

«Qué maravillosa sensación la de reconocer la unidad en un conjunto de fenómenos que a la observación directa se muestran como cosas distintas»

ALBERT EINSTEIN

«La historia de la ciencia nos enseña una y otra vez que ampliando nuestro conocimiento podemos llegar a reconocer relaciones entre grupos de fenómenos que hasta entonces parecían inconexos»

NIELS BOHR

«Siguiendo las flechas de las explicaciones hasta su fuente, hemos descubierto un fascinante patrón de convergencia, tal vez lo más profundo que hayamos descubierto nunca sobre el universo»

STEVEN WEINBERG

«Nos hallamos en un momento de gran convergencia en el que datos, ciencia y tecnología se aúnan para desentrañar el mayor de los misterios: nuestro futuro como individuos y como sociedad»

ALBERT-LÁSZLÓ BARABÁSI

«No estaremos satisfechos hasta que podamos representar todos los fenómenos físicos como la interacción de un gran número de unidades estructurales intrínsecamente semejantes»

ARTHUR EDDINGTON

«A la naturaleza le place la simplicidad»

ISAAC NEWTON

«Todo está hecho de una sola sustancia oculta»

RALPH WALDO EMERSON

«Todos ansiamos secretamente una teoría definitiva, un conjunto de reglas maestras del que fluya toda verdad»

ROBERT LAUGHLIN

«La realidad, en su concepción moderna, se nos manifiesta como un fabuloso orden jerárquico de entidades organizadas que, mediante una superposición a muchos niveles, nos lleva de los sistemas físicos y químicos a los biológicos y sociológicos»

LUDWIG VON BERTALANFFY

«A medida que avanza el conocimiento científico, se nos manifiestan relaciones entre fenómenos hasta entonces inconexos»

GEORGE GAYLORD SIMPSON

«Hemos heredado de nuestros antepasados un anhelo vehemente por el conocimiento global y unificado»

ERWIN SCHRÖDINGER

«La búsqueda de los ingredientes elementales que constituyen el universo y las más profundas leyes que rigen sus interacciones podría concluir algún día. Cuanto más profunda es nuestra indagación, más simples y unificadas se tornan las leyes, y pudiera ser que hubiera un límite para este proceso»

BRIAN GREENE

«La biología presupone la física, pero no al contrario»

RUDOLF CARNAP

«Hubo un tiempo en el que había física y había química, pero no biología»

JULIUS REBEK

«La matemática puede poner de manifiesto la unidad subyacente de fenómenos que de otro modo no parecen relacionados»

STEVEN STROGATZ

«Nuestra actividad cotidiana implica una perfecta confianza en la universalidad de las leyes de la naturaleza»

LUCIEN LÉVY-BRUHL

«Es obvio que ya no importa dónde acaba una disciplina y dónde comienza otra»

PATRICIA CHURCHLAND

«En toda época hay un punto de inflexión, una nueva manera de ver y afirmar la coherencia del mundo»

JACOB BRONOWSKI

«La ciencia persigue tanto detectar el orden como crearlo»

JOHN DUPRÉ

«No puede haber explicación que no precise mayor explicación»

KARL POPPER

Para David Henn y David Wilkinson

Prefacio

CONVERGENCIA: «LA IDEA MÁS PROFUNDA DEL UNIVERSO»

A primeros de abril de 1912 llegó a la bulliciosa ciudad de Manchester, en el norte de Inglaterra, el físico danés Niels Bohr. Unos meses antes, al llegar de Dinamarca, no imaginaba que acabaría trabajando en el corazón industrial británico, donde un bosque de chimeneas despedía humo y hollín veinticuatro horas al día y donde Market Street, según se decía, era la calle más concurrida de toda Europa. Su primer destino se encontraba entre los «señoriales y apacibles» patios y colegios de Cambridge. Acababa de finalizar en Copenhague su tesis doctoral sobre la teoría electrónica de los metales y su intención era trabajar en Cambridge con J. J. Thomson, el director del Laboratorio Cavendish y el hombre que, en 1897, había descubierto el electrón como unidad fundamental de la materia, lo que le había valido un premio Nobel.

Pero aunque en las cartas que escribió a su prometida, Margrethe, Bohr siempre se mostró muy respetuoso con Thomson, Niels y «J. J.», como se le conocía, nunca llegaron a entenderse. El danés, un hombre grande, de complexión fuerte, había estudiado inglés en la escuela, pero hablaba con una sintaxis bastante formal y afectada, a lo que no ayudaba mucho el hecho de que intentase pulirla leyendo *David Copperfield*. Tampoco le favoreció que intentase granjearse la amistad de su director señalando algunos

pequeños errores en su trabajo. Por su parte, el notoriamente distraído J. J. tardó varias semanas en leer la tesis de Bohr, vertida del danés por alguien que no era físico. (La expresión «partículas cargadas» había quedado traducida como «partículas gravadas».) Thomson, que para ser justos andaba muy ocupado como director del Cavendish, no parecía estar demasiado interesado en Bohr o en su trabajo.

