

REFLEXIONES FILOSÓFICAS SOBRE LA CIENCIA DE LABORATORIO*

Helen E. Longino
University of Minnesota

RESUMEN

Los filósofos de la ciencia han discrepado durante décadas sobre si las teorías revelan la estructura fundamental del universo o simplemente permiten predecir acontecimientos futuros a partir del comportamiento presente de los fenómenos. Helen Longino presenta una visión de la ciencia en la que el protagonismo lo adquieren las prácticas de laboratorio. Un escenario donde gracias a las tecnologías los fenómenos son aislados, troceados y recombinados para interpretar su funcionamiento. La construcción del conocimiento, afirma, se produce de forma social a través de la competencia o colaboración en las redes de laboratorios, donde el papel de las asunciones, valores y creencias es esencial.

PALABRAS CLAVE: ciencia, laboratorios, valores, tecnologías.

ABSTRACT

The philosophers of science have for decades debated whether theories reveal the fundamental structure of the universe or whether they simply allow the prediction of future events starting from the present behaviour of the phenomena. Helen Longino presents a vision of science in which laboratory practices occupy the centre of the stage. A scenario where current technologies are used to isolate, slice and recombine the phenomena in order to interpret their operations. The construction of scientific knowledge, she affirms, takes place socially through the competition or collaboration in nets of laboratories where the role of common assumptions, values and beliefs are central.

KEY WORDS: science, laboratories, values, technologies.

El laboratorio científico se hace eco de las esperanzas y ansiedades de la sociedad industrial moderna; esperanzas y ansiedades relacionadas con el tiempo, el espacio y con nosotros mismos. Buscamos en los fragmentos del pasado las huellas de lo que hemos sido y de lo que somos; en los fragmentos del presente los indicios de lo que seremos. En las imágenes accesibles a la visión ordinaria perseguimos la comprensión de lo evanescentemente pequeño y de lo evanescentemente grande, desde las partículas subatómicas, que son los últimos integrantes del mundo material, hasta las galaxias y los gases del límite del universo.



Los fragmentos del mundo se diseccionan, aíslan, recombinan, pesan y observan en el laboratorio, para ofrecer explicaciones sobre su funcionamiento. Pero no toda la investigación científica tiene lugar en el laboratorio. El trabajo teórico supone articular relaciones generales o más globales entre los fenómenos: encontrar estructuras matemáticas que nos permitan pensar en los modelos de dichas relaciones. En el siglo XVII, la invención del cálculo permitió a Newton y sus contemporáneos concebir el movimiento acelerado. Hoy, la dinámica no lineal proporciona una estructura formal con la que percibir algún tipo de orden en lo que parecen ser fenómenos desordenados, como los cambios climáticos. El trabajo teórico tiene lugar a través de conversaciones y en las pizarras del despacho, y se formaliza con pluma y papel o, cada vez más, con un teclado, un ordenador y un monitor. Los filósofos de la ciencia discrepan sobre si las teorías revelan la estructura fundamental del universo o simplemente nos dan las herramientas con las que predecir la disposición futura de los fenómenos a partir de su comportamiento presente. Sea cual sea la perspectiva correcta, las teorías no son sólo producto de la investigación, sino elementos esenciales del laboratorio que ayudan a los investigadores a conectar los resultados dispares logrados con la experimentación, y a sugerir nuevos experimentos.

Igual que el experimento necesita de la teoría, la teoría necesita de los fenómenos: la teoría (salvo las puramente matemáticas) trata de sustancias y procesos cuyas propiedades deben ser determinadas por observación. El trabajo de campo, ahora practicado principalmente por los etólogos, ecólogos y geólogos, supone la labor de observación de la conducta de plantas, animales y piedras en su entorno ordinario o «natural»: la alternancia de árboles y claros en un prado, la conducta social de mandriles o gacelas, la historia de una cordillera que queda al descubierto en un corte de la carretera. Pero el trabajo de campo, aunque realizado *in situ*, proporciona tanto demasiada como demasiado poca información. En su contexto natural, las entidades se hallan inmersas en complejos patrones de interacción, que son lo que encontramos en la naturaleza. Incluso cuando nos disponemos a analizar el ciclo de vida de una simple planta, lo que observamos es producto de la semilla de la planta, sin duda, pero también de los contenidos y la estructura del suelo, los componentes de la atmósfera y la temperatura del entorno de la planta. Y estos factores son a su vez resultado de procesos complejos. No sólo hay demasiado que describir, lo que hace necesario algún tipo de selección y categorización, sino que separar un proceso de otro —los efectos del exceso de calor de los del exceso de

* La primera versión de este artículo se publicó como capítulo de la obra editada por J.E. NEIDHARDT, *Catherine Wagner Art & Science: Investigating Matter*, Nazraeli Press, Washington University Gallery of Art, 1996, pp. 47-62. Agradecemos la amable autorización de la citada editorial para que este trabajo de Helen Longino fuera traducido y publicado en este número de *Clepsydra*. Asimismo, agradecemos las gestiones llevadas a cabo por la profesora Longino que lo han hecho posible. Este texto ha sido traducido por Amparo Gómez e Inmaculada Perdomo, y revisado por M^a. Beatriz Hernández y M^a. José Chivite (CEM, Universidad de La Laguna).

fertilizantes, o los efectos del peso del aire, por ejemplo, de los de su densidad— es prácticamente imposible cuando nos enfrentamos al resultado final de su acción conjunta. Además, si la hipótesis Gaia es correcta, todas estas categorías del proceso mineralógico, biológico o atmosférico, son aspectos interdependientes del ciclo de la vida del planeta¹. Un ámbito demasiado extenso para el poco tiempo de que disponemos.

