

El texto está basado en parte en notas de varias conferencias, algunas en los Cursos de Verano de El Escorial. Debe mucho a numerosas conversaciones con colegas y amigos, demasados para nombrarlos a todos. Tengo una especial deuda de gratitud con Michael Morawick, desgraciadamente ya fallecido, Joseph Rotblat, Martin Kaplan, Francesco Calogero, André Lichnerowicz, Louis Albu y Mario Soler. Durante el invierno 1993-1994 participé en un seminario sobre Ciencia y Sociedad en la Fundación Foro para la Innovación Social, que dio lugar a una serie de conferencias en el Ateneo de Madrid. Mi contribución correspondió en parte a los capítulos 1 y 8 de este libro. Durante las reuniones tuve la suerte de discutir ampliamente con los demás contertulios, Eduardo Punset, Federico García Moliner, Alfredo Triemblo, José María Castroviejo, Higinio Guillamón y Jesús Martín Tejedor.

A todos ellos mi agradecimiento.

También a mi mujer y a mis hijos por su apoyo y por su ayuda en la preparación del manuscrito.

1

Un libro como éste, dedicado a la alabanza de la ciencia, se arriesga a generar una pronta y radical desconfianza entre quienes tienen de ella una concepción meramente instrumental o la consideran como una visión del mundo útil pero empobrecedora o incluso como una amenaza a los valores éticos. Para disipar esos recelos empezaré abjurando de la herejía cientista: no creo que el conocimiento científico sea el único verdadero, ni que los expertos deban gozar de ningún privilegio especial, ni que la literatura, el arte o la filosofía tengan sólo un valor secundario o delegado.

Muy al contrario, parto de la observación de que, cuando el hombre intenta la imposible empresa de entender todo lo que ve, se encuentra desbordado ante un mundo excesivo y recurrir por ello a aproximaciones muy diversas que le revelan aspectos distintos de las cosas, tan esencialmente evasivas. La ciencia es uno de los métodos a nuestro alcance para explorar la realidad, muy importante sin duda, pero no el único. Más aún, el entendimiento del mundo extraído de su enorme capacidad de estructurar los datos observables se ve muy acrecido cuando se usa en conjunción con otros saberes, de modo que cualquier cosmovisión que se base exclusivamente en las ciencias de la naturaleza es incompleta, como lo es también cualquier otra que prescindiera de ellas.

Al hablar de este tema, es inevitable recordar a C. P. Snow,<sup>1</sup>

<sup>1</sup> C. P. Snow, *Las dos culturas*, Alianza, Madrid, 1987.

quien acuñó la expresión *las dos culturas* desde su posición excepcional para entender el problema —no en vano fue a la vez físico y novelista, durante varios años científico de día y literato al atardecer. La frase hizo fortuna, pero la dicotomía se introdujo en el reino de los tópicos, perdiendo así mucho de lo que tiene de inictación. Se discute a menudo si la ciencia es o no parte de la cultura —o si los científicos merecen ser llamados intelectuales—, pero suele hacerse en tono menor, como si cultura fuese sólo lo que hay que saber para brillar en ciertas reuniones sociales o para decir cosas a la moda en artículos de prensa. Los más abiertos al mundo científico llegan a admitir que nadie puede llamarse culto si no sabe nada sobre Einstein o Darwin, en la misma medida que si ignora todo sobre Cervantes o Velázquez. Pero ese planteamiento es claramente insuficiente, porque lo importante no son los detalles, sino el sentido global de la empresa científica. Además, hay que entender la cultura de modo más radical, incluyendo al arte, la literatura o la historia, pero también a todas las actitudes, las expresiones o los productos de creación humana, todo lo que, trascendiendo a la pura biología, es suscitado por la acción diaria de vivir. Esto significa la afirmación "cualquier cosa que no sea naturaleza es cultura".

Pero es inevitable ahora ir más allá, declarando que cultura es más bien lo que sigue a la naturaleza y continúa la evolución biológica de la que surgieron los *homo sapiens*, mediante esta segunda fase evolutiva de tipo social, que transcurre desde hace al menos diez mil años. Se suele llamar *hominización* al proceso evolutivo seguido a partir de algunos animales más primitivos hasta el alba de la historia, pasando por varias especies de *australopithecus*, el *homo habilis* y el *homo erectus*. Alguien ha propuesto acertadamente *humanización* para nombrar al proceso social que continúa desde entonces. Cultura es, pues, todo lo que incide en el proceso de humanización, en una galopada más rápida cada vez. Tanto que es ya un ejercicio razonable auparse sobre el intenso ritmo de cambio en que vivimos, para intentar otear lo que vendrá después. Pues bien, una de las fuerzas que más tira en ese proceso es la ciencia —quítrase o no—, pero importa mucho comprender que no sólo es así por las realizaciones prácticas en ella basadas, sino por las nuevas perspectivas sobre el universo, la materia y la vida que nos

ofrece continuamente. Por eso cualquiera que reclame el título de humanista —para quien nada de lo humano puede ser ajeno— debe estar siempre abierto al mundo de la ciencia.

Pero no ocurre así: la tópica brecha entre la ciencia y las demás actividades que denunció Snow sigue activa, ancha y profunda. Es cierto que los medios de comunicación de masas dan muchas noticias científicas, especialmente sobre algunos temas estrella —el origen del universo, los procesos químicos vitales o el funcionamiento del cerebro, por ejemplo—, pero lo hacen a menudo como mero espectáculo o bien de consumo, con inflación de hechos pero casi nada de entendimiento.

Aunque es frecuente la aparición de noticias engañosas por confusas o falsas, eso no es lo peor. Muchas veces me he asombrado de sentir incomodidad ante ciertas informaciones correctas en sus pormenores, pero que dejan escapar lo esencial. Los detalles son cabales, pero el cuadro resulta equívoco e irreal.

Todo esto es muy lamentable porque la humanidad parece estar perdida en el laberinto de las ideas y las aplicaciones científicas, sin las que sería inconcebible la vida de cualquier sociedad de hoy, pero sobre cuyas consecuencias siente la mayor de las confusiones. Pues nuestras sociedades, dominadas por los efectos de la ciencia y la tecnología, entienden muy mal qué cosas son estas dos estructuras.

En medio de graves problemas de magnitud inimaginable hace no muchos años —superpoblación, deterioro del ambiente, injusticia y opresión, marginación y miseria, nuevas enfermedades y hambre, grandes emigraciones forzadas...— y de intereses totalmente contrapuestos, dos bandos enfrentados discuten con acaloramiento ante una población desprovista de referencias que no sabe a qué carta quedarse. Son, por un lado, los detractores radicales de la racionalidad y la búsqueda de soluciones científicas y, por el otro, sus defensores a ultranza —los nuevos dionisiacos y los nuevos apolíneos, por usar los términos del historiador de la ciencia Gerald Holton.<sup>2</sup>

Porque vivimos entre sentimientos contradictorios que van del entusiasmo por la ciencia a su rechazo, de la admiración por sus espectaculares resultados a repudiarla como el saber

<sup>2</sup> G. Holton, "The thematic imagination in science", en *Science and culture*, editado por G. Holton, p. 88, Beacon Press, Boston, 1967.

extraño e incommunicable de una casta cerrada. La gente comprende que otorga un enorme poder, pues los países avanzados basan su riqueza en la tecnología que se sigue de ella. Esta constatación, junto con el brillo que hoy tiene lo que es distinto e inalcanzable, le confiere un gran prestigio. Pero, a la vez, la ciencia inspira temor, como todo lo que es incomprendible o difícil de conocer y por su relación con la carrera de armamentos o con el deterioro del medio ambiente. No es de extrañar que la opinión pública se sienta confusa y recele en medio de tanto poder, tanto prestigio y tanto temor.

