

Los males de la ciencia

Juan Ignacio Pérez

Joaquín Sevilla

N E X T —
D O O R . . .
P U B L I S H E R S

© De los Autores:
Juan Ignacio Pérez Iglesias
Joaquín Sevilla Moróder

© Next Door Publishers
Primera edición: marzo 2022

ISBN: 978-84-124767-6-7
DEPÓSITO LEGAL: NA 268-2022

Reservados todos los derechos. No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea mecánico, electrónico, por fotocopia, por registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del *copyright*.

Next Door Publishers S.L.
c/ Emilio Arrieta, 5, entlo. dcha., 31002 Pamplona
Tel: 948 206 200
E-mail: info@nextdooreditores.com
www.nextdoorpublishers.com

Impreso por Estella print
Impreso en España

Diseño de colección: Ex. Estudi
Autora del sciku: Laura Morrón Ruiz de Gordejuela
Editora: Laura Morrón Ruiz de Gordejuela
Corrección y composición: NEMO Edición y Comunicación, SL

El Café Cajal

*A Íñigo y Amaia
A Beatriz, Guillermo y Miguel,
con el deseo de que disfruten de lo que pueda ofrecerles una ciencia mejor*

Índice

«Pre- texto»

13

I. En qué consiste la ciencia 21

II. Los valores y la ciencia 51

III. Desigualdad de oportunidades 81

IV. Males del sistema científico 103

**V. Males del sistema de
publicaciones** 121

VI. Malas prácticas 143

VII. Mala ciencia 173

VIII. Ciencia y ética 187

**IX. Ciencia, política y
comunicación** 215

**X. Los males de la ciencia tienen
remedio** 231

Fuen-
tes

263

«Pre-texto»

Los días 8, 9 y 10 de julio de 2015 se ofreció en San Sebastián, en el marco de los cursos de verano de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), un curso titulado «Los demonios de la ciencia». Estaba organizado conjuntamente por la Fundación Ikerbasque y la Cátedra de Cultura Científica de la misma universidad. Los dos autores de este texto contribuimos al curso con sendas ponencias. Tiempo después, nos animamos a poner por escrito lo que habíamos contado allí y algunas cosas más, y lo publicamos en el blog de la Academia de las Ciencias, las Artes y las Letras de Vasconia, Jakiunde. Así empezó a gestarse el libro que tiene entre sus manos.

Somos científicos profesionales. En tanto que docentes universitarios, hemos dedicado o dedicamos una parte importante de nuestra actividad a la investigación científica. Los dos hemos tenido responsabilidades de gobierno en nuestras respectivas universidades. Y ambos hemos dedicado una parte significativa de nuestro tiempo a la divulgación de la ciencia: somos directores de las cátedras de Cultura Científica de nuestras universidades, colaboradores de la plataforma de divulgación Naukas, y acudimos, siempre que podemos, a donde se nos llama para contar historias de ciencia. La ciencia es nuestra profesión y también una de nuestras aficiones.

Desde que llegamos a la universidad, hace algo más de tres décadas, vivimos dentro del sistema, somos parte de él. Lo conocemos, lo disfrutamos y lo sufrimos. Durante todos estos años, hemos visto cómo ha evolucionado la investigación científica, sobre todo en nues-

tro país, pero no solo en nuestro país. Y hemos sufrido los efectos de alguno de sus males. Otros los hemos visto de cerca. Creemos conocerlos bien y nos preocupan. Por eso nos hemos propuesto hablar de ellos.

Antes de entrar en materia, tenemos unos breves «pre-textos» que contar. El mío (Joaquín) comienza cuando, en mitad de mi tesis doctoral sobre la absorción de hidrógeno en metales para su uso como vector energético —tema hoy de moda que ya era interesante en 1986—, se cruzó el anuncio de la fusión fría, un tema muy relacionado con nuestro trabajo. Con el tiempo es fácil saber cómo clasificar aquella propuesta, pero vivir en tiempo real la posibilidad de aprovechar o dejar escapar un descubrimiento importante no era nada evidente. Decidir cuándo abandonar la idea y reconocer el fracaso o si continuar perseverando fue muy difícil y generó discrepancias importantes con mi director de tesis. Un tema como este, que fue portada de diarios nacionales al principio y recibió críticas feroces después, no es habitual. Encontrarse este tipo de aspectos científicos no convencionales (por llamarlos de alguna forma) me abrió los ojos y, desde entonces, mantengo el interés no solo por hacer ciencia, sino por cómo se hace y todos sus aspectos colaterales, incluyendo los males que aparecen por el camino.

El mío (Juan Ignacio) es una anécdota mínima, pero significativa. Fue hace unos treinta años. Colaborábamos entonces con un grupo del Plymouth Marine Lab (NERC, RU); íbamos a enviar un artículo a una de las mejores revistas de nuestro campo (la biología marina), pero teníamos dificultades con un grupo de investigadores daneses cuando alguno de ellos revisaba alguno de nuestros trabajos. Había una discrepancia fundamental de orden casi filosófico entre el grupo danés y el resto de investigadores en la especialidad (biología de bivalvos marinos). No había críticas metodológicas ni problemas con los datos, solo con su interpretación. Se trataba de una discrepancia legítima como tal, pero que dejaba de serlo desde el momento en que

la discrepancia se saldaba con valoraciones negativas que obviaban la calidad técnica del trabajo y comprometían su publicación. A la vista de las dificultades, el primer firmante envió el artículo con una nota para el editor jefe de la revista: «Si va a enviar nuestro artículo a alguno de estos señores, no se moleste, devuélvanos el manuscrito y lo damos por no enviado». El artículo se publicó en aquella revista sin mayor problema. Nuestro primer firmante era (sigue siendo, aunque ya retirado) un científico ilustre. Cosas de la revisión por pares.

Como gusta decir al físico Pedro Miguel Etxenike, la ciencia es hermosa estéticamente, importante culturalmente y decisiva económicamente. Es una de las más grandes creaciones de la humanidad. Y gracias a sus frutos, la actual es la época histórica en la que, a pesar de los pesares, la gente vive en mejores condiciones. La esperanza de vida en cualquier país hoy es superior a la del país con la más alta hace dos siglos. Ello se debe, en gran parte, a la ciencia.

Tendemos a pensar que hay conquistas de la humanidad que no tienen vuelta atrás. Pero no hay ninguna ley que así lo establezca. El futuro no está escrito, tampoco el de la ciencia, ni está garantizado su progreso. Queremos decir con esto que esa forma, a la que llamamos «ciencia», de observar la naturaleza y de extraer conocimiento a partir de regularidades y pruebas no tiene garantizada su continuidad en el futuro.

La ciencia tiene poderosos adversarios. Son quienes tienen algo que ganar de la ignorancia, de la minusvaloración o negación de los hechos, de las creencias irracionales. En medio de la peor crisis sanitaria que ha vivido la humanidad en un siglo, hemos podido comprobar cómo altos mandatarios han tratado de socavar las bases del conocimiento que mejor podía hacer frente a una pandemia que ha matado a millones de personas y generado desolación económica y social en gran parte del planeta. Se han colocado fuera de lo que el periodista y ensayista Jonathan Rauch denomina «comunidad basada en la realidad». Ellos han sido los más egregios representantes de

una corriente de irracionalidad deliberada e intereses bastardos que fluye —subterránea o a la vista— en nuestras sociedades. Pero no son excepciones.

La ciencia es sólida. Se nutre de la ignorancia y la curiosidad humanas, y utiliza el contraste con la realidad y el cedazo de la prueba como criterios de validez de las nociones que alumbraba. Pero, a la vez, es frágil, porque no solo no obedece al «sentido común», en ocasiones lo contradice o parece contradecirlo. Y porque a menudo nos muestra lo que no queremos ver o no nos dice lo que queremos oír. La combinación entre lo que parece dictar el sentido común y lo que nos interesa ver y oír puede tener efectos demoledores. El rechazo a la ciencia y sus productos siempre está ahí, agazapado, esperando su ocasión, presto a aprovecharse de esa combinación de debilidades humanas. Porque siempre hay quien tiene algo que ganar o cree tenerlo.

No obstante, quizás no sean los elementos ajenos al sistema científico sus principales adversarios. El peor enemigo de la ciencia, seguramente, se encuentra en su interior. Su principal amenaza somos los integrantes de ese sistema tan grande y complejo, así como quienes se encuentran en su entorno inmediato e interactúan con él. De la misma forma que organismos vivos y entes sociales están expuestos, a la vez, a amenazas procedentes del interior y peligros del exterior, la ciencia, como sistema, como empresa colectiva, se encuentra sometida a riesgos externos e internos. Pero son los internos los más insidiosos. Son los que conciernen a quienes nos encontramos dentro del sistema; por eso nos interpelan de forma directa. Y porque nos interpelan, hemos decidido escribir este libro, para ponerlos de relieve, advertir del riesgo que representan y señalar la necesidad de ponerles remedio. Este es nuestro principal objetivo.

