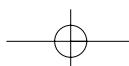
**COLABORACIÓN ESPECIAL I.15****Implicaciones éticas, ambientales y sociales de la ciencia y la tecnología: retos futuros*****Sheila Jasanoff***

El siglo xx trajo consigo la expansión masiva y la introducción a veces forzada de la ciencia y la tecnología en todos los aspectos de la vida humana: el transporte, las comunicaciones, la educación, el comercio, la agricultura, la reproducción humana, la medicina, la energía, la exploración del espacio y de los océanos, y –por supuesto– la gue-

rra. En el siglo xxi debemos enfrentarnos a la urgente tarea de fomentar la capacidad humana para absorber, examinar críticamente y reflexionar sobre estos avances anteriores. Cómo hacerlo de manera eficiente y rigurosa es un reto futuro y una responsabilidad crítica para las universidades de todo el mundo.

No será tarea fácil. Entre los obstáculos para lograrlo figuran las imperfectas y siempre cambiantes interpretaciones de la naturaleza de los temas: las barreras estructurales a la innovación en el seno de las universidades y de otras instituciones de enseñanza superior, y la acusada escasez de profesionales con formación adecuada. En muchas



sociedades tecnológicamente avanzadas, estos problemas se ven agravados por la existencia de una cultura de la evaluación a corto plazo, impulsada por la economía, que valora los beneficios materiales inmediatos por encima de ganancias menos tangibles, como la producción de ciudadanos alfabetizados, con conciencia ética y compromiso político. Asimismo, la investigación universitaria está cada vez más ligada a empresas comerciales que proporcionan beneficios sociales a la vez que amenazan la independencia e integridad de la ciencia e incentivan la mala conducta ética. Para superar estas barreras, se necesitará habilidad y capacidad de liderazgo, además de imaginación y disposición para aprender de experiencias ajenas. Este ensayo perfila algunas de las posibilidades y apunta algunos de los escollos.

DESPUÉS DEL PROGRESO: RIESGOS INESPERADOS Y CONSECUENCIAS IMPREVISTAS

La mayoría de las implicaciones notables de la ciencia y la tecnología respecto al desarrollo humano pueden agruparse bajo uno o más de estos tres apartados: ético, medioambiental y social. Sin embargo, cada apartado engloba una variedad de temas cuyo conocimiento se ha desarrollado y expandido a la vez que los avances en la ciencia y la tecnología. Tras delimitar estas parcelas intelectuales, aparecen las bases para considerar tanto las acciones que las universidades están llevando a cabo actualmente para mejorar el conocimiento y la educación en cada área, como las tareas que quedan por hacer.

ÉTICA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Desde la destrucción de Hiroshima y Nagasaki al final de la Segunda Guerra Mundial, que produjo una devastación y una pérdida de vidas humanas casi inimaginables, los científicos han tenido muy en cuenta el poder catastrófico de sus investigaciones sobre la naturaleza. Al igual que las bombas atómicas instaron a una intensa introspección entre los físicos, la tortura de prisioneros por médicos nazis y el posterior descubrimiento de las inhumanas prácticas realizadas durante investigaciones llevadas

a cabo en Estados Unidos y otros lugares, llevaron a los científicos del campo de la biomedicina a reflexionar sobre la conducta ética de la investigación en seres humanos. Las respuestas públicas a estos hechos incluyeron la aparición de nuevas sociedades profesionales comprometidas con la investigación ética, nuevas políticas gubernamentales para la evaluación de la tecnología y, en el mundo académico, la emergencia del campo de la ética biomédica.

Nacida como respuesta a los atroces abusos descubiertos en el terreno de la investigación, inicialmente la ética biomédica (o bioética) se centró sobre todo en los principios que debían regir la relación entre médico y paciente. El logro más importante en este campo fue el principio del consentimiento informado. Sin embargo, ese campo fue abarcando otras cuestiones conforme avanzaba la tecnología médica en el período de posguerra, como, por ejemplo: la definición de *muerte*; la prolongación tecnológica de la vida; el significado de *intimidación*; patentar tejidos humanos y formas de vida nuevas; la asignación de los escasos medios tecnológicos médicos; la obtención de órganos, y la práctica de la medicina factual.