Es en el laboratorio, pues, donde los fenómenos naturales —demasiado grandes o minúsculos, prolongados en el tiempo o muy breves— se transforman en elementos manejables para su estudio. Los objetos y entidades se aíslan, descomponen, recombinan y someten a tensiones fuera de su medio normal para lograr una descripción más precisa de sus capacidades. Más aún, igual que en los talleres de los alquimistas de tiempos remotos, el laboratorio es un lugar de recreación de fenómenos extraños, como la insulina y la hormona de crecimiento, y de construcción de nuevos fenómenos, como los materiales superconductores y las fresas resistentes a las heladas. Mientras que el sueño del alquimista de transformar el plomo en oro era una quimera, los químicos contemporáneos, los biólogos moleculares y los metalúrgicos, apoyándose en siglos de experiencia acumulada, están transformando en el laboratorio no sólo los objetos, sino las condiciones de la vida industrial y post-industrial contemporánea.

Cualquiera puede tener una idea; cualquier comunidad abrazarla colectivamente. Con la esperanza de hacer distinciones significativas, reservamos el término «científico» para el conocimiento producido bajo cierto tipo de condiciones. Filósofos, historiadores y otros estudiosos difieren acerca de cuáles son o deben ser estas condiciones y acerca del grado de presión que deben ejercer. Algunos estudiosos se centran en los aspectos diferenciadores de la investigación científica, las características de la investigación que garantizarían la verdad u objetividad de su resultado (criterios de prueba, cánones de evidencia) o, si no la verdad, al menos la plausibilidad. Otros enfatizan las semejanzas entre la investigación y otras actividades humanas: su inmersión en la cultura, vulnerabilidad a las modas, relaciones con el poder. Ambos grupos tienen razón. Las hipótesis deben superar las pruebas críticas antes de ser aceptadas como conocimiento, y las comunidades de investigación están sujetas a ciertas normas de investigación que determinan qué pruebas deben superar las hipótesis. Sin embargo, más allá de criterios comunes como la evidencia observacional y experimental y del evitar caer en la autocontradicción, no existen estándares científicos defendibles en todo momento y lugar, que puedan presentarse como definitivos en la ciencia. A pesar de que últimamente se ha enfatizado la precisión en la medición, el grado de exactitud requerido depende del contexto de

¹ Para más información sobre la hipótesis Gaia, véase J.E. LOVELOCK y L. MARGULIS, «Atmospheric Homeostasis for and by the Biosphere: The Gaia Hypothesis». *Tellus*, vol. 26 (1974), pp. 1-10. La hipótesis Gaia es presentada de forma divulgativa por J.E. LOVELOCK en *Gaia: A New Look at Life on Earth*. Nueva York y Oxford, Oxford University Press, 1979.



medición y de los instrumentos disponibles para su ejecución. Hemos recorrido un largo camino desde los relojes de agua hasta los atómicos, desde las pulgadas a los ángstroms. Por otro lado, un exceso de precisión podría revelar tantas excepciones al modelo, que se acabaría por destruir el grado de representación y aplicación de éste.

Con frecuencia hacemos de la simplicidad el sello identificador no sólo de lo científico sino de la verdad o mayor probabilidad de verdad de una teoría en comparación a otra, cuando compiten dos o más hipótesis o teorías. Pero de nuevo, cuando intentamos concretar lo que debería entenderse por «simplicidad», resulta evidente que hay nociones y medidas diversas: el orden de las ecuaciones, la cantidad de diferentes clases de entidades, la variedad de tipos de propiedades o de procesos. Una teoría podría ser simple según una de estas definiciones, pero no según otra. Y a veces en la historia de la ciencia, la simplicidad se ha dejado de lado en nombre de otras metas. La filósofa Nancy Cartwright nos pone sobre aviso y desaconseja que se permita que las teorías sobre la forma ideal de conocimiento dicten de antemano los patrones de la naturaleza². Después de todo, ¿cómo podemos estar seguros de que la naturaleza es simple en lugar de compleja, austera en lugar de fecunda? El poder explicativo por el que se determina la capacidad de una sola hipótesis para abarcar una variedad de fenómenos también se considera como criterio por el que distinguir una hipótesis digna de aceptación de las que lo son menos. Esto facilita lo que algunos reivindican como objetivo predominante de la investigación científica: la unificación. Pero ¿debería ser una meta el contar con una sola teoría para todo? ¿Por qué empeñarnos en pensar que hay un conjunto de relaciones que subyace a toda la variedad de procesos observables?

La brecha existente entre las evidencias y nuestras aspiraciones explicativas persiste, y aparentemente los criterios formales requieren de la importación de otros valores o de asunciones metafísicas sustanciales. La inferencia que se realiza desde los datos a la teoría está mediatizada por asunciones de fondo que reflejan las creencias y valores de las personas comprometidas con la investigación, que son a su vez miembros de sociedades, de culturas y de subculturas. Lo que puede evitar el predominio deliberado o accidental de un conjunto idiosincrático de asunciones es la interacción crítica entre esos miembros de una comunidad científica y los de otras comunidades que intenten describir y explicar el mundo natural. De ser así, la imagen del genio solitario que accede a los secretos del mundo natural es sólo parcialmente correcta. Se requiere un toque de genialidad para formular algunas de las grandes teorías de la ciencia occidental: las de la física de la gravedad, la teoría de la