Los males lo son porque, bajo su influencia, la ciencia podría dejar de ser una herramienta de conocimiento fiable e impedir que actúe como factor de progreso social al servicio del bienestar de las personas. Quienes formamos parte del sistema somos los primeros

interesados en que tal cosa no ocurra. Y lo que exponemos en estas páginas debe ser valorado a la luz de esa consideración.

Los autores de estas líneas somos un físico y un biólogo, y esto tiene algunas implicaciones de las que debemos advertir. Una se refiere al objeto de análisis. Este libro trata de algo a lo que denominamos «ciencia». Podríamos haber ampliado el foco y habernos ocupado de «las ciencias», incluyendo todos los saberes fruto del análisis sistemático y del contraste con la realidad de teorías e hipótesis. Pero no nos hemos atrevido a tanto. La «ciencia» de la que nos hemos ocupado comprende, sobre todo, las ciencias naturales y experimentales. Esto obedece a dos razones. Una es muy evidente: dada nuestra adscripción disciplinar, son las ciencias experimentales y naturales las que conocemos de primera mano, y en ese terreno tenemos más confianza y seguridad. Esto no implica que lo aquí escrito no valga para otras disciplinas u otras ciencias; por supuesto que puede valer, aunque quizás no en todos sus extremos. Cuanto más cerca se encuentren esas disciplinas de la definición que hacemos en este trabajo del término *ciencia* (lo hacemos en el capítulo I), más probable es que lo aquí dicho les sea de aplicación.

La otra advertencia es que, en lo que se refiere a los asuntos de los que nos ocupamos aquí, no somos más que meros aficionados. Nuestras especialidades respectivas, aquello para lo que fuimos adiestrados, son materias muy alejadas de estas. Somos, en efecto, aficionados, y es así como debe leerse este libro, como la obra bienintencionada de dos amigos, científicos de profesión, a quienes no acaba de gustar parte de lo que ven en el mundo profesional al que pertenecen. Llevamos ya unos cuantos años contrastando ideas, confrontando puntos de vista, hablando de ciencia, de lo que es y de lo que no es. Hemos alcanzado un grado de coincidencia inhabitual y, desde luego, impropio de dos científicos. Quizás por eso aceptamos gustosos el reto que nos presentó Next Door Publishers de escribir un libro acerca de este tema. Le agradecemos, por ello, la confianza

que ha puesto en estos *amateurs* y la oportunidad que nos ofrece de poder escribir sobre nuestras cosas y compartirlas así con quienes tienen nuestros mismos intereses y preocupaciones.

Como hemos dicho antes, entramos en la universidad hace algo más de tres décadas, y es en la universidad donde hemos desarrollado nuestras carreras. Lo que sabemos del sistema científico lo hemos aprendido en o desde la universidad. Podríamos, por tanto, haber dedicado una parte de nuestro ensayo al examen de los males específicos del mundo universitario. No lo hemos hecho por dos razones. Por un lado, porque el sistema universitario español tiene características que lo diferencian claramente de los de otros países, incluso de nuestro entorno cultural y económico próximo; si analizásemos sus problemas, el examen se limitaría al sistema español. Los males de la ciencia, por el contrario, tienen, a pesar de las especificidades españolas, un carácter más global. La otra razón es que el sistema universitario español, por sus particularidades e implicaciones con cuestiones de carácter docente y formativo, requiere un análisis, él solo, de extensión similar a este, al menos, y habría desdibujado y diluido sobremanera su contenido.

El libro empieza con un capítulo de carácter introductorio, en el que contamos qué entendemos nosotros por ciencia, y describimos brevemente los elementos del sistema a los que nos referiremos más adelante para señalar sus males (capítulo I). Sigue con el examen de los valores de la ciencia (capítulo II). En contra de lo que muchos piensen, los valores tienen mucha importancia en el mundo de la ciencia. Hay valores que impregnan nuestra actividad; son intrínsecos, propios de la ciencia, aunque no acabemos de tener todo lo claro que sería de desear cuáles son. Y hay valores que nos guían y que condicionan las decisiones que tomamos y la forma en que los resultados de la ciencia son aceptados, o no, por la comunidad de especialistas o por el público. Sea como fuere, los valores son una especie de contrapunto de los males que veremos en los capítulos siguientes.

A continuación, nos ocupamos de las desigualdades en el disfrute de los beneficios de la ciencia y en la participación en ella (capítulo III). En última instancia, esas desigualdades son consecuencia de la vulneración del derecho humano a la ciencia, y es así como las consideramos; la existencia de obstáculos para que determinados grupos de personas puedan acceder a la práctica científica o disfruten de sus productos de la misma forma que los demás convierte la ciencia en patrimonio cultural y quizás político de grupos privilegiados.

Pasamos después a examinar los males del sistema científico, son los problemas derivados del modo en que funciona el sistema; no son males de carácter individual o personal —aunque, lógicamente, en última instancia son consecuencia de decisiones y actuaciones de personas—, pero tienen carácter sistémico (capítulo IV). Incluimos, aunque en capítulo aparte, por su especificidad, los males que aquejan al sistema de publicaciones científicas (capítulo V). Al deteriorar el funcionamiento del sistema en su conjunto, se convierten en obstáculos a la consecución de los fines de la ciencia.

Los problemas de los que nos ocupamos a continuación son males atribuibles al comportamiento de los individuos. Analizamos, por un lado, la falta de integridad en la labor científica, motivada o facilitada por ciertos sesgos y por la existencia de intereses que pueden entrar en conflicto con la obtención de conocimiento válido (capítulo VI). Y por el otro, presentamos algunas consecuencias, en forma de lo que puede considerarse mala ciencia, de la influencia de la mala praxis de sus profesionales (capítulo VII). También son atribuibles a decisiones y comportamientos personales las vulneraciones de principios éticos ampliamente aceptados por nuestras sociedades, en lo relativo tanto a los medios que se utilizan en la investigación como a los fines de esa actividad (capítulo VIII). Esas vulneraciones socavan la legitimidad de la práctica científica.

A continuación, tratamos los problemas que se derivan de las difíciles relaciones entre la ciencia, la política y la comunicación (ca-

pítulo IX). Son problemas que surgen al trasladar el conocimiento científico a la esfera pública, mediante su difusión social, y al terreno de las decisiones políticas. Cada uno de estos ámbitos tiene sus especificidades, y ello exige que los agentes que intervienen las conozcan y actúen en consecuencia. De otra forma se derivan problemas que pueden poner en cuestión el carácter genuino del conocimiento científico y socavar, también así, su credibilidad y prestigio social.

Completamos el análisis con una recapitulación de las iniciativas que se han tomado, principalmente durante lo que llevamos de siglo, para afrontar la resolución de los males que hemos repasado. Porque, como expresa el título del capítulo (el X), estamos convencidos de que los males de la ciencia tienen remedio.

Antes de dar por terminado el texto, hemos querido asegurarnos, en la medida de lo posible, de que no cometíamos demasiados errores. Por eso hemos pedido a algunas amigas y amigos que saben más que nosotros de los temas tratados en el libro que lo leyeran con ojo crítico. Son Nekane Balluerka, Antonio Casado da Rocha, Íñigo de Miguel Beriain, Victoria Ley, Mabel Marijuán, José Ortega, Miriam Quiñones, Santiago Romo, Javier Segovia, Miguel A. Vadillo y Francis Villatoro. Les estamos infinitamente agradecidos, porque atendieron nuestro requerimiento, dilatando obligaciones y dejando a un lado ocio y solaz. A sus comentarios, aportaciones y críticas debemos que este libro sea más riguroso y mejor de lo que hubiera sido sin su concurso. Los fallos, imprecisiones y errores que subsisten son de nuestra única y entera responsabilidad.

Juan Ignacio y Joaquín, agosto de 2021

I

En qué consiste la ciencia

Con el nombre de «los males de la ciencia» queremos referirnos a problemas, comportamientos y situaciones indeseables que se producen en el mundo de la ciencia. Son fuente de disfunciones, anomalías, lacras, rigideces y obstáculos que se producen como consecuencia de la actuación de los agentes que forman parte del sistema científico o intervienen en él. Pueden dañar la credibilidad de la ciencia, hacer que cause más perjuicio que beneficio, y así socavar su legitimidad. De ese modo, la ciencia —el sistema científico— dejaría de ser una herramienta para crear conocimiento fiable y de funcionar como factor de progreso social al servicio del bienestar de las personas. Este es el tema de este libro; la preocupación que nos anima queda expresada en estas líneas de forma explícita.

Ahora bien, antes de repasar sus enfermedades, tenemos que empezar por una cierta descripción de lo que es la ciencia, siquiera sea una descripción mínima que nos permita continuar con el objetivo de analizar sus patologías.