No obstante, la difusión global de la ciencia y la tecnología tiene implicaciones éticas que no pueden contenerse dentro de enclaves disciplinarios o profesionales específicos, como que la bioética se enseñe solamente en facultades de medicina. Además, las cuestiones éticas no pueden limitarse a áreas específicas de la ciencia como la investigación en humanos. Las nuevas tecnologías como la ingeniería genética, la inteligencia artificial, las técnicas de imagen y las nanotecnologías —ya sean independientes o se combinen bajo el concepto de lo que actualmente se conoce como *tecnologías convergentes*— suscitan una preocupación que va mucho más allá de los ataques a la vida y la dignidad humanas que motivaron las anteriores preocupaciones por la ética de la ciencia y la tecnología. Ahora están en juego cuestiones sobre el significado de la propia naturaleza humana y sobre qué debería considerarse sagrado —si es que hay algo que deba considerarse así— cuando se difuminan las ba-

rreras entre los humanos y las máquinas, entre los humanos y los animales, entre los seres vivos y no vivos. También se está analizando minuciosamente la categoría moral de muchas de las nuevas entidades creadas por la ciencia y la tecnología, como los cultivos y los animales modificados genéticamente, los embriones congelados, las células madre embrionarias y los robots con capacidad para hablar y aprender.

Junto con estos asuntos aparecen nuevas preocupaciones éticas relacionadas con la manera en que las sociedades humanas deberían coexistir con otras especies y explotar los recursos mundiales. En este sentido, la ética se introduce en las preocupaciones medioambientales, que son el segundo legado más importante de las enormes inversiones en ciencia y tecnología realizadas en el siglo xx.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

Los años sesenta fueron una década de creciente concienciación medioambiental, relacionada con el progresivo conocimiento de los riesgos humanos del desarrollo científico y tecnológico. Alimentada inicialmente por *Primavera silenciosa* —el rompedor relato de Rachel Carson sobre los peligros del uso indiscriminado de pesticidas, que finalizaba con imágenes de satélite tomadas durante la misión Apollo que mostraban una vívida ilustración de la finitud de la Tierra—, la década de los sesenta vio cómo la ciencia y la sociedad se encaminaban hacia evaluaciones más cautas de los costes medioambientales del desarrollo económico e industrial.

La vertiginosa crónica de desastres medioambientales subrayaba la necesidad de previsión: el envenenamiento con mercurio en Minamata (Japón), el explosivo escape de dioxina en Seveso (Italia), la mortífera fuga de isocianato de metilo en Bhopal (India) y la fusión accidental de una planta nuclear en Chernobil, en la antigua Unión Soviética, que extendió la contaminación por el oeste de Europa. Los productos y las intervenciones que antaño parecían completamente beneficiosos han acabado teniendo inesperadas consecuencias adversas, a veces con un alcance mundial. Así, se vio que los pesticidas

orgánicos como el DDT y las emisiones de ácidos a la atmósfera persistían y se acumulaban en el entorno, causando graves daños ecológicos. Los clorofluorocarbonos, muy estables y carentes de toxicidad en los productos de consumo, estaban reduciendo la capa de ozono estratosférica de la Tierra, con riesgos a largo plazo para la agricultura y la salud humana. Los altos diques construidos para afrontar los problemas energéticos del mundo en vías de desarrollo dieron lugar a incalculables cifras de refugiados medioambientales y a beneficios y cargas injustamente distribuidos, y demostraron ser menos efectivos de lo que preveían las primeras valoraciones optimistas. Además, eclipsando a todos los demás peligros, la constante acumulación de gases de efecto invernadero desde el comienzo de la industrialización ha provocado cambios demostrables en el clima terrestre, con consecuencias que pueden ser desastrosas para las poblaciones más pobres y vulnerables del mundo.

