

Este libro trata del conocimiento astronómico que tenemos del Universo, que tiene su principio y fundamento en las ideas del espacio y del tiempo. Un Universo que nos muestran los sentidos y que se hace consciente misteriosamente en el cerebro, que elabora modelos mentales y teorías científicas con el propósito de describirlo, comprenderlo y, en la medida de lo posible, dominarlo. En astronomía, todas las teorías y modelos acerca del Universo giran alrededor de los conceptos abstractos de espacio y tiempo. Pero, ¿qué son realmente el espacio y el tiempo? ¿En qué consisten los modelos teóricos espaciotemporales del Universo?

Siempre me ha intrigado el hecho histórico de que los hombres de diferentes épocas y culturas han concebido el Universo de maneras muy diversas. Los modelos cosmológicos actuales, por ejemplo, el modelo estándar de la «Gran Explosión» inicial con que comenzó todo el mundo material, que los astrónomos de hoy día llaman familiarmente el modelo del «Big Bang», no se parecen en nada a los modelos de Universo que han tenido nuestros antepasados. Desde los tiempos del hombre primitivo de las cavernas hasta la época científica actual, la concepción de lo que es el Universo ha ido cambiando drásticamente a través de los siglos. Nuevos modelos han ido sucediendo y descartando a los anteriores, y estoy seguro que las concepciones y modelos cosmológicos modernos, a pesar de sus pretensiones de objetividad científica, serán sustituidos por otros diferentes en los siglos futuros.

Podemos representar los tres grandes modelos de la estructura del Universo que se han sucedido en el pasado con tres metáforas. La primera es la animista, que concibe el Universo como un «ser vivo» dotado de alma e incluso de razón. Nos consta que los hombres más primitivos y salvajes de las primeras culturas pensaban que los

cielos estaban animados y que los astros eran seres vivos o dioses. Pero no sólo ellos, también SÓCRATES, PLATÓN o PLOTINO en la antigüedad clásica y GILBERT o William JAMES en tiempos modernos creían que el Universo está vivo. La segunda metáfora es la de una «sociedad jerárquica», formada por objetos individuales ordenados según su naturaleza y función para el bien común del conjunto total. Es la concepción típicamente religiosa de la Biblia y de la fe cristiana, según la cual el Universo creado y ordenado por Dios, desde los cuerpos materiales hasta los ángeles, es gobernado por la divina Providencia. Finalmente, la tercera metáfora es la de la «máquina». El Universo es como una máquina, como un sistema de partes móviles interdependientes y ligadas entre sí, desde la más pequeña a la más grande, por una cadena ininterrumpida de causas y efectos. Es el Universo materialista de LUCRECIO en la Roma antigua, que culmina con la mecánica de GALILEO, DESCARTES y NEWTON en el siglo XVII.

Desde que los griegos de la época clásica, hace ya más de dos milenios, comenzaron la especulación filosófica y científica, los modelos de Universo se han venido construyendo a partir de observaciones empíricas. En la antigua Grecia surgió por primera vez en la historia algo nuevo e inaudito: el paso del pensamiento mágico al razonamiento lógico en la comprensión y explicación del mundo. El pueblo griego, como los demás pueblos de las culturas primitivas, tenía una mitología que explicaba cómo surgió y cómo funcionaba el mundo, lo que llevaba implícito un conjunto de normas para el comportamiento humano. Pero hacia el año 600 a.C. comenzó en Jonia una corriente de pensamiento, con TALES DE MILETO, ANAXIMANDRO y otros, que culminó en Atenas en el siglo IV a.C. con SÓCRATES, PLATÓN y ARISTÓTELES, según la cual se descartaba la creencia de que los dioses mitológicos gobernaban y manipulaban a su antojo al hombre y al mundo, y afirmaba que el mundo físico tiene una estructura propia que funciona invariablemente según su propia naturaleza. Para estos pensadores, el mundo no podía ser el campo de la acción arbitraria de dioses movidos por pasiones de cólera, amor o venganza y que, según se creía general-

mente entonces, podían hacerse propicios con ofrendas piadosas. Con una visión nueva y revolucionaria, liberados de supersticiones mitológicas, estos hombres estaban convencidos que el mundo era una estructura más o menos complicada que actúa siguiendo leyes intrínsecas y eternas y, sobre todo, que *podía ser comprendida* por el hombre. Naturalmente, sentían curiosidad por descubrir esa estructura natural del mundo y para ello bastaba con observarla cuidadosamente. Nosotros hemos heredado esa curiosidad que, hasta nuestros días, constituye la actitud fundamental de la ciencia.