2

Esa confusión y ese recele son dos de los elementos esenciales de la sensación de crisis que hoy vivimos. Aunque tal sentimiento es muy frecuente en la historia—ni faltan los nostálgicos ni todos los grupos sociales están a gusto en su tiempo—, en algunos momentos especiales pierden simultáneamente su validez muchas de las ideas que configuran el modo de ser histórico, sin que se hayan podido establecer otras que las sustituyan. Este es uno de ellos—no puede haber ninguna duda. Pese a que aún vivimos en su seno, estamos agotando la modernidad, es decir, el tiempo histórico generado en el siglo XVIII, durante la llamada Ilustración. Surgió entonces por toda Europa una nueva manera de pensar, una actitud distinta, impulsada en buena parte por la segunda oleada de la Revolución Científica, que condujo a una exaltación de la razón, al comprender cuán poderosa herramienta es para estudiar la naturaleza.

Pues bien, lo que ahora se está cuestionando es ni más ni menos que la modernidad, ante la fuerte sospecha—evidencia según muchos—de que su tiempo histórico haya concluido ya que, según se oye por todas partes, la razón ha dado de sí todo lo que podía y hay que buscar otra cosa para ponerla en su lugar.

¿Qué es exactamente eso de lo que se dice que está en crisis? Esquemmatizando al máximo los abundantes análisis de filósofos, historiadores y sociólogos, cabe decir que la modernidad, surgida bajo el impulso de la Revolución Científica, es una ac-

titud definida por dos elementos: el triunfo de la razón completamente liberada y una concepción unitaria de la historia.

En la Ilustración, el pensamiento se sintió libre de toda atadura, gracias a la seguridad que le dieron los éxitos obtenidos al estudiar la naturaleza combinando el método experimental con el análisis matemático. Se estableció así en definitiva una de las características más genuinamente configuradoras del ser humano: el espíritu de aventura ante lo desconocido. Pues entre las muchas aspiraciones que definen el propósito de una vida están la curiosidad y las ganas de comprender, el ansia de conocimiento y de sabiduría. Uno de los pilares de la civilización occidental es la fascinación por los mundos inexplorados—tan manifiesto en el periplo de Ulises. Podemos rastrearlo a lo largo de la historia en nuestros grandes viajeros, Marco Polo, Colón, Magallanes, o en la literatura y el arte, que surgen siempre de una incitación del misterio. La ciencia es igualmente un viaje hacia lo desconocido y lo misterioso. Muchas veces sin salir de un laboratorio: viajes a los átomos, a las neuronas, a las estrellas o al fondo del mar, pero a menudo también en sentido literal—pensemos en las muchas expediciones científicas, como la vuelta al mundo de Darwin en el *Beagle*, la expedición Malaspina para explorar la costa de América o la muerte de Empédocles tragado por el Etna, al que había ascendido quizá para observar su erupción. Por eso “la república de la ciencia es una sociedad de exploradores”, como decía Michael Polanyi, químico húngaro que emigró a Inglaterra en la época de Hitler. Y por lo mismo es tan significativo el título de la versión española de un libro de Einstein: *La física, aventura del pensamiento*.

Pero la modernidad no consistió sólo en un cambio intelectual. Por el contrario, afectó profundamente a la vida económica y social. Las primeras aplicaciones científicas impulsan nuevos tipos de negocios, las comunicaciones mejoran y el comercio se potencia. El higienismo y la medicina, basados en la química, hacen aumentar la población, con la aparición de nuevas clases de industriales y comerciantes, cuya actividad intensa hace que todo cambie, sirviendo de base a un naciente optimismo. Surge la confianza en la liberación inevitable de todos los hombres mediante la realización de potencialidades no exploradas aún, pero que serán descubiertas por la ciencia.

matemática, Einstein pensaba en el misterio del mundo, Planck intentaba encontrar lo absoluto que se esconde tras lo relativo que observamos...

Parecería pues que el transistor es una consecuencia del poder de abstracción de la mente humana. Sin duda eso es parcialmente cierto, pero las cosas fueron en realidad algo más complicadas. Lo mismo que en el caso del telescopio de Galileo, hubo una evidente transferencia desde la tecnología, como ha estudiado Solla Price; en este caso desde el arte de hacer crecer cristales, materias en que los átomos están dispuestos de manera regular y periódica en el espacio. Esas técnicas se habían desarrollado al intentar reproducir las condiciones geológicas bajo las que se forman algunas rocas cristalinas, especialmente los diamantes y otras piedras preciosas. Los laboratorios Bell querían usarlas para producir monocristales metálicos en un estudio de la conducción eléctrica, sin prever el transistor de ninguna manera. Pero la historia se repitió: el descubrimiento de un sistema instrumental abrió un campo nuevo, iniciando una inesperada cadena causal de influencias mutuas entre la ciencia y la tecnología, entre imprevistas relatividades e insospechadas lámparas eléctricas entre los Einstein y los Edison.

Porque las obras mejores han surgido siempre de combinar esos dos polos, recorriendo el camino de ida y vuelta que lleva de lo abstracto a lo concreto, de las ideas a las cosas, de las teorías a los hechos.

### III. Para una estética de la ciencia

LAS PIEDRAS CANTAN,  
LA NATURALEZA BRILLA

HAY QUE defender una concepción estética de la ciencia. Cuando me enfrento a la teoría de la relatividad de Einstein, a la dinámica clásica de Newton o a la teoría de la evolución de Darwin, siento una emoción no muy distinta que al oír las *Variaciones Goldberg* de Bach, que suenan mientras escribo estas li-

neas, o un cuarteto de Beethoven o al ver los frescos de Miguel Ángel en la Capilla Sixtina. Es incluso posible establecer correspondencias entre los creadores científicos y los artísticos. Einstein era un constructor de estructuras que avanzaba con la seguridad y el aplomo de Bach; la inventiva, el brillo de las ideas y el gusto por el juego de Feynman recuerdan los de Mozart; el profundo sentido autocrítico de Brahms retrasó la aparición de sus sinfonías, como le ocurrió a Darwin con su famoso libro. Diferentes personas harán distintas asociaciones, pero sin duda se pueden percibir muchas, porque, aunque las formas de la creación son muy variadas, se repiten en los dos bandos pautas y estilos análogos.