Así estaban las cosas cuando, poco después de las Navidades, Ernest Rutherford llegó a Cambridge para pronunciar una conferencia durante una cena anual del Cavendish (un divertido evento entreverado de discursos y canciones). Bohr quedó hechizado. Rutherford era un hombre sencillo, rubicundo, ancho de hombros y con fama de soltar palabrotas cuando los experimentos no salían como esperaba. Era neozelandés, pero había hecho trabajo posdoctoral en Cavendish y luego en la Universidad McGill, en Canadá, antes de regresar a Manchester como catedrático. Después de ganar el premio Nobel en 1908 por sus investigaciones sobre la radiactividad, Rutherford había dejado atónito al mundo de la física una segunda vez, en mayo de 1911, cuando descubrió la estructura básica del átomo. Había demostrado entonces que el átomo era un poco como un sistema solar en miniatura, con un núcleo con carga positiva rodeado a gran distancia por electrones en órbita con una carga negativa equivalente. (Para ponerlo en contexto, en el átomo las proporciones del núcleo a la nube de electrones son del orden de un grano de sal en el Albert Hall de Londres. Dicho de otro modo, si el núcleo tuviera el tamaño de una pelota de baloncesto, los electrones estarían a unas tres manzanas de distancia. En términos reales, el mayor de los átomos es el del cesio, un metal alcalino de color entre dorado y plateado, parecido al potasio, descubierto en 1860, cuyo diámetro es de solamente 0,0000005 milímetros, o 5×10^{-7} mm. Harían falta 10 millones de estos átomos, lado con lado, para cubrir la distancia entre dos puntas del margen aserrado de un sello de correos.)

Tras escuchar a Rutherford, Bohr debió decidir allí mismo que quería trabajar con él, y concertó una entrevista personal a través de un amigo de su padre que vivía en Manchester pero había trabajado en Copenhague. Aquella fue una relación mucho más fructífera que la que había mantenido con J. J.; Rutherford diría más tarde que Bohr era el hombre más inteligente que había conocido jamás.

Era costumbre en el Laboratorio Cavendish que todo el personal se reuniera cada tarde, a la hora del té, con galletas y tostadas con mantequilla sobre las poyatas del laboratorio. Rutherford dirigía los debates desde lo alto de una banqueta de madera. Las discusiones no se limitaban a la física; todos los temas eran legítimos, desde el teatro hasta la política o los últimos automóviles, pero fue allí donde Rutherford propuso por primera vez que, ahora que ya se conocía la estructura básica del átomo, debería ser posible avanzar en el conocimiento de los elementos. Sus distintas propiedades, decía, debían estar relacionadas con la estructura del átomo, que determinaría, por ejemplo, por qué algunos elementos son metales y otros gases, o por qué algunos son reactivos y otros inertes. Sugirió también que las propiedades radiactivas de la materia residen en el núcleo, mientras que las propiedades químicas residen en los electrones, en el exterior.

El razonamiento era impecable, pero había algunos escollos. El primero, que la materia es estable y discreta: mientras que el hierro es rígido y duro, otros elementos son líquidos o gases. En las reacciones químicas, un elemento interactúa con otro produciendo una tercera sustancia, diferente de los reactivos y por lo general estable. Sin embargo, en el modelo de Rutherford y a la luz de la física clásica nadie podía entender por qué los electrones en órbita no perdían energía y describían espirales hasta precipitarse contra el núcleo. ¿De dónde salía esa estabilidad?

Cuando Bohr llegó a Manchester, Rutherford acababa de regresar de un congreso celebrado en Bélgica en el que había conocido a Albert Einstein y a Max Planck. Ambos habían

introducido en la física el concepto de cuanto, la idea de que la energía se presenta en pequeños paquetes discretos en lugar de ser continua, como pretendía la física clásica. Por entonces era un concepto controvertido, pero le sugirió a Bohr la idea que lo haría famoso. Como escribiría más tarde: «En la primavera de 1912 llegué al convencimiento de que la constitución electrónica del átomo de Rutherford estaba regida en su totalidad por el cuanto de acción».