En la década de los setenta se evidenció que los planes de estudio universitarios debían responder a esta avalancha de conocimiento. El término *medio ambiente* se convirtió en un paraguas bajo el que comenzaron a agruparse nuevos programas de investigación y enseñanza. Las ciencias fueron de las primeras en reorganizarse en torno a esta rúbrica, logrando ayudas de programas estatales y programas con financiación privada dirigidos a buscar soluciones a problemas específicos. Sin embargo, hubo otras disciplinas que también se subieron al tren del ecologismo y comenzaron a generar oportunidades para el estudio especializado y centrado en el medio ambiente en campos como la antropología, la economía, la historia, la filosofía, las ciencias políticas, la sociología y el derecho.

Por impresionantes que fueran estos cambios, en algunos aspectos no tuvieron suficiente impacto. Cuando se celebró la Cumbre de la Tierra en 1992 en Río de Janeiro, quedó claro que las nuevas herramientas conceptuales utilizadas para comprender los fenómenos medioambientales a escala planetaria —como la sostenibilidad, la vulnerabilidad y la precaución— requerían una co-

laboración sin precedentes de todos los campos del saber. Sin embargo, el apoyo y la receptividad hacia los asuntos ambientales seguían prevaleciendo en el campo de las ciencias naturales y, en consecuencia, los conocimientos humanistas y sociales sobre el medio ambiente crecieron a un ritmo más lento que la comprensión de los sistemas físicos y biológicos de la Tierra. Las prácticas de contratación en las ciencias sociales y las humanidades rara vez daban prioridad a los puestos medioambientales, contribuyendo con ello a la existencia de deficiencias en los recursos humanos y del conocimiento. Los estudios medioambientales se llevaron a cabo en contextos dominados por perspectivas disciplinares, y donde el conservadurismo con respecto a los puestos intermedios y a los ascensos creaba barreras para los especialistas que trabajaban en la solución de problemas que no estaban arraigados en las disciplinas tradicionales. Los programas medioambientales no estaban completamente ligados a estudios críticos más amplios sobre la ciencia y la tecnología.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

A pesar de las insuficiencias, las implicaciones éticas y medioambientales de la ciencia y la tecnología lograron más reconocimiento sistemático dentro de las universidades que sus más imprecisas pero no menos inquietantes implicaciones sociales. Quizás una razón sea que la mala conducta ética y el daño medioambiental pueden reconocerse sin cuestionar la naturaleza o los propósitos de la propia ciencia. Por lo tanto, cuando se descubre que un investigador universitario ha falsificado sus datos o ha realizado experimentos en sujetos que no habían dado su consentimiento, se puede juzgar la conducta como inaceptable y desarrollar normas éticas que prohíban una mala conducta en el futuro, sin cuestionar si merecía la pena realizar la investigación. De igual manera, se puede intentar prevenir o mitigar los impactos ambientales adversos del desarrollo tecnológico sin cuestionar seriamente la necesidad de ciertos tipos de innovación. Esta ceguera deja de ser posible cuando se analiza el alcance to-

tal de los compromisos de la ciencia con la sociedad.

Uno de los principales desarrollos intelectuales del siglo xx fue el reconocimiento de que la ciencia y la tecnología no escapan a la influencia humana, sino que son en sí mismas instituciones sociales que incorporan las ideologías, el entusiasmo y la parcialidad de los períodos en que se constituyen, y se ven afectadas por estos elementos. La idea de que la ciencia es objetiva, o que los hechos pueden separarse de los valores, tal como afirmó el gran sociólogo alemán Max Weber, fue puesta en duda por trabajos como el del filósofo Thomas Kuhn, quien estableció que la ciencia siempre se enmarca dentro de los límites de paradigmas sociales históricamente específicos.