El gran físico Richard Feynman hablaba de la "emoción religiosa" que sentía al contemplar la armonía de las leyes de la naturaleza, aunque lamentándose "pocos de los no científicos lo comprenden". Aunque algunos sí, como el poeta portugués Fernando Pessoa, para quien "el binomio de Newton es más hermoso que la Venus de Milo". Cuando los laboratorios Bell consiguieron las primeras imágenes jamás logradas de los átomos, gracias a un nuevo tipo de microscopio llamado de efecto túnel, invitaron a Feynman a verlo. Durante su visita, alguien llamado Platzmann se puso a dar explicaciones. Feynman, sintiendo la necesidad de silencio ante una impresión muy honda, le dijo: "¡Cállate, Platzmann! ¡Ahí están los átomos! No hables, sólo mira. Eso es Dios."<sup>21</sup> Einstein decía que "la experiencia más bella y profunda que puede tener el hombre es el sentido de lo misterioso... percibir que, tras lo que podemos experimentar, se oculta algo inasequible a nuestro espíritu, algo cuya belleza y sublimidad se alcanza sólo indirectamente y a modo de pálido reflejo, es religiosidad."<sup>22</sup>

Muchos grandes científicos, admirados por la contemplación de las leyes de la naturaleza, a cuyo estudio dedican su vida, tienen un profundo sentido de la misteriosa belleza del mundo, distinto del de los artistas porque perciben latidos diferentes de las cosas. Sienten una emoción intensa ante las teorías y los experimentos que les acercan a un nivel más honrado de la realidad, sólo accesible tras un proceso personal con-

<sup>21</sup> J. Mehra, *The beat of a different drum. The life and science of Richard Feynman*, Clarendon Press, Oxford, 1994, cap. 25.

<sup>22</sup> A. Einstein, *Mis ideas y opiniones*, Antoni Bosch, Barcelona, 1980, p. 35.

tinuado y tenaz, una auténtica ascesis. Porque la ciencia ofrece caminos de contemplación que, aunque diferentes, son comparables con los del artista.

El gran escritor Alexandre describe esa capacidad de conocer lo más hondo de las cosas que ofrece la literatura, diciéndole a un poeta en el primer verso de su *Sombra del paraíso*: "Para ti, que conoces cómo la piedra canta", porque a través del arte es posible percibir una brillante vibración de las cosas del mundo. Pero las piedras y todas las cosas cantan canciones muy diversas y algunas sólo se pueden escuchar con oídos científicos. Así la delicadísima geometría interior de la materia, explicada por la física atómica; o su dinámica, tan bien descrita por la teoría de Newton, que, desde la reflexión sobre una manzana, abrió la puerta al entendimiento del Sistema Solar y hasta de la estructura del universo; o la prodigiosa articulación de los átomos en la doble hélice, la molécula de la herencia biológica; o la descomposición de la luz en colores, expresada por la transformación de Fourier, ese "poema matemático", según los grandes físicos Kelvin y Tait.<sup>23</sup> Un periodista preguntó a Richard Feynman, premio Nobel de física en 1965, sobre lo que sintió al descubrir una ley de las interacciones débiles. Al responder, dijo con su característico poco academicismo: "llegó un momento en que supe cómo funciona la naturaleza. *La maldiva brillaba*"<sup>24</sup> (las cursivas son mías). Sí, la naturaleza brilla con luces diferentes y las cosas cantan de muchas maneras y canciones muy distintas: los artistas, los poetas y los filósofos ven y oyen algunas, los científicos otras.

#### PAISAJES MENTALES

Para entender el papel de la belleza en la ciencia es muy conveniente empezar pensando en las matemáticas, que, como decía el gran matemático inglés Hardy, "lo mismo que la música pueden promover y sustentar un supremo hábito de pensamiento, incrementando la felicidad de quienes las crean o

<sup>23</sup> W. Thomson (Lord Kelvin) y P. G. Tait, *Treatise on Natural Philosophy*, vol. 1, p. 713, 1896.

<sup>24</sup> Entrevista con L. Edlison, *New York Times Magazine*, 8 de octubre de 1967. Véase también R. Feynman, *El carácter de la ley física*, A. Bosch, Barcelona, 1979.

entienden".<sup>25</sup> Hacerlo así nos enseñará también cosas de las otras ciencias, pues se suele considerar que una teoría sólo llega a ser aceptable cuando puede ser formulada matemáticamente. Por otra parte, lo que impresiona más de la visión que ofrece la ciencia del mundo es el extraordinario y misterioso orden subyacente que se descubre cuando se describen las cosas al modo matemático. Es lo que decía Galileo del libro de la naturaleza: "está escrito con lenguaje matemático, y los símbolos con que está escrito son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender una sola palabra suya." Por ello, uno de los nombres que se ha dado a Dios es el de Gran Matemático. Entre quienes así lo llaman, el astrónomo y físico inglés James Jeans dice que, por eso, "el universo está empezando a parecerse más a un gran pensamiento que a una gran máquina".<sup>26</sup>

¿A qué se debe el enorme éxito de las ciencias exactas al describir el mundo? Esta cuestión, formulada por el físico Eugene Wigner como "la irrazonable eficacia de las matemáticas en las ciencias naturales", continúa siendo un reto invencible: no sabemos por qué es así. Los científicos no son unánimes sobre ello, hay dos grupos de opinión. Para los unos, ocurre simplemente que las matemáticas se han ido inventando poco a poco, ajustándose siempre al mundo material, y por eso lo describen tan bien, porque han sido creadas para eso. Otros sospechan—incluso están convencidos—que esa sorprendente capacidad de las matemáticas tiene un sentido profundo que se nos escapa y probablemente seguirá escapándose por siempre.

Si nos fijamos en las creaciones menos generales, las aplicaciones y los desarrollos concretos, parece que los primeros están en lo cierto. Así, el conjunto de cálculos necesarios para construir un puente está claramente supeditado a ese puente concreto, se ajusta a él, no se ve ningún motivo para suponer que exista con independencia de ese proyecto particular. Lo mismo se puede decir de las matemáticas usadas en la contabilidad de una empresa o en una encuesta de opinión. Pero las creaciones de mayor altura, los conceptos generales y los teorías universales, transmiten una sensación tan intensa de

<sup>25</sup> G. Hardy, *Apología de un matemático*, Nivola, Barcelona, 1999.

<sup>26</sup> J. Jeans, *El misterioso universo*, Ediciones Poblet, Madrid, 1938.

intemporalidad que es difícil escapar a la impresión de que, al contemplarlos, percibimos un algo trascendente.

Porque las matemáticas tienen valor en sí mismas, sin necesidad de relacionarlas con el mundo material. Pero, ¿dónde están?, ¿dónde viven sus conceptos, sus métodos y sus teoremas, como la idea de número primo, el teorema de Pitágoras o la concepción de espacio de un número arbitrario de dimensiones?, ¿existen en algún mundo propio y etéreo, en el que son descubiertas por el hombre? Aunque ésta es una cuestión muy compleja y sutil, cabe decir que, como se explica más arriba, dos grandes escuelas matemáticas tienen opiniones divergentes. Para una de ellas, las matemáticas son invenciones humanas, abstracciones elaboradas por la mente a partir de la observación de las cosas concretas. Para la otra, tienen una existencia propia en algún espacio ideal y trascendente, de forma que los matemáticos no inventan los teoremas: los descubren, del mismo modo que Colón descubrió América o Balboa el Mar del Sur, que ya existían —nadie lo duda— antes de que ellos llegasen.