Tras cuatro meses en Manchester, Bohr regresó en julio a Copenhague para casarse. Durante los meses siguientes refinó sus ideas hasta mostrar que el átomo estaba formado por una «unión» sucesiva de electrones. «Un electrón libre tras otro se verían atraídos hacia el sistema solar atómico hasta que el número de electrones igualara la carga del núcleo y el sistema completo fuese neutro.»[1] Sin embargo, y esta fue su verdadera contribución, argumentó que la energía de unión existía en paquetes discretos, o cuantos, de manera que los electrones solo podían ocupar *ciertos estados estables* en órbita en torno al núcleo a distintos radios. Bajo determinadas condiciones (por ejemplo, en las reacciones químicas), el electrón podía moverse entre órbitas pero solamente mediante cuantos de acción, saltos discretos de un tamaño mínimo. La disposición de estas órbitas no solo explicaba la estabilidad de la materia, sino también las diferencias entre elementos. El número de electrones en órbitas sucesivas, y sobre todo los más exteriores, conferían a los elementos sus propiedades características.

En un principio, las ideas de Bohr eran, en palabras de algunos historiadores de la ciencia, «intuitivas», incluso «filosóficas». Sin embargo, aunque Rutherford era un experimentador avezado y desconfiaba de la teoría, apoyó a Bohr y le ayudó a publicar sus ideas en tres artículos pioneros que salieron a la luz en 1913. En estos artículos, hoy conocidos como «la trilogía», Bohr explicaba el encaje de los elementos en la tabla periódica, la disposición de los electrones en órbitas concéntricas relacionadas con el peso atómico del elemento, las relaciones entre elementos con propiedades

parecidas y por qué algunos eran más reactivos que otros, dependiendo de la disposición de los electrones en las órbitas más externas.

En otras palabras, Bohr había unificado la física y la química. Fue una de las unificaciones de la ciencia más importantes y fascinantes, y «la trilogía» de Bohr lo llevó a ganar el premio Nobel de Física de 1922.

No obstante, sería más correcto decir que Bohr *casi* había unificado la física y la química. En el momento de la ceremonia de los premios Nobel de 1922, todavía quedaba por resolver un incómodo problema. Por aquel entonces existía una laguna en el número 72 de la tabla periódica. De acuerdo con la teoría de Bohr, el elemento que faltaba tenía que parecerse al circonio (número 40) y al titanio (número 22), dos elementos de la misma columna de la tabla periódica, y no a las tierras raras que ocupaban las posiciones adyacentes. Pero en mayo de 1922 la cuestión del elemento 72 dio un giro nuevo y dramático. Unos científicos franceses anunciaron el descubrimiento de un nuevo elemento de las tierras raras que colocaron en el número 72 de la tabla periódica y bautizaron como celtio, por Francia.[2] Si el celtio resultaba *ser* una tierra rara, la teoría de Bohr no quedaría en muy buen lugar.

Al partir de su nativa Copenhague de camino a Estocolmo para la ceremonia de los premios Nobel, había dejado a dos de sus colaboradores trabajando en el problema. Investigaban minerales de circonio mediante análisis espectrográfico por rayos X. Demostrando un sentido del ritmo y el tiempo que enorgullecería a cualquier director de teatro, los dos ayudantes enviaron un telegrama a Bohr justo la noche antes de la ceremonia de los Nobel para comunicarle que aquel elemento tanto tiempo ignorado se había descubierto por fin y que sus propiedades químicas a nada se parecían más que a las del circonio. El nuevo elemento recibió el nombre de hafnio, por Hafnia, el antiguo nombre de Copenhague. Cuando Bohr pronunció su discurso de recepción del Nobel (como

todos los galardonados, el día después de la ceremonia de los premios) pudo anunciar su último hallazgo, que en efecto confirmaba que su teoría unificaba la física y la química.

En 1913, el mismo año en que Bohr iniciaba sus investigaciones sobre la estructura del átomo, Andrew Ellicott Douglass iniciaba sus propias pesquisas, pero no tendría la suficiente confianza para publicarlas hasta 1928-1929. Se trataba de la ciencia de la dendrocronología, que sacaba partido de los vínculos entre astronomía, climatología, botánica y arqueología.

Leonardo da Vinci dejó escrito en sus cuadernos un breve párrafo en el que observa que los años húmedos y los secos quedan registrados en los anillos de los árboles. La misma observación hizo en 1837 Charles Babbage, más célebre como el hombre que diseñó las primeras calculadoras mecánicas, los antepasados de las computadoras. Pero Babbage añadió la idea de que los anillos de los árboles se podían relacionar con otras formas de datación. Durante generaciones, nadie persiguió esa idea hasta que Douglass, un físico y astrónomo americano, director del Observatorio Steward de la Universidad de Arizona, dio un gran salto conceptual.

Su interés científico se centraba en el efecto de las manchas solares sobre el clima de la Tierra y, como otros astrónomos y climatólogos, sabía que, a grandes rasgos, cada once años más o menos, cuando la actividad de las manchas solares es máxima, la Tierra es azotada por lluvias y tempestades, con la consecuencia de que plantas y árboles gozan de una humedad por encima de la media. Para demostrar este vínculo, Douglass necesitaba probar que esa regularidad se mantenía durante mucho tiempo. Para hacerlo, los detalles incompletos y ocasionales que sobre el tiempo ofrecían, por ejemplo, los periódicos, eran terriblemente inadecuados. Fue entonces cuando Douglass recordó algo que había visto de niño, una observación familiar para cualquiera que haya crecido en el campo.