² N. CARTWRIGHT, *How the Laws of Physics Lie*. Nueva York y Oxford, Oxford University Press, 1983. Otros estudios filosóficos recientes sobre la ciencia son los de R. GIERE, *Explaining Science*. Chicago, University of Chicago Press, 1988; I. HACKING, *Representing and Intervening*. Cambridge, Cambridge University Press, 1983, trad. cast. *Representar e Intervenir*, Paidós-UNAM, 1996; y B. VAN FRAASSEN, *The Scientific Image*. Oxford, Oxford University Press, 1980, trad. cast. *La imagen científica*, Paidós-UNAM, 1996.

evolución por selección natural, la de la relatividad. Pero lo que determina si cuentan como conocimiento científico, si se convertirán en armazones y cimientos de síntesis teóricas, en fuente de trabajo futuro, es su capacidad de supervivencia al escrutinio crítico de una comunidad de investigadores y de fundirse en el cuerpo de conocimientos. En la historia cultural de Occidente, ha habido anticipaciones a muchas de las nociones capitales de la ciencia contemporánea: Aristarco, en el siglo III a. C., creyó que el sol era el centro de las órbitas de los planetas; Demócrito pensó que el mundo estaba constituido por átomos; Leibniz rechazó el espacio y el tiempo absolutos. Sin las redes de científicos, teorías, problemas relevantes y técnicas de verificación de acuerdo a las que deben elaborarse y comprobarse, estos razonamientos y especulaciones no podrían implantarse en una práctica de investigación sistemática y continuada. Seguirían siendo curiosidades, singularidades, en lugar de descubrimientos que se atribuyen a Nicolás Copérnico, John Dalton, Marie Curie, Lise Meitner y Albert Einstein. Lo que entendemos por descubrimiento depende de un cuerpo cognoscitivo preexistente, de forma que el genio es aquél al que la comunidad identifica con quien le proporciona una teoría o un modelo que tanto desafíe como sintetice tales conocimientos. Así, las comunidades construyen el saber mediante la interacción con el mundo y a través de interacciones discursivas y sociales que dan lugar a la crítica, el reto y el consenso.

De por sí, la investigación es social y se encuentra sujeta a la interacción, tanto a la hora de elaborar redes de conocimiento como a la de garantizar, en la medida de lo posible, los criterios de fiabilidad y objetividad. Esto es lo que supone la interdependencia cognitiva o epistémica. Pero hay otro conjunto de relaciones de dependencia entre las ciencias y las sociedades que las apoyan. En el pasado la ciencia constituía la esfera de los «caballeros» que podían permitirse tal lujo. En las sociedades industriales del siglo XX, la ciencia no sólo ha entrado totalmente en las universidades sino que es fomentada principalmente por el estado y la industria.

La investigación científica se ha vuelto indispensable para lograr ciertos objetivos de los estados (la defensa y la guerra), de las corporaciones (el desarrollo de nuevos materiales, nuevas sustancias y medios para fabricar en serie las sustancias de las que hay escasez) y de las sociedades (el control de las enfermedades). En la medida en que estas instancias han extendido su apoyo a la investigación científica, ésta, especialmente en su variante experimental, empieza a depender de ese apoyo. El Proyecto Manhattan, que movilizó a centenares de científicos en un esfuerzo que duró años, no supuso sólo el logro de una nueva arma, sino una forma completamente nueva de hacer ciencia, perpetuada en los cincuenta años posteriores de investigación en física e información para el ejército, en el desarrollo de la biotecnología a partir del encuentro entre la industria y la academia, y ahora en el proyecto del genoma humano, un esfuerzo global para articular la sucesión entera de los pares de bases (los ladrillos básicos de la molécula del ADN) del genoma humano. Ante estas múltiples dependencias, ¿en qué medida influye quién hace la ciencia? Aunque las nuevas formas de apoyo implican que sus practicantes ya no necesitan ser ricos y autosuficientes, debe tenerse en cuenta que la ciencia es todavía en gran medida el terreno de hombres que se han visto beneficiados por una educación apropiada.



Las mujeres están integrándose muy lentamente en la fuerza de trabajo científica y más lentamente aún en la cima, donde residen el poder y el prestigio. Los miembros de minorías raciales tradicionalmente desprovistas de privilegios son aún más escasos. ¿Es posible deslindar los intereses financieros de los de los científicos cuando intentamos entender cómo se hace la ciencia? ¿A quién responden los intereses que determinan lo que se revelará del mundo y lo que permanecerá inexplorado? ¿Y quién se beneficiará y quién sobrellevará el peso de estas decisiones?

En los siglos XVI y XVII, la filosofía natural de Europa Occidental pasó de dar una explicación de los fenómenos naturales según principios básicos a darla de los fenómenos basados en la observación. El principio, la teoría, era y es, no obstante, todavía importante: la *Royal Society* de Inglaterra tomó buena nota de muchas observaciones de fenómenos extraños y singulares que nunca se llegaron a integrar en las explicaciones sistemáticas de la naturaleza. Sin una teoría, un modelo o una regularidad —una serie de casos similares—, los terneros de dos cabezas y otros fenómenos por el estilo permanecieron fuera del alcance de la comprensión científica.

El experimento es un medio de establecer regularidades. Éstas, a su vez, requieren y permiten la elaboración de modelos y teorías más globales. Llegar a conocer los ritmos de la naturaleza es un paso esencial tanto para predecir la frecuencia de sus fenómenos como para reproducirlos. En el laboratorio se puede conseguir que muchos factores permanezcan constantes, reducir la complejidad del escenario natural y observar el efecto de un factor o de una intervención. Las sustancias pueden pasarse a través de instrumentos, como centrifugadoras o baños de enzimas, que las descomponen en sus partes constituyentes o que las someten a una gran velocidad, como hacen los aceleradores de partículas.