Esta segunda postura se llama platonismo, porque Platón sostenía una concepción dualista, con un mundo físico de un lado y un reino de las ideas del otro. Las matemáticas estarían en este segundo, teniendo en común con las demás ideas el servir como una especie de modelo o plantilla a los objetos materiales.

Incluso cuando no se lo plantean de modo explícito, muchos matemáticos tienen la intensa sensación de que, muy lejos de inventar nada, descubren algo que ya existía antes, de manera parecida a cuando un biólogo encuentra una especie nueva o un geólogo un mineral antes desconocido, sólo que en un mundo mental. Al menos respecto a sus creaciones más profundas. Entre ellos está Roger Penrose, uno de los grandes cosmólogos de hoy. En su libro *La mente nueva del emperador*<sup>27</sup> pone un ejemplo fascinante, el llamado conjunto de Mandelbrot, extraña figura que se puede generar con un ordenador en un plano mediante la iteración de reglas simples, pero cuya estructura tiene una complejidad asombrosa, en la que se revuelven filamentos, grietas y recovecos, en una sucesión infini-

ta de escalas de tamaños cada vez menores. Esas reglas simples abren la puerta a un paisaje mental de sorprendente complejidad y belleza, que nunca podrá ser conocido por completo porque el número de sus sorpresas es ilimitado, en sentido estricto y literal. Penrose afirma tajantemente que el conjunto de Mandelbrot no es una invención humana: como el monte Everest, está allí. Los dos existían ya desde antes de sus descubridores.

Pero conviene acudir a un ejemplo más sencillo y conocido: tomemos uno del bachillerato. Al resolver ecuaciones algebraicas, como es el caso de las de segundo grado, es preciso enfrentarse pronto con la raíz cuadrada de un número negativo. Esto parece absurdo e imposible porque el cuadrado de cualquier número es siempre positivo. Además, ¿qué puede significar la raíz cuadrada de menos cuatro? La de cuatro es dos y puede representar muchas cosas, por ejemplo el número de zapatos en un par o el de metros en la medida de una mesa. Pero ¿la de menos cuatro? A Gerolamo Cardano, autor en la Italia del XVI de un libro famoso llamado *Arte Magna*, se le ocurrió considerar a esas extravagantes raíces como números tan buenos como 2 o 34. Poco después otro italiano, Raffaele Bombelli, pensó en sumárselas o restárselas a los números ordinarios en expresiones como " $2 + \sqrt{-2}$ " o " $3 - \sqrt{-5}$ ", construyendo así los hoy llamados números complejos. Ninguna cantidad de las que encontramos en la naturaleza es descrita por uno de tales números, ni longitud, ni peso, ni nada que podamos ver, oír o tocar. Pero la estructura así obtenida —aparentemente una idea sin reflejo directo en la realidad— es uno de los elementos básicos de las matemáticas. ¿Los inventó Cardano o ¿vivían en un mundo ideal desde antes o quizá con una existencia intemporal? Es muy intrigante que, cerca de cuatro siglos tras Cardano, esos números complejos sean esenciales en la física cuántica para describir los átomos y las moléculas, para lo que no fueron propuestos. ¿Por qué esa adecuación de conceptos matemáticos profundos a la realidad física en su nivel fundamental?

En el arte encontramos cosas parecidas. Muchos artistas sienten que sus mejores obras han surgido de revelaciones que les muestran un mundo de verdad y de belleza, o simplemente un mundo nuevo y sugeridor, que existía antes de ellos. Picas-

<sup>27</sup> FCE, México, 1996.

so, por ejemplo, decía "yo no busco, encuentro", es decir, descubro por una revelación súbita, no perseguida, de algo que se presenta.

Por eso, no es difícil encontrar paralelismos entre la geometría y la pintura, o entre la aritmética y la música. Porque los matemáticos tienen mucho en común con los poetas, los músicos y los pintores: son constructores de configuraciones mentales. Desde el punto de vista platónico, elaboran esas estructuras sobre el fundamento de descubrimientos, que son incursiones repentinas en el mundo intemporal e inmaterial de las realidades matemáticas. Así decía Niels Bohr, el arquitecto del primer modelo atómico válido: "Al llegar a los átomos, el lenguaje debe ser usado como en la poesía. Como al poeta, al científico no le interesa tanto describir hechos como crear imágenes".<sup>28</sup>

Los pintores se han tenido que enfrentar —al menos desde el Renacimiento— al prejuicio de la realidad que suelen tener los espectadores: todavía hay muchos que, exigiendo fidelidad al modelo, usan como criterio estético que un cuadro "debe parecerse a lo que representa". Pero, desde que el descubrimiento de la perspectiva permitió acercarse a ese ideal, se pudo comprobar cuán falaz es, iniciando luego la pintura un proceso de negación de esa servidumbre que culmina con el arte abstracto y la afirmación absoluta de la libertad creadora, porque es en el mundo imaginario donde hay que buscar los mejores paisajes y retratos.

La geometría siguió un proceso parecido. Nacida de la necesidad concreta de la medición de fincas, como la pintura de representar fielmente personas y cosas, sus primeros pasos vivieron su particular dependencia de la realidad, pues debía entonces ajustarse a su modelo, como si se tratase del retrato de un burgués flamenco. Los elementos de Euclides, por mucho que signifiquen un triunfo de la abstracción, la someten a lo concreto y santifican el prejuicio, porque lo que hacen exactamente es sentar las bases sobre las que las descripciones geométricas del mundo puedan ajustarse con fidelidad a las cosas. Pero por ahí se empieza a colar un mundo del todo imaginario, porque su famoso quinto postulado —dos rectas

perpendiculares a una tercera no se cortan nunca, es decir, son paralelas— sugiere él mismo su propia negación.

Así empieza una de las más maravillosas aventuras del pensamiento humano: la historia de las geometrías no euclidianas. Durante muchos siglos nadie ponía en duda la validez de Euclides, pero la sensación de que había algo inquietante en su quinto postulado afloraba poco a poco. De vez en cuando, algún geómetra intentaba probar que ése era el único posible, ante la incompreensión general, pues ¿por qué dedicar tiempo a una cuestión tan trivial? ¿no es evidente que la abstracción inmediata de las figuras cotidianas —muebles, edificios o barras de hierro— muestra sin lugar a dudas la inevitabilidad del quinto postulado?

La crisis hizo eclosión en el XIX cuando varios matemáticos —el húngaro Bolyai, el ruso Lobachevski y el alemán Gauss— comprendieron que la de Euclides era tan sólo una más de las soluciones posibles. Con ella se podía generalizar la geometría del plano, pero hay otras que parten de la esfera, figura de curvatura constante positiva, o de la pseudoesfera, cuya curvatura, también constante, es negativa.