Partiendo de la observación de la bóveda celeste y del movimiento de los astros en el Firmamento, los griegos crearon entonces diferentes modelos cosmológicos, algunos realmente ingeniosos, entre los que terminaron por predominar los formados por esferas que giran alrededor de la Tierra inmóvil que ocupa el centro. El prototipo de esta clase de modelos fue el Universo geocéntrico de TOLOMEO, que estuvo vigente hasta que las observaciones de los astrónomos comprobaron que la Tierra no ocupa el centro del Universo ni está inmóvil, sino que gira en torno del Sol como los demás planetas. El Universo de COPÉRNICO con centro en el Sol sustituyó entonces al de TOLOMEO, que había resultado falso. Pero también el Universo heliocéntrico de COPÉRNICO se mostró posteriormente equivocado. El Sol no ocupa realmente el centro del Universo, sino que gira alrededor del centro de la Galaxia o Vía Láctea. Durante mucho tiempo se creyó que la Vía Láctea inmóvil en el espacio comprendía todo el Universo material, hasta que los astrónomos descubrieron millones de galaxias exteriores semejantes a la Vía Láctea. También resultó que la estructura del Universo no era estática, como pensaban los astrónomos, sino que por el contrario todas las galaxias están en expansión. En frase del profesor Jesús MOSTERÍN, *«la historia de la ciencia es un cementerio de ideas plausibles y evidentes para sus autores que luego resultaron no corresponder a la realidad»*.

¿Por qué el hombre se equivoca tanto? La razón hay que buscarla en el alcance y en los límites del conocimiento humano. Hasta tiempos muy recientes, prácticamente todo el mundo ha vivido en la falsa creencia de que las cosas son como las vemos. También los

filósofos y científicos tanto antiguos como modernos. Ya en el siglo cuarto antes de Cristo, cuando le preguntaron a EPICURO DE SAMOS lo grande que era el Sol, respondió que *«tan grande como parece serlo, es decir, aproximadamente de un pie de diámetro»*. Este realismo infantil e ingenuo fue difundido casi tres siglos más tarde en Roma por LUCRECIO, apasionado seguidor de EPICURO. En su famoso poema *De Rerum Natura*, en el libro V, afirma que *«La rueda del Sol y el calor que de él emana no puede ser mucho mayor ni menor de como aparece a nuestros sentidos, ya que no podemos quitar ni añadir nada a sus dimensiones reales»*. La Luna, por su parte, tiene *«un tamaño en nada mayor a aquel con que la ven nuestros ojos»*, de manera que *«desde aquí la vemos con el mismo volumen que tiene en lo alto»*. Finalmente, las estrellas *«sólo pueden ser o muy poco menores o muy poco mayores de cómo las vemos»*. Tan desconcertantes afirmaciones se basaban en la creencia epicúrea de que nuestros sentidos no nos engañan nunca cuando su testimonio es claro.

Lo que está claro, por el contrario, es que los sentidos nos engañan sistemáticamente. Los sentidos no reflejan la realidad objetiva, sino lo que resulta útil para sobrevivir. Creo que es de suma importancia para todos, pero especialmente para los científicos, reconocer que el conocimiento del mundo es esencialmente engañoso. Por no admitir que los sentidos se equivocan, en efecto, en la investigación científica se ha cometido con frecuencia el error de confundir la teoría y el modelo con la realidad objetiva. Por eso, teorías y modelos científicos se han tenido que abandonar y sustituir por otros cuando la experiencia ha demostrado que son falsos. En su reciente libro *El cerebro nos engaña* (2000), el profesor Francisco RUBIA explica lo poco fiable que es el conocimiento de la realidad objetiva a través de los sentidos. *«Desde el punto de vista de las funciones cerebrales, —escribe— poco importa cómo la realidad exterior sea, lo que al cerebro le interesa es más bien cómo el cerebro puede utilizarla para la supervivencia del organismo. Este tema plantea problemas filosóficos, ya que apenas tiene sentido el planteamiento de una realidad externa que siempre va a ser desfigurada por el cerebro; o, mucho menos, el planteamiento de la “cosa en sí”, sabiendo que el cerebro no la va a percibir nunca tal y*