En la medida en que buscamos desvelar los secretos que esconde la materia en partículas cada vez más pequeñas, nos es preciso dar con nuevos instrumentos y tecnologías que nos ayuden a leer los resultados de reacciones que resultan bien minúsculas, o bien demasiado veloces para que el ojo las registre. El gel electroforético pasa una corriente eléctrica a través de una muestra de ADN, produciendo un patrón distintivo de bandas que nos revela la secuencia particular de las bases (nucleótidos) —adenina, timina, citosina, guanina— que constituyen esa cadena particular. Los detectores de los aceleradores de partículas filtran miles de entradas para encontrar la partícula buscada. Los datos de los radiotelescopios se transforman en imágenes de una porción del cielo. Pero en realidad mediante estas máquinas no llegamos a dejar la naturaleza al desnudo. Como máximo nos obsequian con las huellas, las rúbricas, dejadas por ella. Las propias máquinas son ventanas al mundo, cargadas de teoría, y nos exigen que usemos teorías para reconstruir la cadena causal desde la estructura de la partícula o el gen hasta las imágenes que consideramos como sus huellas. Sin la teoría tenemos sólo ristas ininteligibles de marcas o manchas. Lo que se ve cuando se mira una mancha en la médula es muy diferente de lo que distingue un técnico del laboratorio que percibe las diferencias de una mancha a otra, lo cual, a su vez, es muy distinto de lo que encuentra el investigador de cáncer o el patólogo que interpreta esas diferencias.

En ciertos casos los instrumentos representan atajos, formas de confiar horas de labor esmerada y tediosa a la automatización, como el secuenciador de ADN



que, usando láseres y marcadores radioactivos, puede leer miles de pares de bases (adenina-timina; citosina-guanina) de ADN en un día³. En otros casos representan proyecciones teóricas del mundo, como ocurre con los detectores de partículas o los radiotelescopios que transmiten lo que nuestras teorías presentan como evidencia de piones o top quarks o de quásares y agujeros negros. Solemos tomar la tecnología científica como una especie de *hardware* —cristal, metal y cerámica—, si bien en la biología molecular los investigadores sí que han aprendido a poner los procesos biológicos mismos al servicio de la investigación. Así, por ejemplo, tenemos la reacción en cadena de la polimerización, que permite a los investigadores reproducir segmentos deseados de ADN con extraordinaria eficacia —hasta un millón de copias de un segmento dado en veinte ciclos, que duran de cuatro a cinco minutos cada uno. Hasta ahora, las cantidades deseadas de ADN sólo podían producirse aprovechando los ciclos de la reproducción de la bacteria o de la levadura (sin duda, una proeza biotecnológica en sí misma). Una vez que estos procesos se han desarrollado parecen obvios. Su rápida incorporación al laboratorio no deja rastro del esfuerzo invertido para desarrollarlos y perfeccionarlos —las horas de dedicación con los tubos de prueba y los reactivos, los tanteos infructuosos y los prometedores, aunque finalmente menos eficaces, los procesos poco precisos que se van acumulando, como la drosófila que se usa en función de cualquier desarrollo científico exitoso. Los éxitos —anticuerpos monoclonales, oncogenes—, cromosomas artificiales de la levadura (conocidos como YACs) se convierten en los aspectos mundanos de un proceso de investigación que sigue su curso hacia nuevos desafíos y logros.

En este proceso, ciertas partes del mundo natural, dado que pueden estabilizarse y reproducirse, llegan a representar el todo. La construcción del conocimiento se produce a través de las redes de laboratorios, algunos compitiendo, otros colaborando entre sí. La convicción de que están encaminándose hacia un mismo fenómeno procede en parte del desarrollo de herramientas de investigación y productos estandarizados: moscas de la fruta genéticamente idénticas (las heroínas de la genética del siglo XX), ratones o bacterias que responderán de la misma manera a las mismas intervenciones, sean realizadas en San Francisco, San Luis, París, Buenos Aires, Tsukuba o Zurich. Estas herramientas estandarizadas, mantenidas como heroicas unidades de medida, aun cuando ellas mismas son producto de una fragmentación de la naturaleza, son las que permiten trascender lo local e integrar los experimentos concretos, realizados en lugares concretos, en la ciencia global, internacional.

Pero si los objetos sobre los que se construye el conocimiento científico se aíslan así de su entorno e interacción habituales, y se conservan aislados con medidas como la congelación o el control de la humedad y la atmósfera o la inmersión

³ Para más información sobre la automatización de los tediosos procesos en la investigación sobre el genoma humano, véase L. HOOD, «Biology and Medicine in the Twenty-First Century», en D.J. KEVLES y L. HOODS (eds.), *The Code of Codes: Scientific and Social Issues in the Human Genome Project*, Cambridge, Harvard University Press, 1992, pp. 136-63.

en formaldehído, y se mantienen sujetos a presiones y tensiones que se intensifican más allá del rango de su estado «natural», ¿hasta qué punto podemos concebir la ciencia como explicación de la naturaleza tal como es en sí misma, en vez de como producto maleable surgido del laboratorio? Desde luego, los estudios de campo y los ensayos clínicos actúan verificando nuestras generalizaciones más allá del laboratorio, pero junto al filósofo Joseph Rouse, podríamos preguntarnos hasta qué punto transformamos nuestros propios contextos para adaptar los objetos y productos del conocimiento del laboratorio⁴. ¿Constituye el espacio esterilizado de la guantera tan sólo un caso extremo de construcción de una atmósfera prístina para las nuevas herramientas de nuestras ocupaciones?