Estas nuevas concepciones del espacio repugnan nuestra intuición —de la misma manera que algunos críticos de París rechazaron el impresionismo o como cuando la Orquesta Sinfónica de Viena se negó a tocar *Petrushka* de Stravinsky— porque los países nuevos o desconocidos siempre inspiran temor. Pero, poco después, Bernhard Riemann, uno de los grandes de la historia matemática, dio otro gran salto al descubrir lo que hoy se llaman espacios riemannianos o espacios curvos, cuyas propiedades geométricas tienen una inmensa libertad, siendo incluso distintas en cada punto. Siguieron luego otras rupturas: espacios retorcidos, con varios tipos de curvatura y propiedades que no sólo dependen de cada punto sino de cada dirección, espacios topológicos, fractales... en una marcha cada vez más superadora del prejuicio de la realidad, porque —si tienen razón los platónicos— transcurre por un paisaje mental que existe en algún mundo de ideas, inaccesible a los sentidos.

Esta pauta, repetida en todas las ramas de las matemáticas, se asemeja y corresponde con la que siguió la pintura en su lucha por liberarse de la servidumbre del modelo. Por mencio-

<sup>28</sup> Citado por J. Bronowski, *The ascent of man*, Londres, BBC, 1975).

nar algunos ejemplos, las figuras alargadas de El Greco, los extraños monstruos de Picasso o la imaginación desbordada de Kandinsky tienen correspondencias en el mundo de la geometría. En los dos casos esa marcha es impulsada por la convicción de la necesidad de trascender el mundo de la experiencia inmediata, porque muchos universos imaginarios son más hermosos, más sugeridores o más fecundos que este real de las cosas de cada día.

Lo más sorprendente es lo que ocurre después. Algunas de esas configuraciones mentales creadas libremente por la imaginación, sin otro motivo que el placer estético o intelectual, sirven luego para representar lo que pasa en el mundo exterior. Así, los espacios curvos inventados por Riemann, un producto del pensamiento puro, valieron a Einstein, medio siglo más tarde, para elaborar su relatividad general. Es sorprendente y maravilloso que los pensamientos de un matemático que no sale de su ámbito interior sean lo que necesita un físico de la generación siguiente para describir las relaciones entre la materia, el espacio y el tiempo. ¡De nuevo esa misteriosa correspondencia entre la mente humana y el mundo de las cosas medibles y experimentables!

#### NEWTON Y LA MÚSICA

También hay paralelismos entre las matemáticas y la música. En la Grecia antigua, Pitágoras inició una escuela secreta de carácter místico, religioso y filosófico, para la que el número ofrecía un camino hacia lo divino, porque lo veían como la esencia última de la realidad. Imaginaban al universo como un cosmos, es decir, como un orden—por oposición al caos informe—, controlado por la armonía expresable por proporciones numéricas y geométricas. El pitagorismo no era sólo una doctrina, sino una forma de vida basada en la contemplación de la armonía del universo y en la unificación de las tendencias racional y contemplativa de la mente humana.<sup>29</sup>

Pitágoras se sintió impresionado al comprobar que las longitudes de las cuerdas de un instrumento musical correspondientes a intervalos consonantes cumplen relaciones numéri-

cas simples: la octava, 2 a 1, la quinta perfecta, 3 a 2; la cuarta perfecta, 4 a 3... (es falsa la historia según la cual descubrió esas relaciones en los pesos de los martillos con los que un herrero producía sonidos agradables al oído golpeando un yunque: no ocurre de ese modo). Se le presentó así la idea de que las distancias a los planetas estaban también en esas proporciones simples, produciendo sus esferas invisibles una maravillosa música celestial, inaudible para los mortales—aunque él sí la oía según una tradición.

Los pitagóricos estudiaron el número mediante la aritmética y la música—que lo tratan como multitud— y la astronomía y la geometría—que lo hacen como magnitud. Esto explica que la música y esas tres matemáticas hayan permanecido juntas en la educación occidental durante más de un milenio: el *cuadrivium* constaba de esas cuatro disciplinas, las cuatro vías para penetrar en los secretos del mundo (por su parte, el *trivium* agrupaba a gramática, retórica y dialéctica).

Al revés que los matemáticos, los otros científicos deben ajustarse a los experimentos que determinan cómo se comporta la naturaleza. Son también constructores de configuraciones mentales; sólo que no valen todas, sino nada más las que están en buen acuerdo con la experiencia. Pero esto no cambia tanto las cosas como podría parecer, porque todas las teorías que tienen éxito usan estructuras matemáticas o geométricas de gran elegancia formal, a las que se aplica todo lo anterior. Así es, aunque nadie sabe por qué.

Es interesante y curioso el caso de Newton—uno de los mejores matemáticos de la historia y uno de los creadores de la ciencia moderna. Su interés por la música no es muy conocido<sup>30</sup> a pesar de que fue, a la vez, intonso, continuado y paradjico. Esto último porque parece que no tenía ninguna sensibilidad musical. Se dice que estuvo sólo una vez en la ópera: encontró agradable el primer acto, el segundo le aburró y se fue del teatro durante el tercero. Se cuenta también que, tras oír a Haendel tocar el clavicordio, sólo se le ocurrió elogiar la agilidad de sus manos. Pero Newton era un pitagórico, profundamente convencido de que sus *Principios matemáticos de la filosofía natural* eran tan sólo parte de un programa más am-

<sup>29</sup> M. de Guzmán, *Los pitagóricos, en Historia de la matemática hasta el siglo XVII*, Real Academia de Ciencias, Madrid, 1986.

<sup>30</sup> P. Gouk, "The harmonic roots of Newtonian science", en *Let Newton be!* editado por John Fauvel et al., Oxford University Press, 1988.



pio, que pretendía acceder a la armonía más profunda del cosmos. Para él, había una relación muy estrecha entre la gravitación y la música—por mucho que se le escapase la magia de ésta tanto como sentía la de aquélla. Percibía en la música una armonía a la que sólo se llegaba con oídos matemáticos. Un contemporáneo suyo, el médico inglés Thomas Browne, lo comprendía bien, al decir en su obra *Ratigão Médico*: “Hay músicas donde hay armonía, orden y proporción, pues los movimientos ordenados y regulares, aunque no suenan en el oído, también en el entendimiento una nota muy llena de armonía.”