Es cada vez más evidente que las tecnologías incorporan elecciones de diseño que reflejan supuestos culturales previos sobre lo que conviene o se puede conseguir en la sociedad. Así, la preferencia por la movilidad personal estimuló las inversiones en la industria del automóvil y contribuyó a la disminución de los ferrocarriles y los sistemas de transporte público en Estados Unidos. La Revolución Verde, interpretada correctamente como la respuesta para solucionar la escasez crónica de alimentos en las sociedades en vías de desarrollo, tuvo costes medioambientales y desequilibrios distributivos no considerados durante el desarrollo tecnológico. El arsenal contemporáneo de fármacos psicotrópicos permite tratar enfermedades mentales que antes eran debilitantes, pero ha cambiado las expectativas sociales sobre qué estados mentales se consideran «normales» y ha creado problemas de abuso que no anticiparon sus diseñadores. Las costosas tecnologías de reproducción asistida han consolado a las parejas estériles, pero también han abierto las puertas a que se trate a los hijos como bienes de diseño y han ampliado la brecha entre ricos y pobres.

Las políticas públicas para el desarrollo de la ciencia y la tecnología también incorporan supuestos sociales que a veces se dan tanto por sentado que llegan a parecer naturales, es decir, «se naturalizan». Por ejemplo, las leyes oc-

cidentales sobre la propiedad intelectual suscriben la teoría laboral del valor y premian las contribuciones de autores individuales o inventores que crean productos novedosos. Este régimen jurídico deja poco espacio para la protección del saber autóctono y de otras formas de conocimiento colectivo que no pueden atribuirse a un único momento o acto inventivo. Al generalizarse a través de organismos globales como la Organización Mundial del Comercio, estos supuestos políticos geográficamente específicos pueden superponerse a asunciones culturales contrarias, aunque quizá formuladas de un modo menos explícito, sin el beneficio de una discusión a fondo.

Otro ejemplo que tiene consecuencias mundiales es la difusión de la «valoración del riesgo científico», sobre todo en cuanto a la regulación de peligros medioambientales. La insistencia en la naturaleza científica de la valoración del riesgo enmascara lo que ahora se consideran elecciones cargadas de valor sobre asuntos como qué riesgos son considerados importantes por diferentes sociedades, qué modelos de causalidad de riesgo se utilizan, cómo se representan y explican las incertidumbres, y a quién se consulta, o cuándo se le consulta, con respecto a los riesgos del desarrollo tecnológico. Asimismo, la conceptualización de la valoración de riesgos como ciencia suele eliminar la consideración de la distribución de riesgos y beneficios en la sociedad. No obstante, los desequilibrios percibidos en ese tipo de impactos distributivos explican muchos episodios de resistencia a las nuevas tecnologías, desde las tejedoras a las que se oponían los luditas a principios del siglo xix a los cultivos y alimentos modificados genéticamente rechazados por los consumidores europeos doscientos años después.

Al igual que con los aspectos éticos y medioambientales de la ciencia y la tecnología, las universidades han respondido a los cambios en la percepción de la ciencia y la tecnología como instituciones sociales y en su función formadora de la sociedad. No obstante, las respuestas no han sido sistemáticas, sino dispares desde el punto de vista

institucional y cultural, y se han distribuido de un modo desigual dentro del territorio nacional y entre países. Para enfrentarse enteramente a los retos, las universidades deberán desarrollar un sentimiento más amplio e históricamente más fundado de sus propios objetivos institucionales, no solo como incubadoras de la producción de nuevos conocimientos científicos y saber tecnológico, sino también como centros de creación de capacidades para el análisis social, la reflexión crítica y la ciudadanía democrática. Una breve revisión del papel cambiante de la universidad en relación con la ciencia y la tecnología indica por qué dicha autoevaluación institucional es necesaria.

