problemática muy diferente, la gravedad se le devuelve también al mundo de la percepción por medio de ciertos trabajos de Rabinowitch; véase Jean Marc Lévy-Leblond, "A propos de David Rabinowitch", *Artpress*, núm. 193, julio de 1994.

* Juego de palabras entre Ponge y *éponge*, esponja en francés [T.]

⁴ La vía la abrió, y con cuánta fuerza, Louis Bec en la histórica exposición "Lo vivo y lo artificial", que organizó en Avignon en 1982.

⁵ Pol Bury, *Les horribles mouvements de l'immobilité*, Carmen Martínez, 1977.

⁶ *Alliage (Culture-science-technique)*, revista trimestral, Anais, 78 calle Saint -Pierre - de -Féric, 06000 Niza.

XIII. EL ESPEJO, LA RETORTA Y LA PIEDRA DE TOQUE

¹ Las referencias bibliográficas, cuya abundancia se explica por la naturaleza misma de este texto, se reúnen al final del capítulo.

² Véase *infra*, el capítulo "La lengua impulsa a la ciencia".

³ Recordemos después de Queneau que esa quintaesencia de las labores de cálculo, la tabla de logaritmos, en la versión que han utilizado los estudiantes de bachillerato durante numerosas décadas, tenía como autores a los señores Bouvard y Ratinet.

⁴ Los márgenes de la ciencia, por donde vagan tantos Quijotes de la física, marginales de la cosmología, niños perdidos de la biología, aún esperan los estudios que se merecen, y que aclararían de manera singular la ciencia "normal" (Lévy-Leblond, 1980 b). En cambio, le debemos a la literatura, en este caso a la novela de Queneau, *Los niños del limo*, el más serio reconocimiento de esos márgenes.

⁵ Véase el capítulo "El murciélago y la lechuza", *infra*.

⁶ Sólo Antoine Vitez, en lo que fue su última puesta en escena, en 1991, en la Comedia Francesa, supo recuperar plenamente la riqueza y el poder de la pieza de Brecht. Por fortuna queda una versión filmada por Hugo Santiago.

⁷ Para un estudio general sobre las relaciones entre la ciencia y el teatro, véanse los trabajos de Daniel Raichvarg (Raichvarg, 1993).

⁸ Tal vez al lector le sorprenda no ver citado a ningún autor de ciencia-ficción. Es que la ciencia-ficción, género literario, a menudo no tiene que ver con la ciencia más que con rasgos superficiales de pura forma. Pero ésta es una discusión que hay que realizar en otra parte de manera más profunda. Véase, no obstante el capítulo "Hipótesis *finjo*".

⁹ Para la historia y la resolución del enigma, véase Harrison, 1990.

¹⁰ Quizá sea aquí donde la ciencia-ficción *stricto sensu* puede desempeñar cierto papel (y, por lo demás, ya lo desempeña, sin duda alguna).

¹¹ No sería excesivo recomendar, a manera de comparación y por su interés literario propio, la lectura de las obras de Galileo (Galilei, 1992 a y b).

XIV. HIPÓTESIS *FINGO**

* Paráfrasis de la frase de Newton *Hypothesis non fingo*, que significa: “No hago hipótesis”. [E.]

¹ Sobre las relaciones de la ciencia y la literatura, véase el capítulo “El espejo, la retorta y la piedra de toque”, *supra*. en el que se encontrarán las referencias de las obras citadas y muchas otras. Paul Braffort dedicó una obra a esta cuestión, *Las bodas de la ciencia y de la literatura*, Diderot, 1996.

² Alfred Ernout y Antoine Meillet, *Dictionnaire étymologique de la langue latine*, Klincksieck, 1959.

³ Véase Jean-Marc Lévy-Leblond, “Éloge des théories fausses”, en *L’esprit de sel (Science, culture, politique)*, Le Seuil, pp. 76-84.