Cuando se sierra un árbol y se extrae el tronco, dejando solo el tocón, se puede apreciar un gran número de anillos concéntricos. Todos los leñadores, jardineros y carpinteros saben, pues forma parte del conocimiento de su profesión, que los anillos de los árboles son anuales. Sin embargo, lo que Douglass observó, y en lo que nadie había pensado lo suficiente, fue que los anillos tienen grosores distintos: unos años son estrechos y otros más anchos. Douglass se preguntó si eso se debía a que los anillos anchos representaban años que la Biblia llama de «vacas gordas» (es decir, lluviosos) y los anillos finos correspondían a los años de «vacas flacas», los secos.

Era una idea sencilla pero inspirada, cuando menos porque era fácil de contrastar. Douglass se dedicó a comparar los anillos más externos de un árbol recién cortado con los registros meteorológicos oficiales de los años recientes. Para su satisfacción, descubrió que su suposición se ajustaba a los hechos. Entonces decidió ir más atrás en el tiempo. Algunos árboles de Arizona, donde vivía, tenían más de trescientos años. Si examinaba los anillos hasta la médula del tronco, podría reconstruir las fluctuaciones climáticas de aquella región durante los últimos siglos. Y así fue. Cada once años, coincidiendo con la actividad de las manchas solares, había habido un periodo de «vacas gordas», varios años de anillos anchos. Douglass había demostrado su idea: la actividad de las manchas solares (astronomía), el clima y los anillos de los árboles estaban relacionados.[3]

Pero ahora le veía otros usos a su nueva técnica. En Arizona, la mayoría de los árboles eran pinos y no llegaban más atrás de 1450, justo antes de la invasión europea de América. Al principio, Douglass obtuvo una muestra de árboles que los españoles habían talado en los albores del siglo XVI para construir sus misiones. Entonces escribió a varios arqueólogos del suroeste americano, pidiéndoles muestras (testigos) de la madera de sus yacimientos. Earl Morris, que trabajaba en unas ruinas aztecas a unos ochenta kilómetros de Pueblo Bonito, un yacimiento prehistórico de Nuevo

México, y Neil Judd, que excavaba en el propio Pueblo Bonito, le enviaron muestras. Estas «casas grandes» aztecas parecían haberse construido al mismo tiempo, a juzgar por su estilo y los objetos que se habían hallado. Pero en la América del Norte de la antigüedad no se habían escrito calendarios, de modo que nadie había logrado datar con exactitud aquellos pueblos. Poco tiempo después de recibir las muestras de Morris y Judd, Douglass pudo agradecerse con un bombazo: «Os gustará saber —escribió en una carta— que la última viga del techo de las ruinas aztecas se taló apenas nueve años antes que la última viga de Bonito».[4]

Había nacido una nueva ciencia, la dendrocronología, y Pueblo Bonito fue el primer problema clásico que ayudó a resolver. Mediante la superposición de testigos de árboles de distintas edades talados en distintos momentos, Douglass consiguió obtener una serie ininterrumpida de anillos del suroeste de América del Norte que se remontaba primero hasta el año 1300, luego hasta el 700. Entre otras cosas, la secuencia reveló la gran sequía de 1276 a 1299, que explicaba que por aquel entonces se hubiese producido una gran migración de indios pueblo, un enigma que durante décadas había mantenido perplejos a los arqueólogos. La botánica había resuelto uno de los principales problemas de la arqueología.

Un tercer tipo de unificación tuvo lugar tras la segunda guerra mundial. Por aquel entonces, uno de los principales problemas de la psicología era el gran número de niños sin hogar en la Europa de la posguerra. Francia, Holanda, Alemania y Rusia, además de Gran Bretaña, habían sufrido fuertes bombardeos y el grave trastorno de la vida familiar que conllevan. John Bowlby, un psiquiatra y psicoanalista infantil y director del Departamento Pediátrico de la Clínica Tavistock de Londres, recibió en 1949 el encargo de escribir un informe para la Organización Mundial de la Salud (OMS) acerca de la salud mental de aquellos niños sin hogar. La preparación del

informe le brindó a Bowlby la oportunidad de hablar con muchos profesionales durante sus visitas por Francia, Holanda, Suecia, Suiza y Estados Unidos.