EL PAPEL DE LA UNIVERSIDAD: DE LA TORRE DE MARFIL AL CONTRATO SOCIAL, Y MÁS ALLÁ

Desde el comienzo de la revolución científica hasta bien entrado el siglo xx, la universidad se constituyó primeramente como una torre de marfil, un lugar de recogimiento donde la ciencia en el más amplio de los sentidos se llevaría a cabo sin interferencias de las presiones mundanas, y a menudo prestándoles escasa atención. La ciencia se veía como la búsqueda desinteresada del saber por el saber. Los padres fundadores de la Ilustración, como Galileo Galilei, René Descartes, Francis Bacon, Robert Boyle e Isaac Newton, llevaron a cabo sus investigaciones sin considerar los usos del saber y, en el caso de Galileo, desafiando, como es sabido, la imperante autoridad religiosa. Los científicos solían dar clases en la universidad o eran eruditos caballeros rentistas. Su propia independencia se consideraba fuente del poder y de la integridad de la ciencia. En unos escritos de 1942, el pionero sociólogo de la ciencia estadounidense, Robert K. Merton¹, atribuyó gran parte del éxito de la ciencia al compromiso ético con cuatro principios: el *comunalismo* en la distribución del saber; el *universalismo*, al sostener que las ideas científicas son iguales en todas partes; el *desinterés*, en el sentido de la indiferencia hacia el beneficio privado, y el *escepticismo organizado* a través de la revisión crítica ejercida por pares.

La interpretación científica no se relacionó con la innovación tecnológica con fines comerciales hasta la madurez de la revolución industrial. Incluso entonces, las trayectorias de los primeros grandes inventores (personajes como Eli Whitney, Thomas Edison, Louis Pasteur, Guglielmo Marconi y Wilbur y Orville Wright) fueron guiadas por esfuerzos dirigidos a la resolución práctica de problemas, sin realizar esfuerzos conscientes por aplicar los resultados de la ciencia para conseguir beneficios materiales. La educación superior reflejó la consabida separación entre descubrimiento e invención. En el influyente modelo alemán, las universidades tecnológicas fundadas en el siglo xix ofrecieron formación en ingeniería y ciencias aplicadas, mientras que los sistemas universitarios tradicionales formaron a su alumnado en materias como matemáticas puras, ciencias naturales básicas, humanidades y ciencias sociales. Divisiones similares entre la educación científica y técnica se dieron en el Reino Unido, Estados Unidos y, posteriormente, en muchos países africanos y asiáticos. Los sistemas de los institutos tecnológicos, conocidos con las siglas TI en inglés, se afianzaron en muchas regiones del mundo, concebidos según el modelo del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) de Estados Unidos. Al contrario que las universidades tradicionales, estas instituciones no solían ofrecer opciones de estudio sistemático de las humanidades y las ciencias sociales.

Las guerras mundiales del siglo xx lo cambiaron todo. El Proyecto Manhattan y la bomba atómica, junto con el éxito de los antibióticos, los radares, la informática y la Revolución Verde, persuadieron a los gobiernos de que financiar la ciencia universitaria en aras de generar beneficios para la sociedad en tiempos de guerra y paz. En un contrato social tácito con la ciencia y la tecnología, los estados –y posteriormente los donantes privados– empezaron a apoyar la investigación científica universitaria, conscientes de que el hecho de fomentar el conocimiento llevaría a nuevos inventos, más empleo y niveles de salud y riqueza crecientes y generalizados. Desde el punto de vista con-

ceptual, los científicos siguieron insistiendo en la división entre investigación «pura» o «básica» y «aplicada». En la práctica, la línea que las separaba se hacía cada vez más borrosa.

Este desarrollo ganó impulso pero cambió de dirección en el último cuarto del siglo xx, cuando las naciones comenzaron a reconocer que el saber es un recurso económico valioso en sí mismo que debe ser cultivado y explotado para el bien común, al igual que ocurría históricamente con los recursos de la naturaleza. Las naciones industriales comenzaron a verse cada vez más como «sociedades del conocimiento», y las políticas públicas en materia de ciencia y tecnología, que antes se conformaban con promocionar la investigación, también se prepararon para afrontar la fulminante transformación de conocimiento en utilidad. Entre los instrumentos seleccionados para este fin se encontraban las ampliadas oportunidades de patentar para los investigadores universitarios, los programas de financiación dirigidos específicamente a áreas tecnológicas clave, como la biotecnología y la nanotecnología, y la financiación para la investigación de alto riesgo con gran rendimiento potencial. Conocedores de los limitados recursos públicos, los estados animaron intensivamente las asociaciones entre entes públicos y privados, y las industrias científicas buscaron centros universitarios prometedores en los que poder invertir fondos para la investigación de gran alcance.