⁴ Sobre el papel del modo condicional en el conocimiento científico, véase Jean-Marc Lévy-Leblond, “Vrais/Faux” en *Aux contraires. L’exercice de la pensée et la pratique de la science*. Gallimard, NRF-Essais, 1996.

XV. LA LENGUA IMPULSA A LA CIENCIA

¹ Roland Barthes, en *Le bruissement de la langue*, Le Seuil, 1993.

² Jean-Marc Lévy-Leblond, “ Physique et mathématique”, en *Encyclopaedia Universalis*.

³ Lavoisier *et al.* *Méthode de nomenclature chimique*, Le Seuil, 1994. Véase la introducción de Bernadette Bensaude-Vincent.

⁴ Véase el capítulo “Hablar ciencia”, *infra*.

⁵ Jean Marc Lévy Leblond, “Certain/Incertain”, en *Aux contraires. L’exercice de la pensée et la pratique de la science*, Gallimard, NRF-Essais, 1996.

⁶ Jean-Marc Lévy-Leblond, “Fini/Infini”, en *Aux contraires, op. cit.*; véase el capítulo “Prácticas del infinito”, *infra*.

⁷ A nadie le extrañará ver a uno de los *quarks* denominado *top* como las modelos del mismo nombre, sin hablar del que se llama *bottom*.

⁸ Véanse los análisis de Henri Atlan, en particular en *Questions de vie* (con Catherine Bousquet), Le Seuil, 1994.

⁹ Véase el capítulo “Un conocimiento sin memoria”, *supra*.

¹⁰ Stella Baruk, *L’âge du capitaine*, Le Seuil, 1992.

¹¹ Véase el capítulo “El espejo, la retorta y la piedra de toque”, *supra*.

XVI. HABLAR CIENCIA

¹ Véase, por ejemplo Bruno Latour y Steve Woolgar, *La vie de laboratoire*, La Découverte, 1988.

² Como lo demostró Paul Feyerabend, *Contre la méthode*, Le Seuil, 1979.

³ Richard P. Feynman, *La nature de la physique*, Le Seuil, 1980; *Vous voulez rire, M. Feynman!*, Interéditions, 1985; *Lumière et matière*, Le Seuil, 1993.

⁴ Se puede pensar que precisamente esa dimensión mítica es la que influye en el éxito desproporcionado del libro de Stephen Hawking, *Une brève histoire du temps*, Flammarion, 1989.

⁵ Véase Jean-Marc Lévy-Leblond, “Vrai/Faux” en *Aux contraires (L’exercice de la pensée et la pratique de la science)*, Gallimard, NRF-Essais, 1996.

⁶ En una carta al escritor Hermann Broch, Einstein estaba de acuerdo en que había despreciado demasiado el “yo” y el “tú” en favor del “se” o el “él” de la ciencia...

⁷ Véase “La lengua impulsa a la ciencia”, *supra*, p. 228.

⁸ Hans Georg Gadamer, entrevistado por Jacques Poullain, en *Le Monde*, 3 de enero de 1995.

XVII. EL MURCIÉLAGO Y LA LECHUZA

¹ Véase la bibliografía general al final de este capítulo.

² Véase “Hipótesis fingo”, *supra*, p. 219.

³ Véase “El espejo, la retorta y la piedra de toque”, *supra*.

XVIII. PRÁCTICAS DEL INFINITO

¹ Galileo Galilei, *Discours concernant deux sciences nouvelles* (trad. M Clavelin), Armand Colin, 1970. Véanse particularmente pp. 30-36.

² Jean-Marc Lévy-Leblond, “Physique et mathématique”, en *Penser les mathématiques* (colectivo dirigido por M. Loï), Le Seuil, 1982.

³ Véase la distinción tan claramente precisada por Stella Baruk entre “número” y “número de” en su *Dictionnaire de mathématiques élémentaires*, Le Seuil, 1992.