Los viajes internacionales de Bowlby no tardarían en llevarlo a la unificación de la pediatría, el psicoanálisis y la etología (en particular el estudio de la conducta animal dentro de un contexto evolutivo), y haría más sólida la idea del inconsciente, que pasaría de ser un concepto filosófico/psicológico a ser una entidad biológica bien fundada. Su unificación de estas disciplinas se vio sometida a feroces ataques por parte de los psicoanalistas de su tiempo, decididos a resistir aquella «biologización» de su disciplina. Pero Bowlby se mantuvo firme, y la historia le ha dado la razón.

El informe de Bowlby fue redactado en seis meses y publicado en 1951 por la OMS con el título *Maternal Care and Mental Health* [Los cuidados maternos y la salud mental]. Se tradujo a catorce idiomas y se vendieron 400.000 copias de la edición inglesa en rústica. Una segunda edición, titulada *Child Care and the Growth of Love* [El cuidado infantil y el crecimiento del amor] fue publicada más tarde por Penguin.[5]

Fue este informe lo que para mucha gente confirmó que los primeros meses de la vida de un niño son cruciales, e introdujo la expresión clave «privación materna» para describir la fuente de una patología general del desarrollo infantil, cuyos efectos se habían encontrado muy extendidos. Los bebés que habían carecido de un cuidado materno adecuado eran «apáticos, callados, infelices e indiferentes a una sonrisa o un arrullo» y luego eran menos inteligentes, a veces cerca de la deficiencia. Igual de importante es el hecho de que Bowlby llamó la atención sobre un gran número de estudios que mostraban que las víctimas de la privación materna no lograban desarrollar la capacidad de mantener relaciones con otros, o de sentirse culpables de su fracaso. Eran niños que o «ansiaban el afecto» o «carecían de afecto». Bowlby mostró también que los grupos de delincuentes estaban formados por personas que, con

mayor probabilidad que sus equivalentes no delincuentes, provenían de hogares rotos donde, por definición, la privación materna era frecuente.

Todo aquello fue un gran logro para Bowlby, pero más tarde, en 1951, a través del eminente biólogo Julian Huxley conoció las investigaciones del etólogo Konrad Lorenz, en particular su artículo de 1935 sobre la impronta. Este célebre estudio muestra que, en cierta fase crítica, los pollos de ganso expuestos a un estímulo (el propio Lorenz en el célebre caso), adquieren un vínculo, una «impronta», con ese estímulo. Las fotografías y la película de Lorenz seguido allí donde fuera por una línea de ansarinos cautivaba la imaginación de todos cuantos los veían. Desde ese momento, Bowlby acogió la etología como una nueva disciplina que podía relacionarse con la pediatría y el psicoanálisis, enriqueciéndolos, y que con el tiempo ayudaría a refinar el concepto del inconsciente. Se le unió en Tavistock Mary Ainsworth, una canadiense que se había mudado temporalmente a Londres acompañando a su esposo, que había sido destinado allí, y luego a Uganda hasta acabar en Baltimore. Allí llevó a cabo estudios paralelos utilizando diversas técnicas de observación, además de comparaciones etológicas con otras especies (por ejemplo, la interacción madre-hijo en los monos), hasta desarrollar juntos la idea que habría de hacerse famosa como «teoría del apego».[6]

La importancia de esta teoría radicaba en que demostraba que vincular una ciencia con otra podía amplificar el conocimiento gracias al apoyo mutuo entre las disciplinas, y conducir a nuevos métodos de tratamiento. El lazo establecido por Bowlby y Ainsworth entre la pediatría y la etología situaba el vínculo entre madre e hijo, y la motivación inconsciente que resulta de este, en un firme y familiar fundamento biológico y, lo que no es menos importante, en un contexto evolutivo. De acuerdo con la teoría de Bowlby-Ainsworth, el apego era una respuesta instintiva (como la impronta) con la función de vincular el bebé en un periodo crítico a

la madre, y viceversa, y de este modo aumentar la aptitud (*fitness*) evolutiva de la descendencia.[7]

Además, según Bowlby, a consecuencia de todo esto el niño adquiere de sí mismo un «modelo interno de trabajo» como ser valioso y fiable o, al contrario, indigno e incompetente. Esta fue, para Bowlby, la mejor manera de entender el inconsciente. Los «modelos internos de trabajo» se adquieren durante el primer año de vida, mucho antes que las palabras, y se tornan cada vez menos accesibles a la conciencia a medida que se hacen habituales y automáticos. Esto se debe a que, sobre todo en los patrones diádicos de relación (prácticamente todos los disponibles a esa edad), los requisitos de expectativas recíprocas se forman con una fuerza excepcionalmente fuerte en un entorno tan limitado.[8] Aquello que, antes de Freud, había comenzado la vida como una entidad puramente filosófica/psicológica ahora tenía una firme base biológica.

DEL BIG BANG A LA GRAN HISTORIA

Estos tres ejemplos que se refieren a materias muy dispares, implican a muchos países y se extienden a lo largo de varias décadas nos sirven para introducir el tema de este libro.