Una descripción mínima de la ciencia

Quienes nos dedicamos a la investigación científica queremos desentrañar los secretos de la naturaleza, conocerla, entender los mecanismos subyacentes a lo que estudiamos. Observamos los fenómenos que nos interesan, buscamos regularidades en ellos y, si las encontramos, tratamos de elaborar modelos que los representen,

que nos ayuden a explicar las observaciones y, si es posible, a hacer predicciones e, incluso, a controlarlos. La medida de nuestro éxito viene determinada por nuestra capacidad para alumbrar nociones antes desconocidas, para generar nuevo conocimiento. Nos mueve la curiosidad, el interés por desvelar misterios, por arrojar luz allí donde antes había oscuridad. Aunque también puede interesarnos resolver algún problema práctico, crear algún producto nuevo, diseñar un nuevo procedimiento; en este segundo supuesto, las cosas cambian algo, pero no demasiado. La curiosidad se dirige a resolver un problema concreto y el conocimiento es, en este caso, un conocimiento aplicado.

En el pasado, la mayoría de quienes se dedicaban a la ciencia lo hacían en solitario. Normalmente, entablaban relaciones epistolares con otros colegas o participaban en reuniones o demostraciones públicas en el marco de sociedades o academias. Pero el trabajo, la investigación, lo hacían por su cuenta. Así trabajaron Galileo, Newton o Darwin, por ejemplo. Pero esa forma de trabajar prácticamente ha desaparecido. En la actualidad, la ciencia es mucho más una tarea colectiva realizada por profesionales que trabajan en instituciones que una vocación personal realizada de forma aislada por personas cuyo sustento no dependía de su actividad científica. Hoy, por el contrario, está altamente institucionalizada y requiere, además, de fuertes aportaciones económicas.

Al principio hemos dicho que a los y las profesionales de la ciencia nos mueve la curiosidad. Pero para merecer el calificativo de «científica», no vale cualquier manifestación de curiosidad, cualquier manera de aproximarse a la naturaleza. Llamamos «ciencia» a un conjunto de conocimientos un poco especial en cuanto a los procedimientos para obtenerlo —basados en la observación, el razonamiento y el análisis sistemático— y más aún en cuanto a su pretensión de validez universal.

En los inicios de nuestra carrera en el mundo de la investigación se nos enseñaba que la ciencia se diferencia de otras formas

de conocimiento porque en aquella se utiliza «el método científico», ya que su aplicación era condición necesaria para que lo que hacemos pueda ser considerado, con toda legitimidad, ciencia. El método consiste, según la Wikipedia¹, «en la observación sistemática, medición, experimentación y la formulación, análisis y modificación de hipótesis: Las principales características de un método científico válido son la falsabilidad, y la reproducibilidad de los resultados». La falsabilidad hace referencia a la condición de que una noción —ya la llamemos conjetura, hipótesis o teoría— ha de poder ser refutada empíricamente («falsada», en la jerga epistemológica) para merecer la consideración de científica. Y la reproducibilidad se refiere a la condición de que los resultados o conclusiones obtenidos por una persona en un lugar y tiempo determinados han de poder ser obtenidos por otra persona en cualquier tiempo o lugar.

El paso de los años nos ha enseñado que las cosas no son tan sencillas. Qué más quisiéramos. Por un lado, dada la gran diversidad de disciplinas que consideramos parte del corpus científico y la variedad de aproximaciones metodológicas, es muy difícil que todas ellas encuentren su acomodo bajo un único método. Podría decirse, por tanto, que hay diversos métodos científicos. Por otro lado, la práctica real de la ciencia es más caótica y azarosa que lo que presupone ese método que obedece a la descripción canónica que puede hallarse en la Wikipedia, en el diccionario de la Real Academia o en numerosos textos. En la práctica real, tienen cabida formas diversas de adquirir conocimiento, algunas, incluso, ciertamente heterodoxas, aunque también haya quienes no estén dispuestos a aceptarlas. Como dice la

1. Recurrimos a la Wikipedia porque nos interesa exponer la visión más extendida de la noción «método científico», la que más personas consultan, no la que pueda ser considerada la más correcta necesariamente, aunque no nos parece una mala definición.

geóloga e historiadora de la ciencia Naomi Oreskes, «el fetichismo metodológico conduce a ciertos científicos a despreciar formas valiosas de evidencia porque no se ajustan a su concepción de lo que denominan el método científico».

Lo anterior no implica que haya lo que podríamos denominar «barra libre». No todo vale. Para merecer el calificativo de «científico», deben cumplirse ciertas condiciones. La más importante, quizás, es que el conocimiento adquirido ha de ser comprobable empíricamente con independencia de la persona concreta que realice las observaciones. No basta con que una persona, por relevante o reconocida que sea, atribuya carácter científico a sus asertos; para que pueda serle reconocida tal condición, es preciso que otras puedan contrastarlos. Como afirmó el científico (y filósofo) norteamericano Charles Sanders Peirce², «cuando alguien ve lo que otros no ven, lo llamamos alucinación»; es preciso que otros vean lo mismo para otorgarle crédito y considerarlo conocimiento.

Por otro lado, según algunas definiciones³, el conocimiento científico ha de tener carácter predictivo, aunque en este aspecto no hay acuerdo en la comunidad científica, ya que es discutible que tal carácter sea aplicable a todas las disciplinas que solemos considerar cien-

2. Charles Sanders Peirce (1839-1914) fue profesor de matemáticas, astronomía (Universidad de Harvard) y lógica (Universidad Johns Hopkins). Aunque era científico de formación (se graduó en química) y profesión (trabajó en el U. S. Coast Survey durante más de treinta años), se le suele considerar, por sus escritos, como lógico y filósofo. Está considerado el fundador del pragmatismo (escuela filosófica) y padre, junto a Ferdinand de Saussure, de la semiótica moderna. Todo un personaje.

3. El DLE remarca esas dos características en su definición: «Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente».

tíficas⁴. A modo de ejemplo, a la taxonomía de los seres vivos y, en general, las disciplinas que se ocupan de la descripción y ordenación del mundo natural no se les reconoce carácter predictivo.

Hay tres rasgos de la ciencia que merecen ser comentados aquí. Uno es su carácter contingente: no es posible anticipar qué conocimiento se producirá y, si fuese posible, no se podría saber cuándo se producirá. Esto puede parecer obvio, pero no lo es, y tiene importantes consecuencias en lo que se refiere a la percepción que tiene el público de la ciencia. Con frecuencia se nos pregunta a quienes nos dedicamos profesionalmente a la investigación acerca de los descubrimientos que nos deparará el futuro, y hay gente que expresa dudas acerca de la necesidad de apoyar a la ciencia cuando se lamenta porque algún problema no se haya podido resolver. También tiene consecuencias en términos de política científica, porque la inversión en áreas, consideradas estratégicas, de investigación aplicada se basa en la noción equivocada de que se puede predecir dónde se van a producir los avances o que se puede dirigir a la ciencia en determinadas direcciones.

El segundo elemento es su naturaleza provisional: en ciencia, los modelos —hipótesis o teorías— con los que representamos los fenómenos que observamos pueden ser —y, de hecho, son— sustituidos por modelos mejores conforme contamos con más y mejores observaciones. Este es otro rasgo que confunde al público y, en ocasiones, también a los y las propias científicas. Se tiende a dar por definitivas

4. Quienes sí creían en el carácter predictivo de la ciencia eran los jueces del tribunal italiano que, a finales de 2012, condenó a seis geólogos por homicidio involuntario al no haber advertido a la población que el 6 de abril de 2009 iba a producirse un fuerte terremoto en L'Aquila, donde murieron trescientas nueve personas. El tribunal de apelación debía de tener una idea algo diferente al respecto, pues anuló la sentencia y absolvió a quienes habían sido condenados en primera instancia.

«No es posible anticipar qué conocimiento se producirá y, si fuese posible, no se podría saber cuándo se producirá».

las teorías o modelos con que contamos ahora, máxime si en virtud de tales modelos somos capaces de hacer predicciones certeras acerca de los fenómenos de interés o si de esos modelos se han derivado productos útiles. Y sin embargo, el valor de los modelos para representar fielmente el mundo natural no tiene por qué estar vinculado a su capacidad para ofrecer buenas predicciones o, en general, «funcionar» bien. Este elemento, el carácter provisional del conocimiento científico, tiene, además, una interesante implicación: nadie tiene la última palabra.

Y en tercer lugar, el conocimiento que consideramos bien establecido es el resultado del consenso alcanzado en la comunidad de especialistas en el campo que corresponda. Merece la pena detenerse en esta última noción, y para ello, conviene hacer una afirmación que puede sorprender a parte de nuestros colegas: la ciencia es una construcción social.

No hacemos esa afirmación en el mismo sentido que la harían relativistas extremos, ciertos pensadores posmodernos o militantes anticencia. No queremos sugerir que no haya una realidad ahí, fuera de nuestra mente, o que la ciencia no sea más que otro mito entre los muchos en los que puede creer alguien sin que merezca un estatus epistemológico especial. No todas las representaciones de la realidad son válidas; para serlo, han de funcionar, ajustarse a los hechos y ser coherentes; cuando no se cumplen estos requisitos, se abandonan. Lo que queremos decir al afirmar que la ciencia es una construcción social es que el conocimiento científico es el resultado de un proceso de generación y contraste de ideas que tiene una naturaleza eminentemente social.