⁴ Es divertido notar al respecto que el dogma neopositivista en la física moderna tuvo como abogado principal a Heisenberg, quien también fue el iniciador de la utilización de complejos métodos teóricos, fundados en consideraciones de posibilidad de análisis de dimensiones físicas consideradas como funciones prolongadas en el dominio complejo.

⁵ Se encontrará una versión más desarrollada de las presentes consideraciones, que detalla ciertas formulaciones matemáticas, en “La physique et l’infini en pratique”, en *Infini des philosophes, infini des astronomes* (colectivo dirigido por Françoise

Monnoyeur), Belin, 1995.

⁶ Para una elaboración reciente sobre estas cuestiones, véase *Renormalization (from Lorentz to Landau)* (colectivo dirigido por Laurie Brown), Springer Verlag, 1993.

⁷ Hasta ahora, la física se ha conformado con infinitos “elementales” (salvo excepciones los ordinales aleph-cero y aleph-uno de Cantor le son suficientes).

⁸ Véase Jean-Marc Lévy-Leblond, “Rigoureux/Intuitif”, en *Aux contraires (L’exercice de la pensée et la pratique de la science)*, Gallimard, NRF-Essais, 1996.

⁹ Para las relaciones algo sutiles entre teoría einsteiniana y teoría clásica de la relatividad, véase Jean-Marc Lévy-Leblond, “Absolu/Relatif”, en *Aux contraires, op. cit.*

¹⁰ Aquí se reconoce un tema esencial de los fundamentos epistemológicos del análisis no común, esa teoría matemática que permite dar un sentido riguroso a las dimensiones infinitesimales, y de las que puede sorprendernos que aún no se hayan encontrado aplicaciones más productivas en la física estadística.

¹¹ Véase *Quantum Physics without Reduction* (colectivo dirigido por M. Cini y J.-M. Lévy-Leblond), Adam Hilger, 1990.

¹² Véase Jean-Marc Lévy-Leblond, “Absolu/Relatif”, en *Aux contraires, op. cit.*

¹³ Para evitar o disipar una confusión común, precisemos que la velocidad (en sentido usual) sólo es limitada para cuerpos materiales o para el transporte de una influencia causal. “Efectos” no causales, por ejemplo el desplazamiento de una sombra, muy bien pueden alcanzar velocidades supralumínicas (la noción de rapidez es entonces no pertinente).

¹⁴ Un tratamiento más detallado de esta cuestión se encontrará en el capítulo “El origen de los tiempos”.

XIX. IGUAL A EME- CE- DOS

¹ Véase *supra* el capítulo “La lengua impulsa a la ciencia”.

² Véase Jean-Marc Lévy-Leblond, “Constant/Variable”, en *Aux contraires, op. cit.*

³ La lectura de este capítulo se podrá completar con la de los siguientes textos: Jean-Marc Lévy-Leblond, “Les Relativités”, *Les Cahiers de Fontenay*, núm. 8, septiembre de 1977; “La relativité aujourd’hui”, *La Recherche*, núm. 96, enero de 1979, p. 23; artículo “Masse” en *Encyclopaedia Universalis*; véase también *L’espace et le temps aujourd’hui* (colectivo dirigido por Émile Noël), Le Seuil, col. Points-Sciences, 1983.

XX. ¿CÓMO ESTÁ EL TIEMPO?

¹ Entre muchos otros, citemos: *L’espace et le temps aujourd’hui* (colectivo dirigido por Émile Noël), Le Seuil, col. Points-Sciences, 1983; I. Ekeland, *Le calcul, l’imprévu*, Le Seuil, 1984; S. Hawking, *Une brève histoire du temps*; I. Prigogine e I. Stengers,

Entre le temps et l'éternité, Flammarion, 1992; *Le temps et sa flèche* (colectivo dirigido por É. Klein y M. Spiro). Frontières 1994; *Le temps dans les sciences* (colectivo, dirigido por B. Nicolescu, N. Dodille y Ch. Duhamel), L'Harmattan, 1995; E. Klein, *Le temps*, Flammarion, 1995.