Los manuscritos de Newton demuestran que dedicó muchos esfuerzos al estudio de las relaciones numéricas en la escala musical, que conocía perfectamente. Hasta el Renacimiento se usaba la escala pitagórica, que tenía un fallo fundamental, debido a la incompatibilidad mutua de las consonancias simples. Por ejemplo, si una octava tiene una relación 2 a 1 y una quinta perfecta 3 a 2, un intervalo de siete octavas corresponde a  $2^7$  (el producto de siete doses) y doce quintas a  $(\frac{3}{2})^{12}$  (el resultado de multiplicar doce factores tres medios). Esos dos números deberían coincidir, pero son algo distintos—valen 128 y 129.7—, poco más de un uno por ciento de diferencia. Este desajuste no es grave en músicas homofónicas, pero sí causa problemas en la polifonía. Se propuso entonces otra escala, la está en que, usando sólo relaciones expresables con números enteros, el problema es irresoluble. Dos desarrollos matemáticos aclararían la cuestión: en 1590 aparecieron las fracciones decimales y en 1614 los logaritmos. Newton los usó para inventar una unidad estándar de medida de intervalos: *el semitono bien temperado*, que correspondía a una relación de frecuencias de  $\sqrt[12]{2}$  a 1 (raíz duodécima de dos a uno, o sea, 1.06 a 1), anticipándose al sistema moderno en que la octava se divide en 1200 unidades, con doce semitonos de 100 unidades cada uno. ¿Por qué Newton—que no tenía oído musical—dedicó tantos esfuerzos a desentrañar la escala y a estudiar a los tradidos intervalos? La respuesta se halla en su intenso pitagorismo. Para él, la armonía musical era una manifestación de otra más profunda que impregnaba todo el cosmos y cuyo estudio era la misión de los filósofos naturales—cetero nomine de los

científicos de entonces. Es ésta una idea omnipresente en sus esfuerzos por entender la gravitación y la luz, como se comprueba con claridad en sus manuscritos no publicados. Su confianza en su famosa ley de la gravitación universal se debía precisamente a la asociación entre la música celestial de las esferas, producida por las armoniosas relaciones entre las distancias de los planetas al Sol, y los sonidos de una cuerda vibrante.

Su ley le parecía tan armoniosa—sobre todo el ser la fuerza de atracción inversamente proporcional al cuadrado de la distancia—que llegó a convencerse de que no podía haber escapado a los antiguos. Por eso en la primera edición de sus *Principia* afirma que Pitágoras la conocía ya, por haber encontrado relaciones de cuadrado inverso en las cuerdas vibrantes. Esto se explica porque la frecuencia del sonido de una cuerda es proporcional a la raíz cuadrada de su tensión. Por lo tanto, para producir las relaciones 2 a 1 (octava), 3 a 2 (quinta perfecta) o 4 a 3 (cuarta perfecta), en cuerdas de igual longitud, los pesos que las tensan deberían estar en las relaciones 4 a 1, 9 a 4 o 16 a 9, es decir, según números cuadrados. Le parecía imposible que los pitagóricos no hubieran comprendido ya una manifestación tan clara de la armonía universal.

Esto puede sorprender, acostumbrados como estamos al estereotipo de Newton como el primer científico moderno, radicalmente distinto de los filósofos naturales que florecieron hasta entonces. Estos seguían a veces métodos próximos a concepciones mágicas, sin poner suficiente énfasis en la experiencia y en el análisis sistemático, por lo que sus resultados no tenían la objetividad característica de la ciencia de hoy. Pero otro punto de vista se va estableciendo poco a poco, desde que el famoso economista John Maynard Keynes, tras adquirir en una subasta algunos manuscritos de Newton, publicase un estudio en el que daba mucha importancia a sus raíces en la alquimia medieval y lo describía como

el último de los magos, el último de los babilonios y sumerios... que consideró el universo entero y todo cuanto encierran como un enigma, como un secreto que podía adivinarse por la sola aplicación del pensamiento a ciertos testimonios, ciertas claves místicas que Dios puso en el mundo...<sup>31</sup>

<sup>31</sup> J. M. Keynes, *Essays in biography*, Londres, 1951; P. E. Sparago, “Sotheby’s Keynes

Se están recuperando hoy estos aspectos de Newton, probablemente silenciados hasta ahora en aras de una visión esquemática y unidimensional de la ciencia, como impropios de quien sirve de modelo oficial a la manera moderna de ser científico. Su figura resulta así más compleja—sin que debamos renunciar a usarlo como paradigma del científico, porque la ciencia es una actividad humana mucho más ambivalente y compleja de lo que el estereotipo reinante suponía.

#### LA BELLEZA DE LA CIENCIA

Como Newton, a pesar de las diferencias de lenguaje, muchos otros científicos comparten desde entonces la fe de los pitagóricos, al sentir que la ciencia descubre la armonía universal de las leyes de la naturaleza y por eso su estudio es para ellos una contemplación estética. Incluso algunos muy poco dados a expresiones emocionales son muy claros a este respecto. Así, Steven Weinberg, uno de los más grandes físicos de partículas elementales de la última parte del siglo XX, dice al final de su famoso libro *Los tres primeros minutos del universo*.<sup>32</sup> “El esfuerzo por comprender el universo es una de las muy raras cosas que eleva la vida humana un poco por encima del nivel de la farsa y le confiere algo de la gracia de la tragedia.”

El inglés Paul Dirac, uno de los creadores de la física cuántica, descubrió la teoría relativista del electrón y es, por ello, miembro del selecto club de quienes han dado su nombre a una ecuación fundamental de la naturaleza, junto con Newton, Maxwell, Clausius, Einstein, Schrödinger y muy pocos más. Era un pitagórico convencido que basaba su particular método científico en la elegancia de sus estructuras matemáticas. No es que despreciase los experimentos: simplemente no era eso lo que le movía, no recatándose de decir: “es más importante poner belleza en nuestras ecuaciones que hacerlas coincidir con los experimentos.”<sup>33</sup> Platón estaría de acuerdo. Al

and Yahuda” en *The investigation of difficult things. Essays on Newton and history of the exact sciences*, editado por P. M. Hartman y A. E. Shapiro, Cambridge University Press, 1992.

<sup>32</sup> S. Weinberg, *Los tres primeros minutos del universo*, Alianza, Madrid, 1977.

<sup>33</sup> P. Dirac, *Scientific American*, mayo de 1968.

cumplir sus 80 años fue invitado a resumir su obra en un congreso internacional celebrado en honor suyo en Nueva Orleans. El significativo título de su conferencia, *Pretty mathematics* (“Matemáticas bonitas”), expresa su método de trabajo: “Me he dedicado toda mi vida a buscar relaciones matemáticas bonitas y cuando he encontrado alguna, he seguido la pista.” Dirac buscaba la belleza pero, siendo profundamente antirretórico y enemigo de las grandes palabras, hablaba sin pretensiones de matemáticas bonitas (era lacónico en extremo). Cabe recordar aquí a Newton cuando se comparaba con un muchacho alegre por haber encontrado piedras más bonitas que de ordinario (usando también, por cierto, la palabra *pretty*). La famosa teoría relativista del electrón surgió de detectar una relación matemática armoniosa y simple (que se me perdona por el tecnicismo: Dirac comprendió que un cierto operador diferencial de segundo orden podía escribirse como un producto de dos de primero). El método pitagórico dio aquí el ciento por uno, porque valorando la belleza por encima del experimento, abrió la puerta a la teoría física más exacta y con mejor acuerdo en las medidas del laboratorio: la electrodinámica cuántica. Siempre he comparado esta anécdota con la construcción de algunas obras musicales a partir de un acorde o de un tema melódico, quizá como el primer movimiento de la quinta sinfonía de Beethoven, o el segundo de la también quinta de Tchaikowski.