Convergencias es una historia de la ciencia moderna pero con un giro peculiar. Un giro que ya he mostrado, pero no he presentado todavía con la claridad que merece. El argumento es que las distintas disciplinas, a pesar de tener áreas de interés y orígenes aparentemente muy distintos, se han ido acercando de manera gradual durante los últimos 150 años, convergiendo y fundiéndose hasta identificar una extraordinaria narración maestra, una historia maravillosamente bien trabada y coherente: la historia del universo. Entre sus logros se cuenta el descubrimiento de las íntimas conexiones entre la física y la química. Lo mismo puede decirse de

los vínculos entre la química cuántica y la biología molecular. La física de partículas se ha vinculado con la astronomía y con los orígenes de la evolución del universo. La pediatría se ha enriquecido con las ideas de la etología, mientras que hoy la psicología se asocia con la física, la química e incluso la economía. La genética se ha armonizado con la lingüística, la botánica con la arqueología, la climatología con el mito, y así tantas otras ciencias. Se ha logrado explicar la Gran Historia, la narración maestra de las trayectorias de las grandes civilizaciones del mundo, enriquecida con la trabazón de las ciencias. Es una idea simple pero de consecuencias profundas. La convergencia es, en palabras del premio Nobel Steven Weinberg, «lo más profundo del universo».

Esta historia de la convergencia de las ciencias, de su síntesis, cohesión y coherencia, nos ofrece una línea del tiempo de la historia sobre la cual se pueden situar todos los grandes descubrimientos realizados hasta nuestros días. No se trata en modo alguno de una línea recta, pero sí de una línea bien definida, no muy distinta de una larga y complicada espina dorsal, una columna con curvas formada por vértebras de distintos tamaños. Sostengo además que el orden que emerge de esta convergencia, y el modo en que una ciencia sirve de apoyo a otra, confiere al conocimiento científico una autoridad sin rival como forma de entendimiento y que, por consiguiente, debemos esperar que *extienda* su alcance en el futuro hacia campos que tradicionalmente no se han asociado con la ciencia. De hecho, ya lo está haciendo, y es un desarrollo que debemos acoger. La probada naturaleza interconectada de la ciencia nos sirve de guía de la investigación futura.

No todos los vínculos y solapamientos de la historia son igual de fuertes. La fusión de la física y la química que logró Niels Bohr fue fundamental, al igual que la posterior unión de la química cuántica y la biología molecular que debemos a Linus Pauling y otros (capítulo 9), o, en décadas más recientes, la vinculación de las partículas elementales con los inicios de la evolución del universo (capítulo

11), y el «endurecimiento» de la psicología, por ejemplo con los vínculos entre el comportamiento y la química del cerebro (capítulo 16). Lo mismo se puede decir de los solapamientos que también se han revelado entre la genética y la arqueología (capítulo 12). En otros tiempos, los solapamientos, aunque no exactamente triviales, resultaron ser más útiles y sugerentes que fundamentales. Un buen ejemplo es el de la cronología de los anillos de los árboles, pero también de otras tecnologías de datación científica, como el método del potasio/argón (capítulo 12), que nos muestran que no solo la botánica, sino también la física, la biología molecular y la genética, nos pueden ayudar a reconstruir la historia. Es importante observar que los distintos mecanismos de datación son coherentes entre sí, de modo que la historia antigua es hoy por hoy una rama interdisciplinar de la ciencia.

Además, y este es el argumento de fondo, todas las conexiones y solapamientos, todos los patrones y jerarquías que se han ido revelando, fundamentales o no, se entrelazan conceptualmente. No hay excepciones, por lo menos importantes. Los descubrimientos científicos se encuentran repetidamente, en toda suerte de maneras, apoyándose entre sí para contar una historia coherente y bien trabada. En un sentido importante, y por usar otra analogía, es como si esta historia tuviera su propia forma de gravedad, como si fuesen partículas de un gas que se enfría, y los distintos capítulos se fuesen uniéndose hasta formar una narración sólida.

La narración nos lleva desde los orígenes del universo en un Big Bang hace 13.800 millones de años hasta la creación de las partículas elementales, la formación de los elementos más ligeros, luego los más pesados, la formación de las estrellas y los planetas, incluido nuestro sol, la evolución de la estructura a gran escala del universo (la forma en que se disponen las galaxias), la coalescencia de los gases que dio lugar a las rocas de la Tierra, el modo en que esas rocas se alinean como lo hacen, la evolución de la Tierra, el ir y venir de las eras glaciales, la configuración de los continentes en

nuestro planeta, el porqué de la circulación de los océanos siguiendo una pauta concreta, dónde y cuándo se desarrollaron las formas de vida primitivas, el modo en que se formaron moléculas y organismos cada vez más complejos, cómo evolucionó el sexo, por qué los árboles y las flores tienen la forma que tienen, por qué son verdes las hojas, por qué algunos animales (entre ellos nosotros) se distribuyen por la Tierra como lo hacen, de qué modo las grandes catástrofes han dado origen a mitos muy extendidos e influido en nuestras creencias, de qué manera se desarrolló e hizo importante la precisión, por qué y cómo surgió la propia ciencia, para culminar (de momento) en la humanidad y las muy distintas civilizaciones que pueblan el planeta. Ciertamente, esta historia nos muestra *por qué* hay distintas civilizaciones que pueblan el planeta como lo hacen. La convergencia de las ciencias nos ayuda a explicar la mayor y única historia que hay: la Gran Historia.