² Véase Jean-Marc Lévy-Leblond, "Absolu/Relatif", en *Aux contraires (L'exercice de la pensée et la pratique de la science)*, Gallimard, NRF-Essais, 1996.

³ Véase el capítulo "El origen de los tiempos", *infra*.

⁴ Véase Jean-Marc Lévy-Leblond, "Constant/Variable", en *Aux contraires, op. cit.*

⁵ David S. Landes, *L'heure qu'il est*, Gallimard, 1987; Jean Matricon y Julien Roumette, *L'invention du temps*, CSI la Villette, 1989.

⁶ Sin que ni siquiera hablemos del hecho de que el futuro depende también de él mismo, vía la capacidad humana de anticipación.

⁷ Michel Biezunski, *Einstein à Paris*, Presses Universitaires de Vincennes, 1992.

XXI. EL ORIGEN DE LOS TIEMPOS

¹ Pensamos sobre todo en la teoría moderna de un universo estacionario propuesta por Bondi y Cold en 1946, que exigiría una creación permanente de materia *ex nihilo*.

² Véase el capítulo "Prácticas del infinito", *supra*.

³ Hubert Reeves, *Dernières nouvelles du cosmos*, Le Seuil, 1994; *La première seconde*, Le Seuil, 1995.

⁴ Jean-Marc Lévy-Leblond, "Did the Big-Bang Begin?", *Am. J. Phys.*, num. 58, 1990, p. 156; "The Unbegun Big Bang", *Nature* núm. 342, 1988, p. 6177.

XXII. ¿LA FÍSICA, CIENCIA

EN LA QUE NO SE DA LO COMPLEJO?

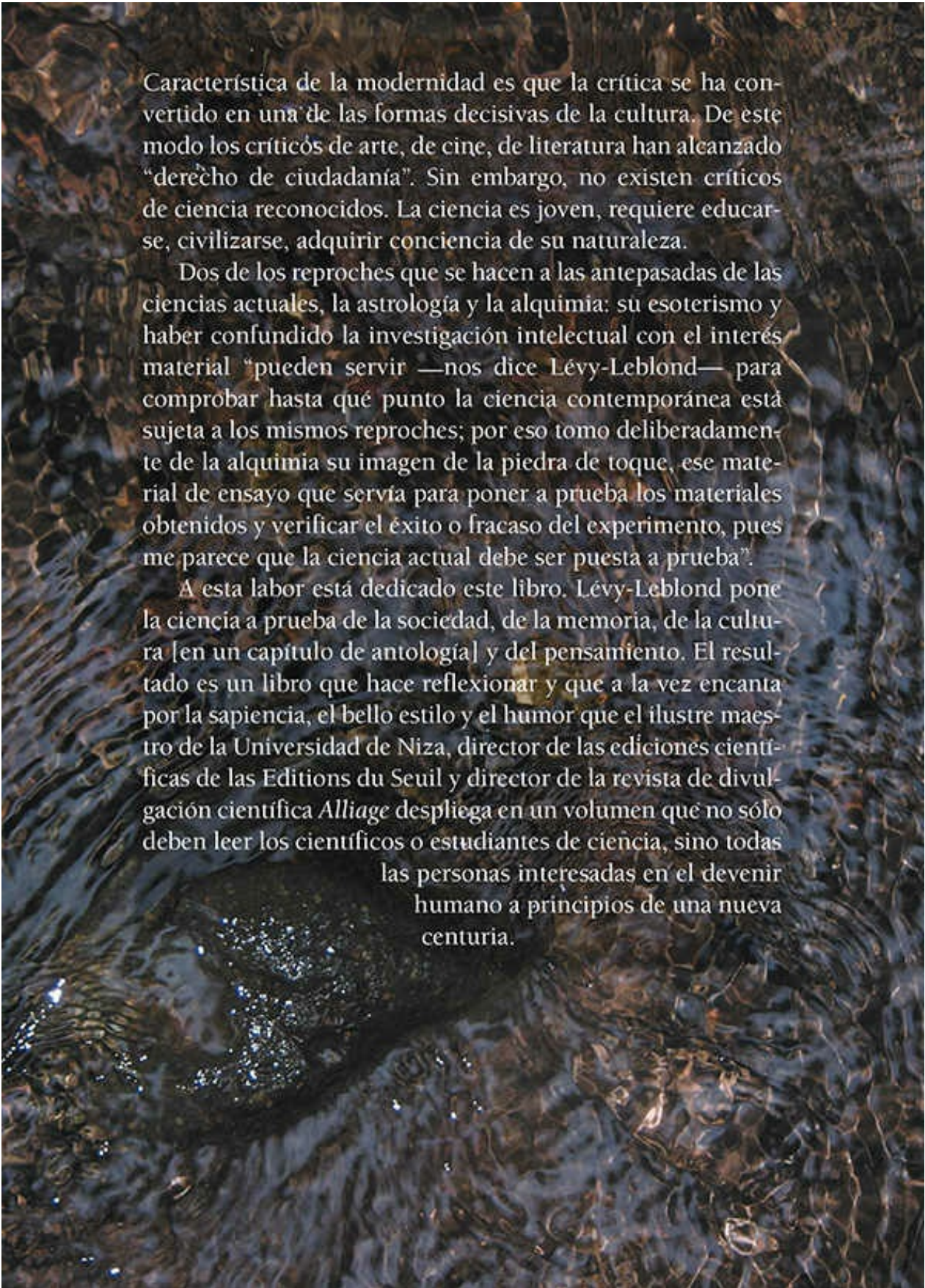
¹ En favor de la diversidad del conocimiento, véase la magnífica defensa de P. Feyerabend en *Adieu la Raison*, Le Seuil, 1989.