Los y las profesionales de la ciencia debatimos con colegas, presentamos comunicaciones en congresos que se celebran por todo el mundo, y publicamos informes detallados de nuestras investigaciones en medios especializados, de manera que quedan así a disposición de los demás miembros de nuestra comunidad. Estas activida-

des constituyen la esencia del trabajo científico, y gracias a ellas se ejerce un escrutinio, cuestionamiento, revisión y refinamiento, hasta alcanzar un consenso. Es a esto a lo que nos hemos referido antes cuando hemos aludido al consenso en la comunidad de especialistas. Aunque en un principio puede resultar paradójico, son esas prácticas subjetivas las que confieren a la ciencia su carácter objetivo o, cuando menos, su carácter fiable. Naomi Oreskes, antes citada, concede una gran importancia a este aspecto de la ciencia, hasta el punto de que en su opinión constituye una de las razones por las que debemos confiar en sus resultados y en sus productos.

Charles Sanders Peirce, a quien ya hemos presentado antes, fue quizás el primero en atribuir a la ciencia carácter social. El conocimiento científico, para Peirce, no es el producto del esfuerzo de un individuo o, incluso, de un grupo, sino una propiedad emergente que surge de las interacciones en el seno de una red social, de una comunidad. Es la comunidad la que, en última instancia, lo valida.

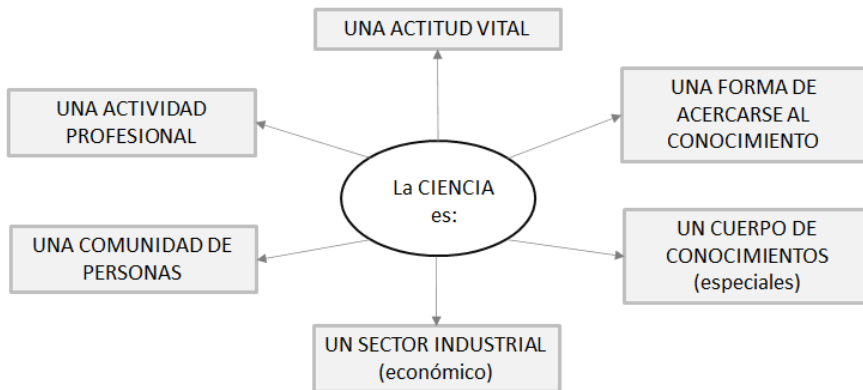


Figura 1.1.- Esquema de una aproximación a la palabra *ciencia* con seis componentes.

Pero no solo utilizamos la palabra *ciencia* con esta acepción referida al conocimiento científico, sino también con otro conjunto de acepciones como las que se resumen esquemáticamente en la figura 1.

Además de ese cuerpo de conocimientos un poco especiales por su pretensión de universalidad (que unas veces se consigue mejor que otras), también utilizamos la palabra para el conjunto de metodologías usado para conseguir ese conocimiento. La comunidad de especialistas que nos dedicamos a obtener ese conocimiento, la actitud inquisitiva que caracteriza a sus practicantes o el sector socioeconómico derivado de su trabajo también los denominamos, en ocasiones, como «ciencia». Todos estos aspectos conforman un sistema complejo. Un sistema que genera enormes beneficios a la sociedad en la que se enmarca, pero que también está sujeto a problemas y disfunciones. En el siguiente apartado haremos un breve repaso de algunos de esos beneficios y, más adelante, examinaremos los componentes del sistema, de manera que podamos diferenciar los problemas que sufren las personas, las instituciones o el propio conocimiento.

Los productos de la ciencia

Para valorar en sus justos términos la importancia de que la ciencia sufra ciertas patologías, nos parece que puede ser de utilidad hacer un breve repaso a las que han sido algunas de sus contribuciones más significativas al desarrollo y bienestar humanos. A estos efectos, limitaremos el repaso a los hallazgos realizados a partir de lo que se suele denominar «revolución científica», el proceso que alumbró la ciencia moderna, aquella cuyos atributos son los que hemos glosado en el apartado anterior.

Lo primero que cabe apuntar es que la influencia cultural de la ciencia ha sido colosal. Al fin y al cabo, hablamos de conocimiento y, por lo tanto, de cultura. En este aspecto, podrían citarse infinidad de temas, pero quizás los más trascendentes, por ser los que más profundamente cambiaron la visión de la naturaleza que tenemos los seres humanos y los que a más personas han alcanzado (aunque, desgraciadamente, no haya llegado a un gran número aún), han sido la

revolución que inició Copérnico y culminó Newton, en primer lugar, y la teoría del origen de las especies por selección natural que gestaron Darwin y Wallace, en segundo. Los primeros explicaron el movimiento de los astros y objetos inanimados, en general, y retiraron a nuestro planeta del centro del universo; los segundos explicaron el origen de la diversidad de los seres vivos y retiraron al ser humano de la cúspide de lo viviente. La ciencia del siglo xx también ha transformado aspectos muy sustanciales de nuestra visión de la realidad, pero relatividad y mecánica cuántica —sus dos elementos más transformadores— no han tenido el impacto cultural tan amplio —aunque sí han ejercido una influencia profunda— que tuvieron las anteriores.

Hasta el siglo xix los descubrimientos científicos apenas tuvieron consecuencias materiales o económicas. El desarrollo de la humanidad, en sus aspectos materiales, no se vio significativamente mejorado por la ciencia, sino por avances de otro orden, tecnológico y político, principalmente. Desde mediados del siglo xix y a lo largo de todo el siglo xx, sin embargo, la ciencia ha transformado la faz del mundo.

Los descubrimientos de Faraday y la formulación de Maxwell de las ecuaciones del electromagnetismo en el siglo xix han causado un impacto profundo y duradero en la historia de la humanidad. Esos descubrimientos y esas ecuaciones han permitido domesticar los electrones. Hoy el mundo no tendría nada que ver con lo que es si no fuera por esas ecuaciones, si no fuera por el uso intensivo y generalizado que hacemos de la electricidad en todos, absolutamente todos los ámbitos de nuestras vidas. El mundo depende de la luz, la energía y las comunicaciones, y sin el conocimiento que desde el siglo xix tenemos del electromagnetismo no tendríamos más que de formas muy limitadas y caras de luz, energía y comunicaciones.

En el terreno de la física y de la química, el conocimiento de la composición de la materia y de los principios que rigen la forma en que sus diferentes componentes interaccionan entre sí ha resultado crucial para poder hacer uso de esa materia en todas las esferas de

nuestras vidas, desde la alimentación hasta la salud, pasando por la producción de gran variedad de bienes.

Mención especial merece la invención de los fertilizantes sintéticos gracias a los trabajos de Justus von Liebig, primero, y Fritz Haber y Carl Bosch, después. Sin ellos nunca se habría producido la revolución verde del siglo xx y estaríamos atrapados en la trampa malthusiana⁵. No sería posible alimentar a los casi ocho mil millones de seres humanos que viven en la Tierra sin sufrir hambre crónica, y sería impensable tratar de conseguir alimentar a los cerca de mil millones que todavía pasan hambre. Gracias a los fertilizantes y el hallazgo de los métodos para su producción industrial a precios asequibles, hay comida en los supermercados y tiendas de alimentación. La alternativa a los fertilizantes sintéticos serían los de origen animal, pero si toda la producción agrícola mundial dependiera de la fertilización animal, harían falta catorce mil millones de vacas, es decir, dos vacas por habitante de la Tierra. La alimentación de la humanidad se debe y deberá aún más a los descubrimientos de Barbara McClintock en el terreno de la genética vegetal. Sus trabajos fueron el germen de la biotecnología vegetal y son la base sobre la que se edificará la producción de alimentos en el futuro.

La salud es otro terreno en el que la ciencia ha ejercido un efecto determinante sobre el bienestar de los seres humanos. Antes de disponer de los modernos métodos de diagnóstico y tratamiento, a menudo basados en un aparataje sofisticado y de complejo fundamento tecnológico, ya se habían producido avances significativos en materia de salud. Los trabajos de John Snow y su mapa del cólera en Londres, y de la enfermera y estadística Florence Nightingale, ambos en el siglo xix, sentaron las bases de la moderna epidemiología.

5. En referencia a la teoría de Thomas Malthus, en virtud de la cual la población tiende a crecer de forma exponencial, mientras los recursos lo hacen de forma lineal, lo que da lugar a condiciones de escasez creciente.

Quizás el elemento de impacto más profundo en este ámbito es el de la cloración del agua de consumo que se empezó a practicar a finales del siglo XIX y principios del XX. Hasta entonces, el agua estaba frecuentemente contaminada por bacterias diversas y era muy fácil sufrir todo tipo de enfermedades gastrointestinales, a menudo mortales. La potabilización, consecuencia de una serie de descubrimientos científicos, junto con la importancia creciente otorgada a los sistemas de alcantarillado y al tratamiento de los residuos humanos, han sido responsables de la salvación de millones de vidas en todo el mundo.