Pero la belleza es equívoca, como saben muy bien los artistas. Dirac la buscó muchas otras veces, construyendo algunas teorías bellísimas que no parecen tener nada que ver con el mundo real—como su propuesta de los monopolos magnéticos, que nadie ha encontrado todavía, a pesar de basarse en un modelo de gran elegancia matemática (pero conviene suspender el juicio: quizá lleguen a encontrarse).

Sin duda las grandes teorías científicas son estructuras de una gran belleza. Por eso decía el matemático inglés Hardy que “no hay nada en el mundo que produzca mayor placer que descubrir o redescubrir un teorema”. Demócrito aseguraba: “Vale más descubrir una relación causal que recibir la corona de Persia”. El francés Poisson aseguraba que las dos razones por las que la vida merecía vivirse eran descubrir y enseñar matemáticas. Es posible que los no científicos vean esta frase

como muestra de una obsesión patológica, seguramente con razón, pero ¿es tan diferente de la que empujaba a Beethoven a crear sus tremendos cuartetos desde su patética soledad, a Richard Strauss a componer sus *Melamorfosis* en medio del humimiento de Alemania o a Goya a pintar frenéticamente negras figuras aislado en la Quinta del Sordo?

Es difícil describir en qué consiste la belleza de una teoría. La palabra estética viene del griego *aisthesis* que significa sensación: o sea, que fue inventada para el mundo de los sentidos. Los tratadistas hablan de *cognitio sensitiva perfecta*, que la define como conocimiento perfecto de lo sensible. Lo de la ciencia sería más bien una *cognitio intellectiva perfecta*. ¿Cuáles son las cualidades estéticas de la ciencia?

Sin duda está entre ellas la *simplicidad* en relación con el resultado, es decir, la economía de medios. Sorprende por ejemplo que, sólo con dos postulados breves:

1) Dos observadores que se mueven con velocidad relativa constante ven las mismas leyes naturales. 2) La velocidad de la luz es la misma para los dos, Einstein haya podido construir el impresionante edificio de la relatividad especial, que tan maravillosamente describe como se manifestaban el espacio y el tiempo.

Otra cualidad de la belleza suele ser su *carácter inesperada*, como la invariancia de la velocidad de la luz, que cogió a todos por sorpresa cuando Einstein la propuso; o la afirmación de Heisenberg, tras enunciar su principio de incertidumbre, de que había que abandonar la idea de causalidad tal como era entendida en el siglo XIX, al decir: "en la proposición 'si conocemos el presente podremos deducir el futuro', lo que falla no es la conclusión, sino la premisa". ¡A nadie se le había ocurrido la posibilidad de una negación tan radical de la causalidad clásica! También un cierto grado de *inevitabilidad*, aunque antes de aparecer esa idea nadie se hubiese dado cuenta.

Hay otra cualidad estética en la que ciencia y arte se diferencian mucho. En un cuadro o en un texto hay que distinguir entre las estructuras que sostienen y las que significan, con una independencia mutua total. Un poema con una construcción verbal sutilísima puede estar al servicio de una idea ya sin validez o incluso perversa; o un cuadro maravilloso dedicarse a la alabanza de una persona despreciable. Esto no les hace perder su valor como obra de arte. Un ejemplo aparece en las

*Coplas por la muerte de su padre* de Jorge Manrique, una cumbre de la literatura española. Es un poema profundo, maravillosamente sereno, que transmite una sensación intensa de equilibrio y hondura moral. Pero, hacia su término, la muerte visita al caballero y le dice que ganará una "vida tercera de gloria" por sus muchas buenas obras: "E pues vos, claro varón, / tanta sangre derramastes / de paganos / esperad el galardón / que en este mundo ganastes / por las manos; / e con la fe tan entera / que tenéis, / partid con buena esperanza, / qu'estotra vida tercera / ganaréis." El verso contiene una idea que hoy nos repugna, pero no deja por eso de ser una gran obra literaria. En cambio, en ciencia todo tiene que someterse al significado. Si éste ya no vale, toda la obra se hunde y sólo le puede quedar un valor histórico. Heisenberg lo expresaba diciendo: "La belleza de una obra científica es el respaldador de su verdad".

A la vista de lo anterior, sorprende que haya una brecha tan marcada entre los científicos y los artistas. Sin duda se debe a la inercia de los hábitos mentales que predominan en las dos comunidades. Entre los científicos abundan los espíritus de geometría de que hablaba Pascal; entre los artistas, los de sutileza. Pero conforme ascendemos por los niveles de la creatividad, se ve cómo se diversifican las posturas personales en los dos bandos. Las grandes obras científicas son necesariamente maravillosas explosiones de sutileza y hay siempre en ellas relaciones y elementos importantes de analogía y de intuición, no justificadas por la lógica. Veamos lo que dice el físico Freeman Dyson de su amigo el gran Richard Feynman:

La razón de que sus propuestas fuesen tan difíciles de captar por los físicos ordinarios era que no usaba ecuaciones. Tenía una visión intuitiva de cómo ocurren las cosas, que le daba las soluciones directamente con un mínimo de cálculo. No me sorprende que los que habían pasado sus vidas resolviendo ecuaciones estuviesen desconcertados por sus ideas. Sus mentes eran analíticas; la suya, pictórica.<sup>34</sup>

Pero hay dos tipos de argumentos en contra de la idea de belleza en la ciencia. Muchos dicen que la idea de lo bello es sub-

<sup>34</sup> F. Dyson, *Disturbing the universe*, Harper and Row, Nueva York, 1979. Hay versión en español: *Trastornando el universo*, FCE, México, 1983.

jetiva, mientras que la ciencia se ocupa sólo de cosas objetivas en las que todos deben estar de acuerdo una vez examinados los experimentos y los cálculos. Además, los ideales estéticos cambian con la historia, pero las leyes científicas se suponen permanentes. Por lo tanto, para algunos científicos la belleza aparece confinada en la ciencia a situaciones simples relativas a las grandes leyes naturales, que son poco representativas del trabajo diario en un laboratorio.

Estas dos objeciones nos ayudan a entender lo que pasa. Respecto a la primera, la objetividad de la ciencia no impide que produzca una impresión estética cuyos matices varíen en el tiempo, como también ocurre con el arte. Por otra parte, cuando se habla de belleza en la ciencia, suele ser con referencia a un modelo platónico, definido por las ideas de orden y medida, correspondencia entre partes, armonía y proporción. Tomemos el ejemplo de la teoría de las fuerzas fundamentales, la que trata de cómo son los constituyentes más elementales de la materia. Se basa en lo que se llama teorías *gauge*, de las que se dice que son bellas por el papel tan primordial que otorgan a la idea de simetría, que toman como un postulado de clara naturaleza estética. Sin embargo la usan en una forma muy general y distorsionada, que trasciende a la versión más simple del modelo platónico.

Conviene recordar aquí la distinción, muy clara en la pintura, entre elementos que sostienen y elementos que expresan o significan (Eugenio D'Ors hablaba de formas que se apoyan y formas que vuelan). Los primeros dominan en el arte clásico, los segundos en el barroco. A veces los elementos de apoyo están más o menos ocultos por los que significan. Algo parecido ocurre en la ciencia. Los elementos que sostienen son las grandes teorías que describen las fuerzas fundamentales que conforman la materia, la gravitación o el electromagnetismo por ejemplo. En ellas brilla una belleza intemporal y serena, basada en la armonía de sus partes y en la que las matemáticas estructuran el conjunto. Pero también hay en la ciencia elementos que expresan, manifiestos sobre todo en situaciones complejas en las que la acumulación de fuerzas y componentes deja en segundo plano a las leyes básicas.