Bruno Latour y Steven Woolgar, actuando como observadores inexpertos, afirmaron, en parte irónicamente, que la función de un laboratorio era producir registros⁵. Por ejemplo, en un laboratorio de endocrinología, el tejido de las glándulas del timo de muchos animales, o páncreas y glándulas pineales, es triturado, posiblemente tratado con un marcador fluorescente o radiactivo, y puesto en un recipiente para calentarlo, agitarlo, refrescarlo, o para que interactúe con una sustancia mejor conocida. La máquina se conecta a una aguja u otro dispositivo magnetofónico que genera esas marcas o registros en una superficie de papel, metal o silicona. Los miembros del laboratorio las discuten, comparan diferentes resultados, construyen un conjunto de marcas y lo insertan en un texto que se envía entonces fuera del laboratorio. Éste, a su vez, recibe textos salpicados de manchas, gráficos y tablas similares de alguna otra parte. Reconocemos en esta descripción la producción de un artículo de investigación, el medio para comunicar el conocimiento científico y pensar que compartimos el juego.

Pero si la función del laboratorio no es procesar, producir y hacer circular los registros; si lo anterior no es sino una explicación demasiado pobre de toda esa actividad, ¿cuál es entonces? Al preguntarle al investigador individual se recibirá diversidad de respuestas. Un científico joven al que conocí en la facultad fue bastante franco sobre sus objetivos: quería recibir el Premio Nobel. James Watson, quizás el modelo de este amigo, tenía bastante claro el éxito que disfrutaría quienquiera que resolviera el enigma de la estructura del ADN⁶. Pero otros científicos, por el contrario, apuntarán su deseo de saber cómo funcionan las cosas, su amor a la naturaleza o una necesidad urgente de entender el universo, una curiosidad irresistible sobre la composición de las cosas o el puro placer de tener un enigma recal-

⁴ J. ROUSE, *Knowledge and Power*. Ithaca, Nueva York, Cornell University Press, 1989.

⁵ B. LATOUR y S. WOOLGAR, *Laboratory Life*, Princeton, Princeton University Press, 1986, 2nd ed., trad. cast. *La vida en el laboratorio*. Madrid, Alianza, 1995. Otros estudios antropológicos y sociológicos recientes sobre la ciencia de laboratorio son los de A. PICKERING, *Constructing Quarks*. Chicago, University of Chicago Press, 1984, y S. TRAWEEK, *Beamtimes and Lifetimes*. Cambridge, Harvard University Press, 1987.

⁶ J. WATSON, *The Double Helix*. New York, Atheneum, 1968, trad. cast., *La doble hélice*. Biblioteca Científica de Salvat, 1989.

citante que intensifica la perseverancia, la perspicacia y la osadía. Los más orientados al psicoanálisis pueden reconocer una necesidad de poder y control que se satisface con la manipulación de sustancias e instrumentos, a través de la medición precisa. Todos estos motivos individuales explican por qué individuos concretos deciden seguir carreras de ciencias, pero no por qué las ciencias han llegado a dominar la vida intelectual en las sociedades industriales. Desde luego, el poder de las ciencias para resaltar los contornos de una inmensa cantidad de fenómenos, un poder procedente de la unión de estructuras matemáticas formales y de la observación cuidadosa y controlada, es parte de la fuente de esta autoridad cognitiva. Aunque debe de haber algo más que explique la superioridad social y económica de la ciencia, el interés popular con que se siguen las numerosas publicaciones, desde *Scientific American*, a *Discover*, a «Science Times» de cada martes en el *New York Times*, y programas de televisión como *Nova* y el poder para disponer de la mejor tajada de los recursos académicos en las universidades y facultades. Los miembros del Congreso podrían desear reformar la *National Science Foundation* y los *National Institutes of Health*, pero en ningún momento aspirarían a suprimirlos, como han amenazado hacer con las dotaciones para las humanidades y las artes.

Hace poco más de cincuenta años, «la Bomba» convulsionó la percepción común de la investigación científica. Olvidada la búsqueda de sutiles torres de marfil, se transformó en una actividad cuyos efectos podrían afectar a cada hogar, desde el miedo a ataques atómicos hasta el aprovechamiento de fuerzas antes no imaginables para el orden humano. Todavía no existe un dictamen definitivo sobre la conveniencia o no del desarrollo de la energía nuclear, pero no hay ninguna duda de que tanto como fuerza material que atrae a partidarios y detractores, cuanto como centro de una imaginación moderna entusiasmada por los conceptos de relatividad e indeterminación, los resultados de la investigación física de la primera mitad de este siglo han configurado el perfil del mundo indeleblemente. En la segunda mitad, los desarrollos conseguidos en la investigación del campo de la información y en las operaciones durante la guerra han facilitado de forma gradual y pausada la actual infiltración de los ordenadores en casi todas las facetas de la vida industrial e intelectual. La física subatómica, la química y la ciencia de la información también han transformado la investigación científica, ya que han hecho posible la adquisición, procesamiento y transferencia de datos en cantidades y velocidades que aumentan anualmente. En el último tercio de este siglo se les ha unido la biología, especialmente la biología molecular, como motor de cambio.