La prevención —gracias a las vacunas— y el tratamiento —gracias a los antibióticos— de enfermedades que hasta hace pocas décadas eran mortales han sido el segundo gran avance de la ciencia en materia de salud. No es difícil calibrar la gran importancia que han tenido estas invenciones para alargar la calidad y duración de la vida de la gente durante el siglo XX. Se duplicó, aproximadamente, la esperanza de vida del conjunto de la población. En algunos países casi se multiplicó por dos y medio. Esos aumentos se debieron, casi en su totalidad, a la higiene y a los fármacos cuya promoción o producción se había basado en el conocimiento científico.

La lista podría alargarse hasta ocupar varios capítulos, por lo que no abundaremos, pero no podemos dejar de mencionar los hallazgos en biología y genética molecular durante la segunda mitad del siglo XX. Son hallazgos que han culminado en el desarrollo de tecnologías, como las de edición genómica, por ejemplo, con posibilidades enormes en las áreas de medicina y de producción de alimentos. Son, por ello, hallazgos cuyas consecuencias para el desarrollo y bienestar humano apenas si llegamos a vislumbrar.

El sistema científico

Los científicos del pasado, como Darwin, Newton o Galileo antes citados, no vivían de la actividad científica. Bien contaban con

una fortuna personal, eran financiados por mecenas o se ganaban la vida con otra actividad y se dedicaban a la investigación en sus ratos libres. Esos tiempos han pasado. Hoy somos profesionales contratados por alguna institución, pública o privada, que es la que pone a nuestra disposición medios, en ocasiones costosísimos, para poder realizar el trabajo. El conocimiento derivado de esa actividad se recoge en documentos que se publican de una u otra forma: revistas científicas (abiertas o de pago), libros, informes varios, patentes, etc. A partir de estos documentos, el conocimiento se va incorporando al acervo cultural de la humanidad. Este sistema se realimenta, dado que las instituciones tienen muy en cuenta las publicaciones previas de cada persona a la hora de contratarla, promocionarla o proporcionarle recursos. Todo un conjunto de actividades y procesos que constituyen un sistema relativamente complejo.

En esta sección vamos a describir los principales elementos de ese sistema institucional en el que se desarrolla la actividad científica. Será una descripción de las condiciones ideales en que se practica la ciencia. Es importante recalcar lo de «ideales», somos conscientes de que mucho de lo aquí descrito está lleno de variantes y disfunciones que lo hacen menos bonito de lo que se cuenta. Sobre eso trata el siguiente capítulo, pero para analizar los males del sistema de ciencia nos parece conveniente comenzar por su descripción idealizada.

La financiación de la investigación

A Francis Bacon (1561-1626) se le atribuye la expresión: «Knowledge is power, not mere ornament nor argument». Esa idea, en apariencia tan simple y obvia, no lo era tanto en la época en que la formuló. De hecho, uno de los rasgos que diferencian la ciencia medieval de la moderna —quizás el más distintivo, en realidad— es que, en esta última, la búsqueda sistemática de conocimiento se ve como una forma de generar riqueza y poder. En la mente de Bacon, el conocimiento debía ponerse al servicio de la nación. Tenía, pues, importancia política. Y

por esa razón entendía que la Corona debía sostener su búsqueda sistemática; también pensaba que con ese propósito debían crearse instituciones dedicadas a la búsqueda de conocimiento. Al principio no tuvo demasiado éxito en sus pretensiones, pero su idea se ha acabado abriendo paso, y unos Gobiernos antes y otros después —la mayor parte de ellos entrados ya en el siglo xx— han hecho suya la noción de que la actividad científica produce conocimiento susceptible de generar riqueza y proporcionar poder y, por lo tanto, que merece la pena dedicar recursos a sostener dicha actividad.

El desarrollo de la bomba atómica en Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial —en el marco del denominado Proyecto Manhattan— se considera el hito que abrió la era de la «ciencia de Estado». Puso de manifiesto que, con una financiación importante y contando con la participación de muchas personas brillantes, un proyecto orientado a la consecución de un objetivo prefijado daba frutos muy valiosos. Tras el éxito de este proyecto se reconoce explícitamente el valor de la ciencia para el Estado, y se generaliza la financiación de la actividad científica al estilo del Proyecto Manhattan, dinero público para proyectos con objetivos bien establecidos y duraciones limitadas⁶. En la actualidad, en la mayor parte de los países avanzados, es la Administración pública la principal financiadora de la actividad científica y lo hace a través de muy diferentes programas.

A esa ciencia de Estado que comenzó con el Proyecto Manhattan, España se sumó, de forma un poco rudimentaria, a finales de los años cincuenta del pasado siglo con la creación de la CAICYT (Comisión Asesora de la Investigación Científica y Tecnológica), la primera entidad que hizo convocatorias competitivas para financiar proyectos de investigación. La Ley de la Ciencia de 1985 supuso

6. Informe de Vannevar Bush, de 1945, al presidente Theodore Roosevelt: *Science. The Endless Frontier* (la referencia incluida en el capítulo «Fuentes» es la de la web de la National Science Foundation).

una incorporación ya más ambiciosa y estructurada. El desarrollo del Estado de las Autonomías y la incorporación a la Unión Europea alteraron este panorama introduciendo dos niveles más. Hoy día, la I+D la rigen los Gobiernos autonómico, estatal y europeo con coordinaciones y complementariedades variadas, más o menos acertadas y, sin duda, de mucha complejidad.

Desde ese inicio de la ciencia como cuestión de Estado hasta hace relativamente poco, la I+D ha sido un sector en expansión. En ocasiones, ha crecido porcentualmente más que el PIB —en la España de los años ochenta, por ejemplo—; en otras, ha crecido en números absolutos gracias al crecimiento de la economía. Históricamente, los presupuestos han crecido siempre, hasta la crisis de 2008. El decrecimiento que produjo la llamada «crisis de las *subprimes*» en todo el mundo desarrollado generó caídas de entre el 10 y el 40 % del presupuesto destinado a la ciencia en diferentes territorios (países, regiones). En España han hecho falta quince años para recuperar, por poco, los niveles de inversión de entonces.

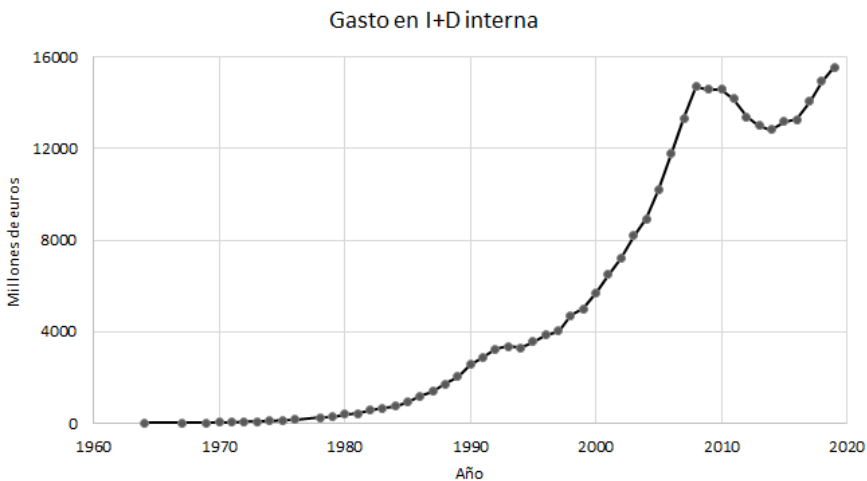


Figura 1.2. Evolución del gasto en I+D en España en valor absoluto (datos del INE).

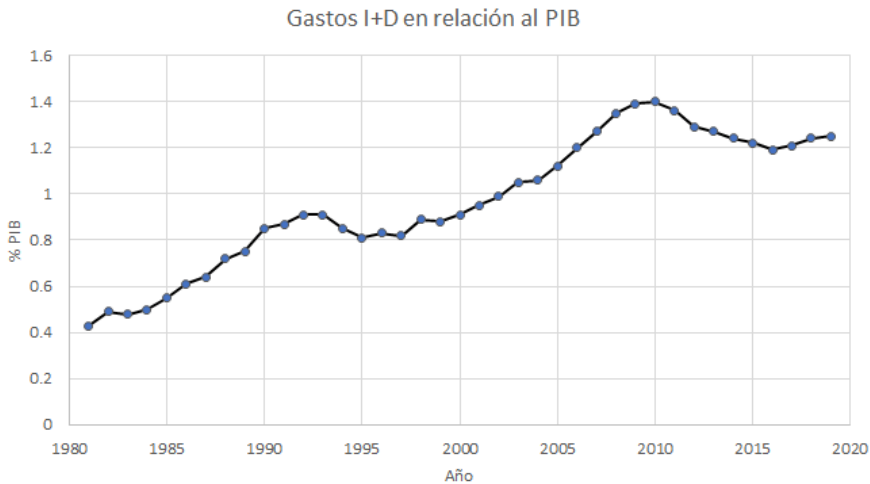


Figura 1.3. Evolución del gasto en I+D en España en porcentaje del PIB (datos del INE). Nótese el diferente inicio de la escala temporal respecto de la figura anterior.