² Por lo demás, tal vez habría sido preferible recurrir a otra palabra distinta a complejidad, una palabra a la vez menos común y menos ambiciosa, menos llena de ambigüedades en relación con su acepción vernácula y menos cargada de pretensiones universalistas: ¿"intrincación", por ejemplo?

³ Jean-Marc Lévy-Leblond, "Physique et mathématique", en *Encyclopaedia Universalis*.

⁴ Si se desea ver una transformación relativamente elaborada de esta posición, que explicita claramente el vínculo entre valor epistemológico y costo económico, véase Steven Weinberg, "Newtonianism, Reductionism and the Art of Congressional Testimony", *Nature*, núm. 330, 1987, p. 433.

⁵ Con mayor precisión, esa complejidad burda de lo real nos obliga a analizar mediante pares antinómicos irresolubles; véase Jean-Marc Lévy-Leblond, *Aux contraires (L'exercice de la pensée et la pratique de la science)*, Gallimard, NRF-Essais, 1996.



Característica de la modernidad es que la crítica se ha convertido en una de las formas decisivas de la cultura. De este modo los críticos de arte, de cine, de literatura han alcanzado “derecho de ciudadanía”. Sin embargo, no existen críticos de ciencia reconocidos. La ciencia es joven, requiere educarse, civilizarse, adquirir conciencia de su naturaleza.

Dos de los reproches que se hacen a las antepasadas de las ciencias actuales, la astrología y la alquimia: su esoterismo y haber confundido la investigación intelectual con el interés material “pueden servir —nos dice Lévy-Leblond— para comprobar hasta qué punto la ciencia contemporánea está sujeta a los mismos reproches; por eso tomo deliberadamente de la alquimia su imagen de la piedra de toque, ese material de ensayo que servía para poner a prueba los materiales obtenidos y verificar el éxito o fracaso del experimento, pues me parece que la ciencia actual debe ser puesta a prueba”.