El viaje de la ciencia para liberarse del rígido ideal platónico se inició a principios del XVII, cuando un matemático pro-

fundamente impresionado por la belleza del cosmos, así era Kepler, descubrió las leyes del movimiento de los planetas. Lo consiguió al dedicarse a abandonar las trayectorias circulares, que se consideraban inevitables por ser las más perfectas y armoniosas, tras comprender que los planetas siguen elipses, cuya estructura matemática es menos simple, quizá menos perfecta, pero mucho más rica, múltiple y fecunda, precisamente por eso. Sólo así se pudieron obtener todas las consecuencias de la revolución heliocéntrica.

Tras Kepler, la ciencia empezó a bajar de las cumbres puras de las altas montañas a las junglas de lo complejo (véase la metáfora de Dyson en la página 96), pero continuó también descubriendo nuevas cumbres, la última: la física cuántica en los años veinte. Partiendo de la simplicidad intemporal y armoniosa del Sistema Solar y la gravitación, donde dominan las estructuras que sostienen, ha llegado a la frontera de la complejidad, en campos muy diversos, desde los fluidos hasta el cerebro y la vida a nivel molecular, donde todo es expresión, aunque el electromagnetismo y la física cuántica actúen por debajo como elemento sostenedor. En ese viaje incorporó también la belleza funcional, tan querida en el diseño, como algo propio de las aplicaciones tecnológicas y también otras formas de lo bello, como lo immedible y caracterizable sólo por el gusto, el puro ornamento o la sensación de maravilla y de sorpresa ante lo inesperado. Por eso negar la estética de la ciencia porque los fluidos o la bioquímica parecen menos armoniosos que la gravitación sería parecido a negar la del arte por haberse alejado del ideal clásico. El paralelismo no es casual: ciencia y arte son, aunque muy distintas, dos maneras de ejercer la proyección humana, o sea de salirnos de nosotros mismos, un anhelo que nos separa definitivamente de los animales.

Pero la interpretación de la belleza de la ciencia en términos platónicos pervive en el siglo XX como atestiguan Einstein, Dirac o Heisenberg. El modelo platónico asociaba lo verdadero, lo bello y lo bueno en una trinidad indisoluble, lo que sirvió de justificación a interferencias entre las tres esferas de la ciencia, el arte y la moral; la más famosa, el caso Galileo. De modo no sólo implícito, inconsciente o subliminal sino también explícito y deliberado, la unión de la belleza y la verdad de la ciencia sirve a algunos para reclamar para ella un papel

director de los asuntos humanos que trasciende a su función. Las tres esferas, cuya separación fue un gran triunfo de la Modernidad, se unificarían de una forma nueva. Es cosa seria en la que conviene pensar.

#### IV. El asombro

##### LA LECHUZA DE ATENEA Y LA CIENCIA

Los griegos tomaron la lechuza como símbolo de la filosofía, porque sólo pueden ser sabios quienes se asombran ante el mundo, como parece hacerlo ella con sus ojos tan abiertos continuamente. Por eso la representaban junto a Atena, la diosa de la sabiduría, como siguieron haciendo los romanos con Minerva. Para Ortega y Gasset, podría simbolizar también a la ciencia, surgida siempre del intento de responder a preguntas que nadie puede hacerse sin sentir antes sorpresa y fascinación ante las cosas. Sin duda estaría de acuerdo Einstein, para quien la experiencia del misterio del mundo era la más maravillosa que se pueda sentir, como expresaba en su frase citada en la página 51.

Esto puede parecer extraño a muchos, pues pervive todavía la creencia decimonónica de que la ciencia, al reducirlo todo a reglas y números, ha matado la maravilla del mundo. Desde esa percepción, no hay nada de qué asombrarse: sabemos muy bien cómo son las cosas y por qué se comportan así desde que se han descubierto las leyes básicas de la materia—faltan algunas, pero acabarán por ser conocidas antes o después, seguramente pronto. No cabe ya la sorpresa.

Hay dos posturas intelectuales sobre las que se apoya esa visión desencantada del mundo: el mecanicismo y el positivismo. Por un lado, los grandes éxitos de la astronomía del XIX convenciéron a muchos de que ya teníamos la clave absoluta del comportamiento de la materia: todo parecía seguir las bellas y eficaces leyes del movimiento descubiertas por Newton. Si bien era difícil a veces aplicarlas efectivamente a situaciones complicadas, eso parecía tan sólo una cuestión técnica, resolta-

ble en el futuro con el descubrimiento de mejores métodos matemáticos. Ya eran conocidas las leyes fundamentales: a la naturaleza no le quedaba ya ninguna carta bajo la manga.

Las posturas positivistas tampoco dejan lugar para el asombro: según ellas, el mundo es así y no hay nada más. El orden y el desorden son meras invenciones humanas, útiles para clasificar los datos de la experiencia; las ideas tales como armonía de las leyes naturales no tienen ningún sentido.

Pero, incluso desde cualquiera de estos dos puntos de vista, hay que admitir que el mundo o nuestras observaciones sobre él obedecen leyes o siguen pautas simples y no sabemos por qué. Más aún: no tenemos ni la menor idea. Una primera mirada al mundo detecta muchas regularidades: el Sol sale todos los días, los cristales de nieve son muy parecidos aquí y allí, el agua hierve siempre a cien grados al nivel del mar, la gravedad mantiene constante su mismo valor en cada punto del mapa y varía ligeramente de un lugar a otro siguiendo una regla muy sencilla, los animales y plantas se parecen a sus padres... La ciencia es capaz de reducirlos todas a esquemas básicos—las leyes de los átomos o de la electricidad o de la herencia biológica—, pero sigue siendo sorprendente que esas pocas leyes tengan una validez tan universal. Tanto que me parece pueril despacharla diciendo simplemente que la idea de orden es sólo una invención humana impuesta a la naturaleza.

La Tierra se mueve siguiendo la misma ley de la gravitación que nos obliga a permanecer pegados al suelo. Es algo tan familiar y habitual que parece difícil imaginar un mundo en que ocurriese de otro modo ¿Cómo sorprenderse de algo tan consuetudinario? Todos hemos repetido la ley de la gravitación universal de Newton en nuestros estudios de adolescencia, aquello de “dos cuerpos se atraen con un fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente al cuadrado de su distancia”. La Tierra y el Sol se atraen igual que lo hacen la Tierra y mi cuerpo o Júpiter y el Sol o nuestra galaxia Vía Láctea y la de Andrómeda. Con un poco de matemáticas—de las más simples— es posible deducir de esa idea cómo son las órbitas de los planetas o el movimiento de los cuerpos en la superficie de la Tierra. Es algo tan asumido que no reparamos en lo sorprendente que es.