UNA ÉPICA HISTORIA DE DETECTIVES Y UNA NUEVA DIMENSIÓN

No contaré la historia, sin embargo, comenzando por el principio y acabando por el final. Resulta mucho más revelador, más convincente y más emocionante contar la historia tal como surgió, tal como comenzó a encajar, pieza a pieza, capítulo a capítulo, convergiendo al principio con vacilaciones, pero cada vez con mayor rapidez, vigor y confianza. Los solapamientos y la interdependencia de las ciencias, los patrones y jerarquías de los descubrimientos en distintos campos, el orden subyacente que de forma gradual van desvelando, es sin duda uno de los aspectos más apasionantes de la ciencia moderna, tal vez el que más. Se trata, al fin y al cabo, de una historia de detectives colectiva y de dimensiones épicas. La convergencia y el orden emergente entre las ciencias, una forma de unidad incluso, es uno de los elementos más importantes y gratificantes del conocimiento científico, más aún por

cuanto nadie lo estaba buscando.

Tampoco comienzo, como hacen muchas historias de la ciencia, por la antigua Grecia, con el llamado «hechizo jónico», ni con los descubrimientos de Copérnico y Galileo, o con la revolución científica del siglo XVII. Comienzo mucho más tarde, en la década de 1850 (una década crucial, como veremos), porque es entonces cuando comienza la convergencia, cuando las interconexiones y los solapamientos entre las distintas disciplinas empiezan a manifestarse en dos áreas fundamentales, añadiendo a la ciencia una nueva dimensión que hasta entonces no se había comprendido cabalmente.

Fue durante la década de 1850 cuando vio la luz la idea de la conservación de la energía, que sirvió para relacionar descubrimientos recientes en las ciencias del calor, la óptica, la electricidad, el magnetismo y la química de los alimentos y de la sangre. Casi de manera simultánea, la teoría de Darwin de la evolución por medio de la selección natural acercó las nuevas ciencias de la astronomía del espacio profundo, la geología del tiempo profundo, la paleontología, la antropología, la geografía y la biología. Estas dos teorías comprenden la primera gran convergencia, lo que significa que la década de 1850 fue de muchas maneras la más importante de los anales de la ciencia, y posiblemente los años que vieron el mayor salto intelectual de todos los tiempos: la comprensión del modo en que una ciencia apoya a otra, el inicio de una forma de entender distinta de cualquier otra. Intelectualmente, inició sin duda una nueva era.

Que yo sepa, nunca antes se ha contado la historia de la ciencia, o la historia del universo, de este modo. Este es el giro peculiar que, en mi opinión, distingue a esta historia de la ciencia.

Soy consciente de que algunos historiadores de la ciencia, científicos sociales y filósofos ponen objeciones a la idea de que exista unidad u orden en las ciencias. Contra ello argumento que la historia de la convergencia y el orden emergente que se describe en este libro hablan por sí mismos, y discuto varias de sus objeciones

en la conclusión.

La idea de que las ciencias están vinculadas de alguna manera jerárquica no es nueva, por supuesto, y se conoce como reduccionismo. Aunque esta aproximación se ha criticado, y sobre todo durante los últimos veinte o treinta años pese a toda la evidencia que se acumulaba a su favor, la mayoría de los científicos más destacados han superado esas objeciones. Figuras como George Gaylord Simpson, Philip Anderson, Ilya Prigogine, Abdus Salam, Steven Weinberg y Robert Laughlin (los últimos cinco, galardonados con el premio Nobel) se han definido a sí mismos como entusiastas reduccionistas. Edward O. Wilson, el destacado sociobiólogo, lo dijo de este modo: «El reduccionismo es el más fino escalpelo de la ciencia».