Porque cala profundamente en el organismo viviente, porque frecuentemente la investigación pionera y el desarrollo tecnológico se logran simultáneamente en el mismo proyecto, y porque el ritmo de cambio ha sido tan rápido, la nueva biología propone desafíos que parecen aún mayores que los que supusieron las revoluciones atómica y de la información. Como síntoma de la importancia de este desafío, los propios biólogos moleculares se impusieron una moratoria a corto plazo en la investigación del ADN recombinante a mitad de los ochenta. Aunque la moratoria no duró mucho, legó pautas nacionales y, aunque bastante modestos la mayor parte de las veces, también controles locales sobre los usos de la ingeniería genética. Entretanto, se nos prometen fresas resistentes a las heladas, tomates que





madurarán fuera de la planta, y que se cuadruplicará la capacidad productora de una vaca lechera. Estos desarrollos y otros inevitables son simplemente las primeras consecuencias. La nueva biología ha aprendido a usar los procesos naturales desde una microperspectiva de lo subcelular y lo genético, librándonos de los viejos constreñimientos de la naturaleza concebida desde la macroperspectiva, no sólo por lo inexorable de las estaciones o los caprichos meteorológicos, sino también por los costos industriales. Se ha probado que las cadenas de bacterias son capaces de acabar con residuos peligrosos, ya que sus sistemas metabólicos transforman los aceites tóxicos y contaminantes en derivados inofensivos. Además, al transformar varias facetas de la producción, la biología molecular proporciona una nueva comprensión de la salud, la enfermedad y la identidad humanas. Pero esto no sólo merece divulgación, sino que requiere además un nivel y una calidad de reflexión para la que tal vez no estemos preparados.

Las posibilidades de la manipulación genética han llegado a desembocar en la búsqueda de la base genética del sufrimiento humano. Así, oímos hablar de la búsqueda del gen del cáncer de pecho, del cáncer de colon, del alcoholismo, de la depresión maníaca, e incluso de la (homo)sexualidad. Pero los genes codifican las proteínas, y la presencia o ausencia, la super o infraproducción de una sola proteína resulta ser la causa de una enfermedad dada sólo en unos pocos casos. E incluso así, cuando una mutación heredada en un solo gen es la causa aislable de una enfermedad, como en el cáncer del pecho, sólo se puede asociar a un porcentaje muy pequeño de todos los casos de esa enfermedad⁷. Por otro lado, son mucho más comunes las enfermedades que involucran a múltiples genes, tanto estructurales como reguladores. Lo que es más, incluso aunque haya algunas mutaciones que inevitablemente produzcan la enfermedad, en la mayoría de los casos la propia fisiología del organismo y los factores medioambientales externos podrán alterar sus síntomas desde lo apenas perceptible hasta la discapacidad aguda. La genética bioquímica o molecular de una enfermedad puede proporcionar los cimientos para una cura o terapia preventiva. En casi todos los casos, tales terapias se sitúan aún, desgraciadamente, en el futuro. Mientras, lo único que se puede determinar es la gestación de un feto identificado como genéticamente predispuesto (con algún grado de probabilidad) hacia alguna condición adversa dada. Esto les parece, por lo menos a algunos, una bendición, ya que significa sufrir menos enfermedades fatales y dolorosas.

⁷ La situación es más complicada de lo que podría sugerir un análisis superficial. Se han identificado dos genes (BRCA-1 y BRCA-2), cada uno de ellos implicado en alrededor de la mitad de los casos de cáncer de pecho heredado, lo que constituye quizá un diez por ciento de todos los casos de cáncer de pecho. Debido a su implicación en los cánceres de pecho heredados, BRCA-1 y BRCA-2 han sido profundamente estudiados. Se piensa que están relacionados con otros cánceres, como el de ovarios y el de próstata; los investigadores han conectado las disfunciones en la proteína producida por BRCA-1 normales con casos de cáncer de pecho esporádicos, esto es, no heredados; y un estudio ha relacionado las mutaciones en BRCA-2 con cerca de 65 casos de una muestra de 200 tumores de pecho esporádicos.

Pero en el mejor de los casos, se trata de una bendición agridulce. La habilidad presente para identificar los cromosomas del sexo de un feto está produciendo una disminución de mujeres en algunas sociedades. Mientras que la mayoría de los médicos se retracta de las medidas utilizadas en el pasado para controlar conductas indeseables (por ejemplo, las histerectomías y lobotomías), no está claro si el pasado constituye en realidad una lección o un precedente.

El proyecto genoma humano siguió en parte el modelo del Proyecto Manhattan —una empresa con un despliegue descomunal que involucra a gran cantidad de investigadores y muchas facetas de la investigación. Es siempre descrita con grandes cifras: tres mil millones de dólares (la cantidad destinada por el gobierno de Estados Unidos), tres mil millones de pares de bases, cien mil genes. Su objetivo inicial es identificar el genoma humano especificando la secuencia completa de bases nucleicas que constituyen los genes. Como ocurrió con el Proyecto Manhattan, se esperan beneficios de los subproductos útiles que surjan a medida que se vaya alcanzando el objetivo principal. La secuencia misma no nos dice nada todavía. En el futuro, a partir de ella puede desarrollarse un mapa que podría especificar las funciones de los segmentos de la secuencia que constituye los genes. El proyecto ya ha propiciado la invención de nuevas tecnologías para la investigación genética, y debido a la necesidad de modelos animales, también nuestro conocimiento de la estructura genética de otras especies aumentará. Recientemente se anunció la primera descripción completa del genoma de un organismo. El organismo es la bacteria *Haemophilus influenza*, con 1.830.137 pares de bases que arrojan un número estimado de 1.743 genes. Tenemos aún un largo camino por recorrer antes de lograr la meta de la secuenciación completa del genoma humano. No obstante, los participantes en el proyecto sostienen que cada uno de nosotros posee un disco compacto que contiene la representación de nuestro propio perfil genético individual para el futuro.