Al entrar en el siglo xxi, los logros relacionados con el conocimiento científico se vieron principalmente como precursores del crecimiento económico, y el grado de financiación de la investigación se consideró un indicador fiable de la prosperidad futura de la nación. Sin embargo, los gobiernos y el público también empezaron a ver que la ciencia y la tecnología podían tener consecuencias inesperadas y no del todo progresistas. Las preocupaciones se centraron en las emergentes implicaciones éticas, medioambientales y sociales de la ciencia y la tecnología descritas previamente. La oposición mundial a la ener-

gía nuclear y a algunas biotecnologías agrícolas demostró los riesgos de no tener en cuenta las actitudes y percepciones de la opinión pública. Por consiguiente, las políticas estatales se esforzaron por incorporar en los presupuestos generales consideraciones más amplias para la investigación y el desarrollo científico. La iniciativa más conocida quizá fuera el programa de Implicaciones Éticas, Legales y Sociales (ELSI, en sus siglas inglesas) del Proyecto del Genoma Humano estadounidense, imitado posteriormente por muchos otros. Los investigadores respondieron con entusiasmo a las llamadas que animaban a investigar las consecuencias sociales de la ciencia, pero los cambios en los programas educativos y formativos de las universidades se hicieron esperar.

En resumen, las estrechas alianzas con el gobierno y el sector privado han erosionado el ideal clásico de las universidades como torres de marfil. Hoy en día, las universidades son agentes proactivos que respaldan la producción de nuevos conocimientos y fomentan su difusión en el comercio y la política. Algunos aplauden este desarrollo como algo que lleva hacia una era de lo que se ha venido en llamar la producción científica de «modo 2», en la que los investigadores tienen la responsabilidad de satisfacer las necesidades de la sociedad. Otros apuntan que la pérdida de independencia en universidades con escasez de recursos ha abierto las puertas a la corrupción personal e institucional, y a que se dé más importancia a la moda que a la relevancia a la hora de encaminar la investigación. Dada su naturaleza, estas disputas no se prestan a soluciones fáciles o definitivas. El objetivo más importante de las universidades es mantener espacios institucionales accesibles en los que este tipo de preocupaciones puedan ser articuladas, estudiadas y debatidas abiertamente. Un creciente número de universidades ha aceptado el reto a través de programas específicos dedicados al estudio de la ciencia, la tecnología y la sociedad. No obstante, por el momento solamente cae un regato de programas de este tipo en lugar del esperado río.

EL ESTUDIO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LA SOCIEDAD

Las universidades son espacios para la reflexión y la creación. En las instituciones de enseñanza superior se fomentan casi todas las formas de creatividad humana. Sin embargo, las universidades también tienen el cometido de desarrollar los discursos críticos y las estructuras analíticas con las que las sociedades humanas pueden reflexionar continuamente sobre los productos de su ingenio. Así, la política merece su propia ciencia y tecnología; la economía analiza el mercado; la sociología y la antropología examinan la sociedad y la cultura humanas, y las artes creativas suponen sus propios modelos de crítica. No obstante, a pesar de su centralidad a la hora de organizar el mundo contemporáneo, la ciencia y la tecnología todavía no manejan recursos intelectuales o materiales similares para la reflexión crítica bajo la forma de departamentos, personal educativo, apoyo estudiantil y financiación para la investigación. A escala mundial, un porcentaje ínfimo de todos los recursos gastados en ciencia y tecnología se destina a tomarse en serio sus implicaciones éticas, medioambientales y sociales.

Dado el amplio, ambivalente y dominante papel que desempeñan la ciencia y la tecnología en la vida humana, esta brecha entre la producción y la reflexión debe ser atendida urgentemente por las universidades. El primer paso es reconocer, por todas las razones anteriormente expuestas, que la ciencia, la tecnología y la sociedad son temas de investigación y enseñanza que requieren una atención urgente por sí mismas. El segundo paso es proporcionar recursos institucionales que las estudien y enseñen sistemáticamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Kuhn, Thomas (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, IL. University of Chicago Press.
- Merton, R.K. (1942). The Normative Structure of Science In: R.K. Merton, *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations* Chicago, IL, University of Chicago Press, 1973.