El dinero total dedicado a I+D (ver figuras 1.2 y 1.3) es la suma de la contribución del Estado, a través de sus diferentes Administraciones, y de las empresas privadas. El reparto entre estos dos grandes bloques es, a grandes rasgos, equitativo, y se ha mantenido así a lo largo de los años (ver figura 1.3). Sin embargo, cuando se mira la producción científica, se comprueba que la inmensa mayoría de las publicaciones científicas están firmadas por personas procedentes del sector público. Podríamos decir que, *grosso modo*, en el sector de la I+D, a la investigación se dedica personal del sector público y al desarrollo, del privado.

Conviene aclarar, no obstante, que hay empresas que hacen investigaciones cuyos resultados, precisamente por su valor estratégico, no se publican o, simplemente, porque su publicación les supondría una inversión de la que no obtendrían retorno. De algunos de estos casos nos ocuparemos en la sección que hemos denominado «El conocimiento secuestrado» en el capítulo IV. No obstante, en España al menos, es dudoso que esta investigación represente una fracción significativa del total.

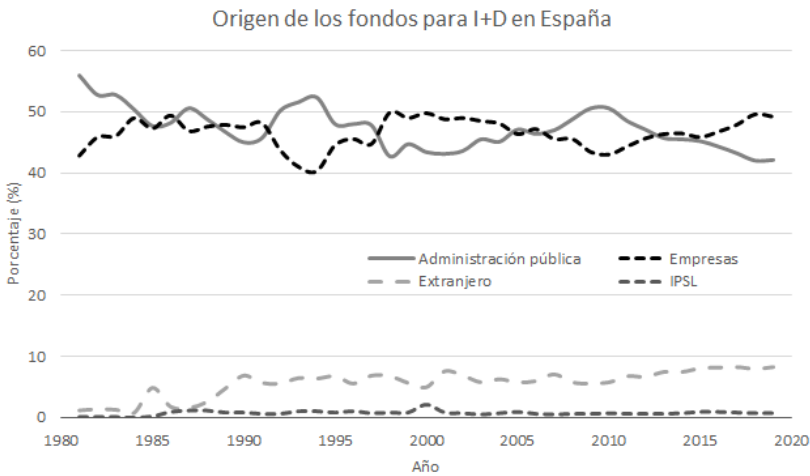


Figura 1.4. Evolución del origen de la inversión en I+D en España, reparto entre Administración pública, empresas, extranjero e instituciones privadas sin fines de lucro (datos del INE).

Limitándonos, pues, a la investigación, a la primera parte del sector, podemos decir que es la ciudadanía, a través de las decisiones que toman Parlamentos y Gobiernos, la principal contribuyente económica al desarrollo científico. Dado que los beneficios que se derivan de la adquisición y creación de conocimiento acaban siendo de carácter general, parece lógico que así sea. Además, en términos de retorno de la inversión, la investigación científica, especialmente la de carácter más fundamental, es una actividad de resultados poco previsible y de largo plazo. Plazos e incertidumbres que la hacen muy poco atractiva para la iniciativa privada⁷.

Muchas personas piensan que es bueno que la ciencia sea cosa, principalmente, de los Gobiernos, porque recelan de la influencia

7. El interés de la iniciativa privada por la investigación científica depende mucho del país de que se trate. Según datos de Eurostat de 2020, los organismos públicos españoles invierten 3,2 veces menos que los de Suecia y 1,8 veces menos que los de Francia, pero nuestras empresas invierten 6 veces menos que las de Suecia y 2,9 menos que las de Francia.

que pueden tener agentes privados (empresas, principalmente) en la orientación que se da a las investigaciones científicas, y prefieren que esté sometida al escrutinio público y que sean nuestros representantes quienes tomen las decisiones relevantes.

La gestión de los fondos estatales para la investigación es compleja. El Gobierno de F. D. Roosevelt (Estados Unidos) se decidió a invertir enormes cantidades de dinero en el Proyecto Manhattan porque los mejores científicos de la época, incluido el icónico Albert Einstein, plantearon el proyecto de forma muy persuasiva, desde el punto de vista tanto científico como político. Este modelo de relación en que el estamento científico ha de convencer y los Gobiernos otorgar es el que se estableció, y se ha ido sofisticando con el paso de los años.

No es este el contexto para valorar esas ideas; sin embargo, es importante ser conscientes de los riesgos que se derivan del hecho de que la ciencia la gobierne la Administración, porque existen y conviene conocerlos. Nos referiremos más adelante a varios de estos problemas.

Las instituciones científicas

Las primeras instituciones pertenecientes de manera específica al ámbito de la ciencia fueron las sociedades científicas y las academias. Las más antiguas son la Academia de los Linceos (1603), italiana, la Leopoldina o la Academia Alemana de las Ciencias Naturales (1652), la británica Royal Society (1660) y la Academia de Ciencias de Francia (1666). Originalmente, eran instituciones dedicadas a desarrollar actividades científicas y, sobre todo, a intercambiar y transmitir conocimiento. Hoy, las actividades y objetivos dependen de sus estatutos, pero sobre todo se dedican a transmitir conocimiento y a asesorar a Gobiernos e instituciones públicas, y entidades privadas. En general, no están consideradas agentes activos en investigación científica, aunque algunas, como la Royal Society, destinan impor-

tantes cantidades de dinero a financiar proyectos de investigación y ayudas a personal investigador, así como a premios.

En la actualidad, las instituciones científicas por excelencia, además de las universidades, son entidades de carácter público. Normalmente tienen una adscripción disciplinar concreta o agrupan varios centros de diversa filiación, y abarcan un amplio espectro de campos de conocimiento, incluidos de ciencia básica y de ciencia aplicada. En esas entidades desarrolla su labor el personal científico profesional que ha sido contratado con ese propósito. La calidad y cantidad de los logros científicos alcanzados constituyen la medida de su desempeño.

La investigación es una actividad esencial del plantel de muchas universidades y, por lo tanto, la investigación científica lo es del profesorado de las disciplinas científicas. Esto no quiere decir que en todas las universidades se haga investigación, pero sí en prácticamente todas las herederas de la tradición alemana (humboldtiana) y también en las que se adscriben al modelo anglosajón de universidades investigadoras (*research universities*). Se justifica su dedicación a la investigación porque se supone que la práctica investigadora cualifica a su profesorado, lo que redundará en una mejor práctica docente. Y, además, son las universidades, mediante el doctorado, las instituciones encargadas de formar al personal investigador propio y al que desempeña su actividad en otras instituciones, además de certificar la formación adquirida en otra institución, otorgando el título. También en estas instituciones, el nivel de desempeño del profesorado en esta faceta viene dado por la calidad y cantidad de los logros científicos.

Las universidades no son las únicas entidades en las que se realiza investigación a la vez que se desempeñan otras actividades, a veces con carácter principal. Si en las universidades se compagina docencia e investigación, en los hospitales, por ejemplo, se compagina la práctica clínica con la actividad investigadora en el campo sanitario. Y

dependiendo del país de que se trate, pueden darse situaciones equivalentes también en otras instituciones de carácter público. Normalmente se trata de agencias gubernamentales que prestan un servicio de asesoramiento e información de carácter técnico muy especializado y en las que una parte de los recursos se destinan a la investigación.

Muchas empresas son también agentes activos en la creación de conocimiento. Lo pueden ser, además, de dos formas diferentes. Pueden contar con sus propias unidades y personal o, alternativamente, pueden contratar los servicios de otros agentes. El objetivo de la investigación empresarial es el desarrollo de nuevos productos, nuevos procesos o métodos que permitan mejorar la rentabilidad de los productos que lanza al mercado. Es, salvo raras excepciones, lo que se conoce como investigación aplicada. Por eso, el nivel de desempeño se cifra en el grado de adecuación de los resultados a las necesidades u objetivos de la empresa. Esa actividad puede plasmarse en productos que cuenten, posteriormente, con protección comercial, aunque no necesariamente ocurre siempre así.

La tecnociencia

El filósofo Javier Echeverría ha reflexionado acerca del hecho de que, precisamente a partir del Proyecto Manhattan antes mencionado, la tecnología y, en particular, las tecnologías de la información y la comunicación se han convertido en una mediación indispensable para el progreso científico. Ha denominado «tecnociencia» a esa hibridación entre ciencia y tecnología.