Entretanto, una parte de los fondos destinada al proyecto se ha reservado al apoyo de la investigación de las implicaciones éticas y legales del proyecto. Algunos problemas son claramente éticos y ya han sido planteados, cuando no resueltos. ¿Puede usarse la información genética para evaluar a quienes solicitan seguros médicos? ¿Puede un patrón exigir la firma genética de un futuro empleado en la solicitud de empleo? Estas preguntas figuran a menudo bajo el epígrafe del derecho a la privacidad, el cual resulta un enfoque pobre y estrecho para estas preguntas. ¿No deberíamos replantearnos el marco conceptual del riesgo, sobre el que hasta ahora ha descansado el seguro de enfermedad? ¿Quién tendrá ahora que hacerse responsable de la salud? ¿Cuál será el destino de los rechazados para un empleo sobre la base de una presunta invalidez futura? Ya sabemos que hay sólo una relación de probabilidades entre un perfil genético dado y la manifestación de un rasgo fenotípico. ¿Acaso el tipo de conocimiento que podemos lograr no nos obliga a una investigación más profunda que la que sostiene que todo es constante a excepción del pequeño disco compacto? Además, si la información genética sólo puede darnos una probabilidad de la aparición de un rasgo determinado, ¿cuál es ese tipo de privacidad cuya violación nos concierne aquí? Un historial familiar que, en principio, podría recomponer cualquiera que supiera el parentesco biológico, sólo puede ser informativo.





Otras cuestiones que podrían plantearse no parecen ser puramente éticas ni científicas. Tomemos, por ejemplo, el objetivo central de la identificación del genoma humano entero. Si el genoma de cada uno es único, ¿qué genoma se seleccionará como característico? ¿El de un hombre? ¿El de una mujer? ¿De qué linaje étnico o racial? Y una vez que estos problemas sean tratados, está la cuestión de cómo concebir la secuencia producida. Se supone que representa a un miembro típico, «normal» de la especie. Pero, ¿cómo determinamos lo que es normal? ¿Son normales o anormales las mujeres que desarrollan un cáncer de pecho, o los hombres que desarrollan el cáncer de próstata a la edad de setenta y cinco años? ¿La mujer que desarrolla la osteoporosis a los sesenta años es normal o anormal? ¿Lo es quien muestra un perfil genético asociado a un veinticinco por ciento de probabilidad de desarrollar el cáncer pero que vive una vida larga y muere de una enfermedad del corazón? Ya que la caracterización de la secuencia es la fase primera y necesaria para producir un mapa, parte del objetivo se pierde si dejamos de producir múltiples secuencias alternativas. En cualquier caso, ¿qué grado de variación podríamos admitir dentro de los límites de la normalidad? ¿Hay quien no tenga predisposición genética para ningún estado de enfermedad? ¿Se establece la normalidad en referencia al genotipo (la predisposición) o al fenotipo (su materialización)? Esa primera secuenciación será una composición, pero una composición es una construcción, no algo que ocurre de forma natural. Como Evelyn Fox Keller ha planteado, ¿quién decidirá lo que terminará representando la norma humana?⁸ ¿Y en qué contextos será ésta procedente?

Algunos defensores del proyecto genoma humano lo exaltan como algo fundamental para el autoconocimiento individual y de las especies y, por lo tanto, digno de perseguirse, independientemente de cualquier otro beneficio material. Para ellos, el problema ético es cómo evitar la autoexculpación simplista: «mis genes me empujaron a hacerlo», que ven como la licencia para todos los tipos de conducta antisocial. Pero esto es demasiado determinista tanto para la mayoría de los filósofos como para muchos biólogos, y resulta difícil precisar lo que tienen en común una secuencia genética y algunas barbaridades producidas en guerras recientes y transmitidas de forma propagandista; o lo que tiene que ver la secuencia genética con la experiencia emocional de una sonata de Brahms, un poema de Neruda o la pintura de DeFeo, generada por la interacción de artista, artefacto y oyente, lector o espectador. Merece la pena comparar esta visión del autoconocimiento con la del filósofo del siglo XVII Baruch Spinoza⁹. Spinoza también fue un determinista, pero sostuvo que ese autoconocimiento era la clave de la libertad humana. Los humanos, pensaba Spinoza, se mueven por el deseo de lo que creemos que será bueno para

⁸ E.F. KELLER, «Nature, Nurture and the Human Genome Project», en Kevles y Hood, *The Code of Codes*, pp. 281-99.

⁹ B. SPINOZA, *Ethics*, 1678, trad. inglesa W.H. White y A.H. Stirling, Oxford, Oxford University Press, 1927.

nosotros. Pero a menudo confundimos lo que es realmente bueno para nosotros y no entendemos la naturaleza de nuestros deseos. Así, la condición humana estriba en ser inducidos a la acción por causas cuya verdadera naturaleza ignoramos. Cuando adecuemos nuestras ideas, es decir, una vez que lleguemos a conocer nuestras verdaderas naturalezas (lo cual, para Spinoza implica conocer la verdadera naturaleza de todo), podremos conocer no sólo cuáles eran las causas de nuestros (anteriores) deseos, sino que evitaremos volver a ser víctimas de ellos. Nuestras acciones podrán estar condicionadas, pero también serán libres, ya que estaremos determinados por causas que, dado nuestro completo conocimiento, podremos saber que conducen a un auténtico bienestar. La visión de Spinoza expresa una fe en la razón que ya en el siglo xx ha dejado de prevalecer, pero su aspiración a un autoconocimiento transformador desde el interior es profundamente humana y está más allá del alcance de cualquier laboratorio.