A esta labor está dedicado este libro. Lévy-Leblond pone la ciencia a prueba de la sociedad, de la memoria, de la cultura [en un capítulo de antología] y del pensamiento. El resultado es un libro que hace reflexionar y que a la vez encanta por la sapiencia, el bello estilo y el humor que el ilustre maestro de la Universidad de Niza, director de las ediciones científicas de las Editions du Seuil y director de la revista de divulgación científica *Alliage* despliega en un volumen que no sólo deben leer los científicos o estudiantes de ciencia, sino todas las personas interesadas en el devenir humano a principios de una nueva centuria.

Índice

PRÓLOGO	12
OBERTURA	14
I. DEFI-CIENCIAS	16
La paradoja económica	16
La paradoja social	17
La paradoja epistemológica	18
La paradoja cultural	19
LA CIENCIA A PRUEBA...DE LA SOCIEDAD	22
II. LA CIENCIA EN FALTA	23
La cuestión moral	24
El problema cultural	25
Para una poética de la ciencia	26
III. CON DESCONOCIMIENTO DE CAUSA	29
Ciencia y democracia	29
IV. EL LADRILLO DE HEIDELBERG	40
V. ¿PARA QUÉ (A QUIÉN) SIRVE LA INVESTIGACIÓN?	44
VI. LA CIENCIA EN LA CIUDAD	48
Las transformaciones de la actividad científica	48
Política científica y organización del territorio	51
LA CIENCIA A PRUEBA...DE LA MEMORIA	56
VII. UNA CULTURA SIN MEMORIA	57
Un programa de amnesia	58
Las hojas muertas de la ciencia	62
Un porvenir incierto	67
VIII. LA MUSA DE LA TÉCNICA	69
IX. ¿CIENCIAS ASOCIALES E INHUMANAS?	75
X. LAS IMPRESIONES DE UN INVENTOR	80
LA CIENCIA A PRUEBA...DE LA CULTURA	85
XI. PARA UNA CRÍTICA DE CIENCIA	86
La función productora	86

La función mediadora	91
La función política	92
XII. BREVES ENCUENTROS DEL ARTE Y DE LA CIENCIA	94
Del ver al saber	96
De lo abstracto a lo concreto	98
De la estética a la ética	101
XIII. EL ESPEJO, LA RETORTA Y LA PIEDRA DE TOQUE	103
¿Qué puede hacer la literatura por la ciencia?	103
El espejo	104
La retorta	107
La piedra de toque	110
Algunas lecciones	116
Bibliografía	118
XIV. HIPÓTESIS FINGO	121
Ciencia y ficción	121
XV. LA LENGUA IMPULSA A LA CIENCIA	126
Lenguaje y formalismo	126
Ciencia y comunicación	129
Palabras y males de la física	130
De una lengua a la otras	133
La edad del capitán	136
XVI. HABLAR CIENCIA	138
LA CIENCIA A PRUEBA... DEL PENSAMIENTO	145
XVII. EL MURCIÉLAGO Y LA LECHUZA	146
Pequeña espectroscopia de la filosofía de las ciencias	146
Normas y criterios	146
El espectro visible	147
El espectro invisible	150
Tutela e independencia	152
Bibliografía	153
XVIII. PRÁCTICAS DEL INFINITO	155
El infinito en la física	155
El infinito como problema	157
El infinito como método	160

Lo infinito como solución	162
Los límites del infinito físico	164
XIX. IGUAL A EME- CE- DOS	166
Energía, masa e inercia	168
¿Velocidad de la luz o constante de Einstein?	170
XX. ¿CÓMO ESTÁ EL TIEMPO?	174
¿Hay que creer a los físicos?	174
El tiempo en la física y el tiempo de la física	176
¿Hacia tiempos nuevos?	178
XXI. EL ORIGEN DE LOS TIEMPOS	181
Un principio sin comienzo	181
XXII. ¿LA FÍSICA, CIENCIA EN LA QUE NO SE DA LO COMPLEJO?	189
FUENTES	195