Según su visión, la tecnociencia no consiste únicamente en esa hibridación. Los grandes proyectos tecnocientíficos —Proyecto Manhattan, ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer), la conquista del espacio, los NIH (National Institutes of Health), el telescopio Hubble, los colisionadores Tevatron del Fermilab y LHC (Large Hadron Collider) del CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), el proyecto Genoma Humano, las grandes

infraestructuras de investigación y tratamiento en los centros sanitarios, las empresas biofarmacéuticas, etc.— requieren un gran apoyo financiero, político, empresarial y, en algunos casos, también militar.

Como conclusión, en lugar de las comunidades científicas, que son las que hacen ciencia, el agente de la tecnociencia es estructuralmente plural e incluye como mínimo a personal científico, ingenieros, personal técnico, agentes políticos, inversores, empresarios, juristas, publicitarios y, con mucha frecuencia, también instituciones militares que toman a su cargo o participan activamente en determinados proyectos de investigación, así como desarrollando aplicaciones (I+D militar).

La carrera académica

Lo que sigue se refiere, como se comprobará, al caso español, porque es el que mejor conocemos. Conviene advertir, no obstante, de que hay diversidad de modelos, desde los anglosajones, en los que los centros de investigación y universitarios cuentan con una amplia autonomía para captar y promocionar a su personal, hasta los más napoleónicos, como el español, basados en una trayectoria muy bien perfilada y con procedimientos establecidos en la legislación básica que exceden el marco competencial de universidades y centros de investigación.

Según datos de la Unesco⁸, en 2011 había en España algo menos de tres mil investigadores e investigadoras por cada millón de habitantes, y ocupaba el puesto vigésimo sexto de los países de los que se dispone de datos. En números absolutos, según el INE y recogidos por la FECYT⁹, el personal investigador en ese año lo formaban 130 235 personas, que pasaron a cerca de 144 000 en 2019. Añadien-

8. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

9. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

do a ese número el personal técnico y auxiliar, el total de personas dedicadas al sector de la I+D era de 231 413. Estas personas se reparten casi a partes iguales entre el sector privado (47%) y el público (53%). El sector público, a su vez, se desglosa entre universidades (35%) y otros organismos de la Administración (18%). Nos encontramos con la misma situación que con la inversión económica, con un reparto casi equitativo entre los sectores público y privado, con el primero mucho más volcado en la investigación y el segundo, en el desarrollo e innovación.

No hay una forma única de desarrollar una carrera académica, pero sí hay una serie de pasos que, de forma muy general, se siguen de modo análogo. Todo comienza con la finalización de los estudios universitarios, actualmente un grado y un máster de los denominados «de investigación». Ese tipo de másteres son requisito para acceder a un programa de doctorado. El doctorado, que culmina con la defensa de la tesis doctoral, es el punto de inicio de toda carrera científica. Es una tarea que dura varios años a tiempo completo y que se suele realizar con la financiación de alguna beca o contrato de investigación.

Tras la obtención de la tesis doctoral, lo habitual es hacer alguna estancia posdoctoral (una o varias encadenadas) en centros diferentes de aquel en que se realizó la tesis. De estas estancias posdoctorales se accede a algún puesto en la universidad o centro de investigación, que puede ya tener continuidad en sucesivas figuras hasta conseguir una plaza permanente. Actualmente, en la universidad, la figura de entrada sería la de «ayudante» o «ayudante doctor/a» para pasar después a «contratado/a doctor/a», y de ahí a funcionario de los cuerpos docentes universitarios (titular y catedrático/a) o a alguna de las figuras contractuales equivalentes a las funcionariales. Para poderse presentar a esas plazas hay que haber conseguido la correspondiente «acreditación», una agencia evaluadora ha de revisar los méritos aportados por los y las candidatas y comprobar que son suficientes como para poder optar a una plaza de este tipo. Este camino no es

ni mucho menos sencillo, y puede tener bastantes más vericuetos de los descritos¹⁰.

En cualquier caso, podemos considerar esa carrera como una sucesión de concursos. Hay que presentarse a un concurso para obtener financiación, para hacer la tesis, bien sea una beca o un contrato, y una comisión decidirá a quién se le concede el puesto o la ayuda. Un comité para un contrato posdoctoral, otro para la solicitud de un proyecto de investigación, otro más para la solicitud de un contrato temporal, etc. Para cada paso en la carrera científica profesional, hay que ganar un concurso en el que un tribunal, comisión o comité aplica un baremo y decide.

En el primer escalón, la beca o contrato predoctoral, el parámetro fundamental que se tendrá en cuenta es el expediente académico del solicitante en sus estudios anteriores al doctorado. Pero en todos los demás, lo esencial va a ser el número de publicaciones firmadas por la persona que lo solicita y cuán relevantes son esas publicaciones, medida esa relevancia de formas muy estructuradas.

La idea es que los comités han de seleccionar a los mejores investigadores o investigadoras para concederles lo que corresponda (contrato, beca, plaza, proyecto, estancia, etc.), y que esos mejores serán quienes mejor investigación han hecho hasta el momento de la solicitud. Como toda investigación ha de concluir con sus resultados publicados, se asume que, al analizar esas publicaciones, se puede saber quién, de entre los y las candidatas, es la mejor. Ese análisis de las publicaciones podría basarse en su lectura y estudio para juzgar así qué resultados parecen más relevantes e interesantes, pero eso supone

10. La trayectoria descrita en este apartado es la que se deriva de la legislación en vigor en España en 2021, aunque no es descartable que se produzcan cambios en meses o años próximos y que parte de lo aquí reseñado pierda vigencia. No obstante, es improbable que los principios y condicionantes principales sufran cambios de calado.

mucho tiempo de personas muy especializadas y, además, está sujeto a cierta subjetividad. Esa subjetividad constituye una debilidad importante en un sistema público como el nuestro, inspirado, al menos en la letra de las normas, en los principios de mérito y capacidad, pues podría redundar en perjuicio de los mejores candidatos.

Por eso, el análisis que realmente se hace consiste en recurrir a indicadores cuantitativos, «métricas», valores numéricos que permiten caracterizar el historial científico de quienes se presentan a puestos de trabajo o a una promoción, o de equipos de investigación que solicitan financiación para un proyecto. Los datos numéricos se obtienen del sistema de publicaciones. Se supone que la objetividad que aportan esos datos constituye garantía suficiente de imparcialidad por parte de quien ha de tomar la decisión de asignar un puesto de trabajo o conceder la financiación para un proyecto.

Como hemos señalado al comienzo de este apartado, el itinerario académico descrito aquí es el que conocemos, el que funciona en la universidad española. En cada país se hace de acuerdo con su tradición y normativa. Con los centros o institutos de investigación ocurre lo mismo. Los modelos pueden ser diferentes, con sistemas de acceso y promoción diferentes. Sin embargo, las fases de doctorado, estancias posdoctorales, períodos de contratación y eventual consecución de plaza más o menos fija son muy generales. En la mayoría de ellos funciona alguna forma de evaluación competitiva, ya sea mediante pruebas *ad hoc* o mediante sistemas más difusos para ir avanzando en esas etapas. En esa evaluación competitiva, la valoración de las publicaciones con sus métricas asociadas juega, o ha jugado hasta ahora, un papel preponderante.

Estos aspectos de la evaluación científica parecen estar empezando a cambiar. Ha habido varias iniciativas que buscan desligar la evaluación de la investigación del uso de indicadores cuantitativos. De alguna de esas iniciativas nos ocuparemos en el capítulo final; baste decir, por ahora, que el imperio de las métricas sigue siendo prepon-

derante en el desarrollo de las carreras profesionales de las personas dedicadas a la ciencia.

Las publicaciones científicas

Un descubrimiento científico, por espectacular que sea, no termina hasta que ha sido publicado y leído por los miembros de la comunidad científica y, en especial, por quienes trabajan en el mismo campo del descubrimiento y áreas próximas. Por otro lado, una parte importante de la actividad de un grupo de investigación consiste en estar al tanto de lo que se va publicando en su campo, de forma que sus trabajos se apoyen en lo que van descubriendo otras personas y lo complementen y completen. La documentación científica es, pues, el inicio y el final de cualquier investigación. Esa documentación es esencial en la actividad científica ya que, por un lado, es el vehículo que permite el escrutinio público de las ideas que se van generando y, por otro, el registro en el que quedan depositados los descubrimientos que se van realizando.

La forma que toma esta documentación científica ha ido cambiando a lo largo de la historia. Actualmente, se trata de un sistema muy sofisticado —y no exento de tensiones— en el que intervienen diferentes agentes. Por un lado, están quienes hacen la investigación, que, como colectivo, son las y los autores de los textos, las que realizan las revisiones por pares y las que leen los artículos publicados. Por otra parte, están las editoriales científicas que reciben los originales, organizan los procesos de revisión por pares y publican revistas con los artículos revisados y aprobados. En algunas ocasiones, son asociaciones científicas las que editan revistas de su especialidad. Por último, están las organizaciones (pocas, pero vitales para el sistema) que publican indicadores de calidad de las revistas y, por extensión, de los autores y autoras que en ellas publican.