Cuando estaba acabando este libro, me llegó la noticia de que unos investigadores habían insertado dos pequeños chips de silicio en la corteza parietal posterior de una persona tetrapléjica, noventa y seis electrodos microscópicos que podían registrar la actividad de un centenar de neuronas al mismo tiempo. Basándose en estudios previos con monos, que guiaron a los investigadores a un área específica del cerebro humano, determinaron que analizando los distintos patrones de ese centenar de células podían leer de manera fiable hacia dónde tenía el paciente la *intención* de mover su brazo paralizado. La información se utilizaba entonces, salvando su médula espinal dañada, para permitirle dirigir un brazo robótico y coger una cerveza o mover un cursor en un monitor de ordenador. Los investigadores podían incluso predecir lo rápido que deseaba mover el brazo, o si quería mover el izquierdo o el derecho. En un experimento relacionado, en el que se mostraba la actividad de neuronas individuales en una pantalla, se comprobó que el paciente podía modular la actividad de células concretas. Era un experimento muy específico. Una célula nerviosa, por ejemplo, podía incrementar su actividad cuando el paciente imaginaba que giraba el hombro, y reducirla cuando imaginaba que se tocaba la nariz. La

especificidad del experimento, el hecho de que pudiera arrojar luz sobre las *intenciones* de aquella persona, no sobre sus movimientos realizados, ofrece una gran esperanza para el futuro, pero desde nuestra perspectiva lo importante es que lleva el reduccionismo a un nuevo nivel, uniendo todavía más la psicología y la física.

LA BELLEZA DEL ORDEN PROFUNDO

Dicho esto, lo cierto es que todavía no hemos desvelado un orden último, y quizá no lo consigamos nunca. Pero el orden que ya ha emergido es bastante impresionante. El orden, en particular el orden espontáneo, constituye hoy uno de los grandes intereses de la ciencia (capítulo 18).

Además, como es natural, la historia que se cuenta en este libro es más que una narración, pues hay dos implicaciones más profundas del orden que produce la convergencia.

A la primera ya hemos aludido. Como la convergencia (el orden emergente) es tan fuerte y coherente, la ciencia como *forma* de conocimiento comienza a invadir otras áreas, otros sistemas de conocimiento tradicionalmente distintos de ella o incluso opuestos, y comienza a explicarlas y a hacer que progresen. La ciencia está invadiendo (y trayendo orden) a la filosofía, la moralidad, la historia, la cultura en general, incluso a la política (véanse los capítulos 14, 15 y 19). Los críticos objetan que eso es una forma de imperialismo intelectual, pero cada día nuestros periódicos vienen salpicados de noticias, por ejemplo, de las últimas investigaciones psicológicas sobre nuestra honestidad, generosidad, fiabilidad o propensión a la violencia. Este genio ya no se puede devolver a la botella.

No es exagerado decir que la coherencia y el orden globales que la convergencia de las ciencias revela está dando paso a una nueva fase de la historia. Ninguna otra forma de conocimiento posee la

coherencia y el orden que ha producido la convergencia de las ciencias. Los métodos y la infraestructura de la ciencia son invaluable; son sin duda aspectos sin igual de la moderna democracia y modelarán la sociedad en todas sus manifestaciones, aún más en el futuro de lo que lo han hecho en el pasado, y con todo derecho. Esta es una historia esencialmente contemporánea.

El segundo aspecto del orden que está emergiendo está relacionado con el propio orden. El modo en que incluso la materia inanimada se organiza espontáneamente a sí misma en la naturaleza (sin el concurso, conviene aclarar, de ningún poder sobrenatural) se ha manifestado durante las últimas décadas como uno de los temas nuevos de mayor importancia. La propia idea de que existe un orden preexistente *en* la naturaleza, un orden profundo que subyace incluso a la «caoplejidad» (una mezcla de caos y complejidad), como parece que es el caso, suena a acertijo filosófico tan importante como cualquier otro. El orden espontáneo está siendo explorado por físicos, químicos, biólogos y matemáticos y se ha encontrado en las partículas elementales, en las moléculas, en los sistemas complejos, en los seres vivos, en el cerebro, en la matemática, incluso en el tráfico. Todo ello nos da una idea del lugar central que hoy ocupa este tema (capítulos 17 y 18). Un salto cualitativo en nuestro conocimiento de esta área podría tener consecuencias impresionantes, en particular para nuestra manera de entender la evolución (capítulo 18).

Así pues, no hay otra historia que se parezca a la que se cuenta en este libro. La convergencia es, como dice Steven Weinberg, y sin exagerar, la historia más fundamental que se puede imaginar.

Por último, no debemos pasar por alto el hecho de que el modo en que las ciencias se entrelazan puede ofrecernos cierto consuelo. Tal vez no un consuelo religioso, pero las ciencias convergentes, el orden emergente en la naturaleza, ciertamente parece ofrecer una *satisfacción* intelectual/filosófica, casi una forma de belleza y, sí, al menos por el momento, un misterio sobre el significado último que

podría tener este orden. Ahí reside el poder de las ciencias convergentes para *entusiasmar*.

www.elboomeran.com

<https://books.google.es/books?id=FJi1DgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>