La ciencia y las ideas sobre ella han transformado de una manera profunda la vida de las sociedades industriales modernas, de la misma manera que estas sociedades han proporcionado las condiciones materiales y culturales en las que se ha desarrollado un cierto tipo de ciencia. Los estudiosos debaten si las ciencias desarrolladas en Europa Occidental y América del Norte representan el epítome del conocimiento natural o de las formas de conocimiento derivadas de los intereses particulares de occidente. A medida que la ciencia de laboratorio occidental se practica por todo el mundo —en Japón, India, China, Ghana, Kenya, Brasil, Argentina y en otras partes— este debate se complica. En parte, gira alrededor de qué tipos de prácticas representacionales e interventoras llegan a llamarse «ciencia», y del grado de libertad que puede darse para alterar y redirigir las prácticas presentes. En gran parte éste es un problema que se perfila en la práctica más que en abstracto. Pero a medida que las ciencias y los productos tecnológicos basados en la ciencia afectan nuestra vida cada vez más profundamente, los pensadores plantean cómo la investigación de laboratorio y sus resultados están simultáneamente ampliando y restringiendo el alcance de la experiencia y de las aspiraciones humanas. Las fotografías de Catherine Wagner¹⁰ nos invitan a reflexionar no sólo acerca de los efectos de la investigación científica sobre nosotros mismos, sino también sobre las formas en que las ciencias expresan la cultura común en cuya construcción participamos todos¹¹.

¹⁰ Dichas fotografías acompañan al texto original como parte del catálogo de la exposición *Art & Science: Investigating Matter*, organizada por la Washington University Gallery of Art en San Luis, Missouri, y algunas de ellas se incluyen al final de este artículo.

¹¹ Deseo agradecer a Carl Chung, Hellen Donis-Keller, Valerie Miner y Elizabeth Spelman los útiles comentarios a versiones anteriores del texto.



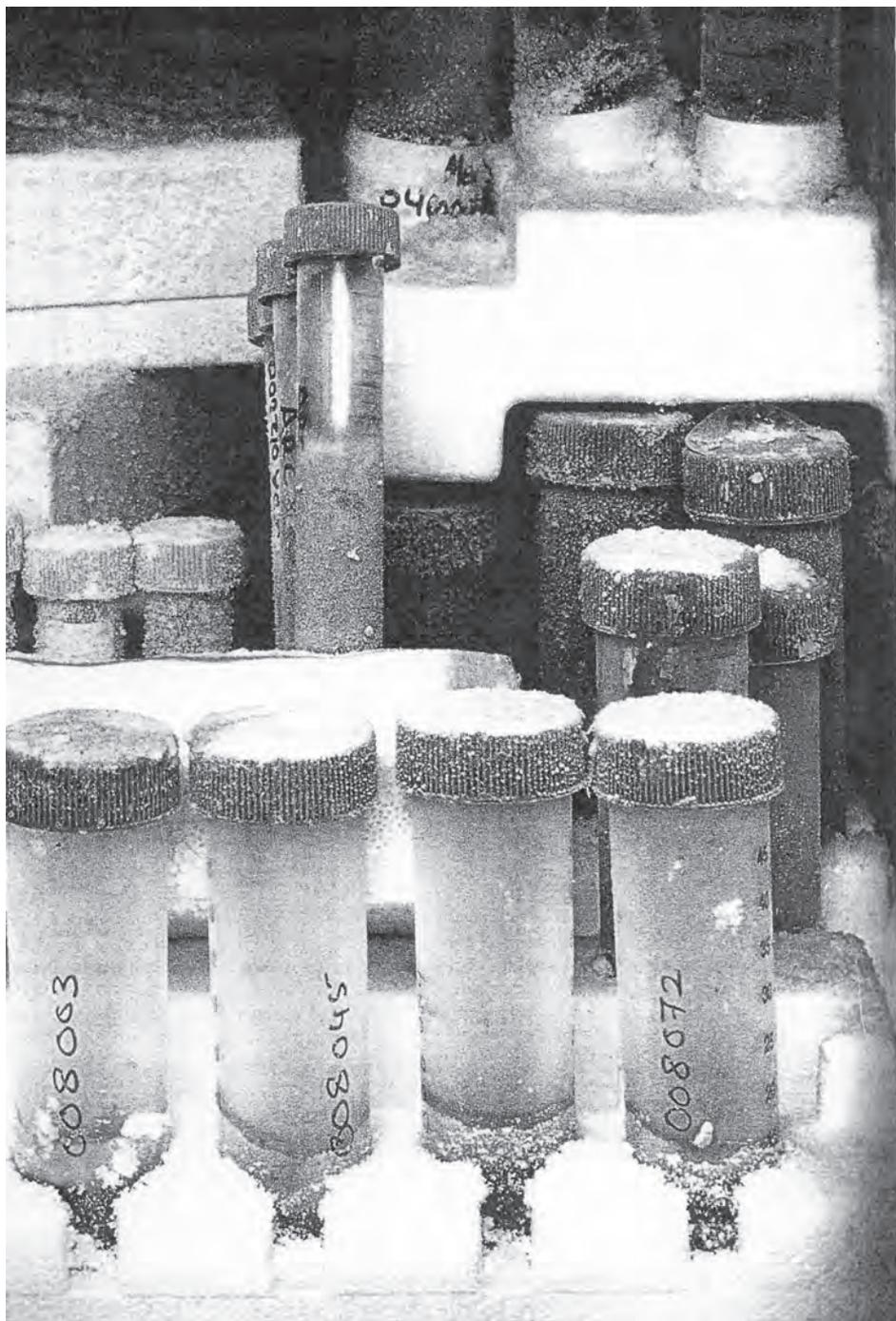


Foto 1.