Cuando una persona (aunque esto es algo cada vez más infrecuente) o un grupo de investigación obtiene unos resultados intere-

santes, que conforman lo que se puede considerar un descubrimiento, comienza la redacción de un documento donde quede suficientemente descrito con la intención de publicarlo. La escritura del artículo se realiza de una forma muy particular, con una redacción muy sintética y una estructura fija: resumen, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión y conclusiones. Se incluye, además, un buen número de citas, referencias a otros documentos científicos, que se incluyen para contextualizar el trabajo que se presenta.

Una vez elegida una revista que se considera adecuada, se envía para que se considere su publicación. Las editoriales cuentan con profesionales, especializados por temas, para realizar la labor editorial. Esas personas, a su vez, conocen a un buen número de especialistas en las disciplinas propias de la revista, a algunos de los cuales (entre dos y cinco, normalmente) se les envía el original para que lo revisen. Un trabajo sobre algo que nadie ha hecho antes no puede ser corregido en sentido estricto, nadie sabe más que quienes lo han hecho. Pero sí hay «pares» —especialistas que trabajan en temas muy parecidos— que serán capaces de entender lo que ahí se describe y juzgar si las pruebas son suficientes para apoyar la conclusión, si las metodologías son adecuadas y si la redacción del texto se entiende bien. Este proceso de «revisión por pares» (*peer review* en inglés) se considera habitualmente la clave de bóveda del sistema. Con los comentarios de los revisores se toma una decisión: publicar el artículo tal y como está, pedirles algunos cambios a los autores o rechazarlo. El proceso de pedir cambios y volver a revisarlo puede repetirse varias veces antes de recibir el visto bueno editorial definitivo.

Una vez aprobado el artículo, la editorial publica el trabajo en una revista y la distribuye. Históricamente, las revistas se publicaban en papel, obviamente, y se distribuían fundamentalmente en bibliotecas de universidades y centros de investigación. Era poco frecuente que investigadores individuales estuvieran suscritos a las mismas. Hoy día todas las revistas se editan digitalmente, y muchas han abando-

nado del todo el soporte papel. Las editoriales de estas revistas tienen unos costes (por la edición y distribución) y unos ingresos. Tradicionalmente, los ingresos procedían de la suscripción a las revistas, ya fueran en papel o digitales. En los últimos años, sin embargo, se está cambiando el modelo y muchos artículos se publican «en abierto» (no se cobra a quien quiera leerlos) y a cambio son los autores los que han de pagar a la editorial¹¹.

Las instituciones científicas —universidades y otros centros de investigación, principalmente— corren con los gastos derivados del manejo de la documentación científica: pagan por las suscripciones a las revistas y pagan los costes de publicación de su personal científico cuando publica en abierto. Como estos costes han ido subiendo con los años, ha habido un proceso de agregación de instituciones académicas y de investigación para conseguir mejores precios y, desde hace algunos años, suelen ser entidades de carácter estatal las que negocian directamente con las editoriales. En España, es la FECYT la entidad que negocia acuerdos con las editoriales en nombre de todos los centros públicos de investigación del país.

Aquí acabaría el circuito de una publicación, desde que es concebida por sus autores hasta que está disponible para ser leída por sus colegas o por cualquier persona interesada y se han pagado las tarifas que el proceso conlleva. Sin embargo, para entender la problemática que de verdad arrastra todo este sistema falta un elemento capital: esas publicaciones son la materia prima que conforma el currículum profesional de quienes las realizan, esto es, de quienes hacen el tra-

11. Hay otros métodos de difusión del conocimiento científico, como los congresos (cuyas actas son las publicaciones fundamentales en algunas disciplinas), libros o publicaciones abiertas (repositorios de *preprints* o incluso blogs), pero su influencia en el desarrollo de la actividad científica es mínima por ahora; entrar en más detalle nos desvía del hilo principal que estamos desarrollando.

bajo de investigación y redactan los artículos correspondientes, algo que describimos con más detalle a continuación.

Las métricas

Con «métricas» nos referimos a valores numéricos que tengan utilidad para describir, para «medir», la productividad de una persona dedicada a la ciencia. También se pueden diseñar métricas para instituciones o colectivos científicos de diversa índole.

La métrica más inmediata es el número de publicaciones de cada investigador o investigadora. Pero claro, no todas las publicaciones tienen el mismo valor; no es lo mismo publicar en un periódico local que en una revista científica de mucho prestigio y difusión internacional. Para formalizar esta diferencia, se requiere algún índice de calidad de las revistas científicas. También para la medida de la calidad de las revistas se han establecido métricas, la más famosa es el «factor de impacto», un número derivado de una medida que realiza la empresa Clarivate Analytics, heredera del Institute for Science Information, donde se implementaron las ideas seminales del pionero de la bibliometría: Eugene Garfield.

El factor de impacto de una revista es el promedio de citas que reciben los artículos publicados en esa revista en los dos últimos años. Su valor, por lo tanto, cambia con el paso de los años. Se calcula utilizando como referencia las revistas que están en un listado, conocido por sus siglas como el JCR (Journal Citation Reports), de manera que son las citas procedentes de revistas que están dentro de esa lista, y no otras, las que se tienen en cuenta. También hay un proceso periódico por el que se considera la entrada y salida de revistas de esa relación que es el JCR. Por aclararnos, es algo análogo a la primera división de la liga de fútbol; cada año hay equipos que suben y otros que bajan, y siempre hay una clasificación basada en enfrentamientos entre ellos. Además del factor de impacto de Clarivate Analytics, hay otras medidas de la calidad de las revistas, como el SJR (Scima-

go Journal Ranking), mejor en varios sentidos que el anterior, pero de un uso mucho más limitado en las evaluaciones curriculares que comentamos.

Es fácil entender que autoras y autores van a preferir publicar en revistas con alto factor de impacto y que las editoriales también van a querer que su factor de impacto sea lo más alto posible. Los factores de impacto se calculan desde hace décadas, mucho antes de que existiera internet, pero actualmente no solo se pueden conocer promedios de citas, sino el número de citas concreto que ha recibido cada trabajo en particular. Se entiende que un trabajo más citado lo es porque otras autoras y autores han encontrado relevante ese contenido como para comentarlo en sus propios trabajos. Esta asociación entre calidad y número de citas no deja de ser una correlación no exenta de excepciones: hay trabajos que resultan muy buenos que no reciben citas proporcionalmente y trabajos muy malos que reciben muchísimas. De hecho, hay trabajos penosos muy citados por una razón legítima, que bien puede ejemplificarse mediante una expresión como esta: «Haciendo bien los cálculos de energía, no con los errores que se detectaron en [referencia x]...».

En los párrafos anteriores hemos comentado dos métricas, el factor de impacto para las revistas y el número de citas para los artículos. A partir de ellos se pueden construir otras métricas, índices sintéticos que reducen el currículum investigador a un solo número, lo que hace muy sencilla la decisión de cuál favorecer en el concurso de que se trate. Sencillo no quiere decir necesariamente justo en todos los casos, ni siquiera que sea justo la mayor parte de las veces. Pero lo que es seguro es que es estable, con unas reglas de juego conocidas y públicas, y con poco margen para la subjetividad de los miembros de las comisiones evaluadoras.

Por citar dos de esos índices sintéticos, tendríamos el «número de publicaciones en el primer cuartil» y el «índice h». Las publicaciones que se dedican a un campo concreto de investigación se ordenan en

función de su factor impacto y el 25 % que queda más arriba se conoce como el «primer cuartil». Esto se hace para poder comparar áreas que tienen factores de impacto muy diferentes, cosa que depende de la cantidad de personas que trabajan en esos temas y la velocidad a la que se generan avances importantes. Pero en cualquier disciplina, se supone que los autores con muchas publicaciones en el primer cuartil han hecho contribuciones muy importantes. Por otro lado, fijándose no en la revista, sino en las citas reales que tienen los artículos de alguien en concreto, se calcula su índice h (de Hirsch, el investigador que lo propuso). El número h es el número de artículos que tiene un autor o autora con más de h citas. Por ejemplo, si yo he publicado treinta artículos, diez de ellos con más de diez citas y los otros veinte con menos, mi índice h será diez.

Las métricas descritas hasta aquí son solo una pincelada de las posibilidades existentes, pero dan una idea de cómo realizar las evaluaciones basándose en números con pretensión de objetividad: bien definidos y calculados por instituciones externas a los evaluadores y evaluados. Luego, con esos datos se pueden construir algoritmos con niveles de complejidad extrema. Por ejemplo, asignando X puntos por artículo en el primer cuartil dividido por el número de autores del artículo, valor que puede ser corregido al alza si la persona evaluada firma en primer o último lugar. Lo mismo, con otro valor de X para el segundo cuartil y así sucesivamente. La construcción del algoritmo puede ser más o menos compleja, pero finalmente se acaba reduciendo a un número final toda la trayectoria investigadora de cada persona que opta a un puesto o a una promoción, de forma que la elección final sea fácil.