*como es». Y añade más adelante: «Es terrible tener que afirmar que los sentidos no existen para reflejar la realidad exterior, sino para la preservación de la especie».*

En la evolución de especies, en efecto, se han ido desarrollando mecanismos que favorecen la adaptación y supervivencia de los organismos vivos. La evolución se produce por mutaciones aleatorias y ciegas de los genes, que los seres vivos transmiten a su descendencia. Unas veces las mutaciones son favorables, mientras que otras, la mayoría, son nocivas o neutras para poder sobrevivir frente a las fuerzas de la naturaleza y a los peligros del medio ambiente. Las mutaciones favorables producen mecanismos o sistemas de adaptación y supervivencia, pero las mutaciones neutras o nocivas no originan tales mecanismos. En la historia de la vida sobre la Tierra, desde su comienzo en el mar hace más de tres mil millones de años hasta nuestros días, las condiciones ambientales han ido cambiando más o menos drásticamente. Épocas tórridas han sucedido gradual y periódicamente a épocas glaciales muy frías. Periodos lluviosos han seguido a otros muy secos. Y de vez en cuando han ocurrido verdaderas catástrofes a escala planetaria, como grandes erupciones volcánicas extendidas por casi toda la Tierra o colisiones de cometas y gigantes meteoritos, que han extinguido de golpe miles y hasta millones de especies vivas. Para colmo de males, las mismas especies que han podido adaptarse mejor y resistir a los peligros ambientales se han visto obligadas a devorarse y eliminarse entre sí para conseguir alimentos y poder sobrevivir.

En esa lucha por la existencia, partiendo de seres unicelulares sencillos, la evolución genética ha ido desarrollando y seleccionando a lo largo de millones de años organismos pluricelulares muy complejos, como son los animales superiores y entre ellos nosotros, que han sobrevivido a otros seres vivos porque están mejor dotados para adaptarse a las circunstancias cambiantes del entorno y para defenderse de otros organismos depredadores. Durante este proceso de evolución selectiva apareció en las medusas que flotaban en el agua de los mares, hace unos 600 millones de años, un mecanismo de defensa sorprendente: la célula nerviosa o neurona.

La neurona es una célula que realiza el «milagro» de detectar las señales o estímulos del mundo exterior y de reaccionar automáticamente frente a ellos. Como todas las células eucariotas tienen un núcleo normal con su dotación genética dentro del cuerpo celular, pero poseen además pequeñas ramificaciones o filamentos que se prolongan fuera de la célula, las dendritas, y una larga y complicada prolongación tubular, el axón. Cuando un estímulo exterior llega a la célula nerviosa las dendritas lo detectan y se produce una señal eléctrica a lo largo del axón, que se transmite a otras estructuras del organismo haciéndolas reaccionar. En las medusas primitivas, al parecer los primeros organismos que «inventaron» tan elaborado e improbable mecanismo, existía una red de muy pocas neuronas. Pero funcionaban con una eficacia total. Bastaba que un depredador o un cuerpo extraño las rozase para que salieran huyendo y emitirían, además, una sustancia venenosa urticante. Un mecanismo de defensa gracias al cual las medusas han conseguido sobrevivir hasta nuestros días, casi sin cambios, como ocasionalmente tienen ocasión de comprobar los bañistas de nuestras playas que son «picados» por el veneno de las medusas.

El funcionamiento de las neuronas se fue perfeccionando y complicando al evolucionar las especies animales. Unas neuronas se unieron a otras constituyendo redes neuronales de una complejidad asombrosa, que forman el sistema nervioso de las especies superiores. En los mamíferos, y en particular en el hombre, el sistema nervioso regula todos los aspectos de las funciones corporales. Millones de neuronas especializadas detectan a través de los sentidos estímulos tanto del exterior como del interior del propio organismo –luz, sonido, tacto, presión, dolor, concentración de sustancias químicas– y transmiten esta información a otras neuronas, que la procesan y almacenan. El cerebro, centro de control que integra, almacena, programa y transmite información, está formado por cientos de millones de neuronas, cada una de las cuales está conectada por lo menos con un millar de otras neuronas.

18 La investigación biológica actual ha descubierto la estructura y función de las neuronas individuales con gran detalle, aunque su

funcionamiento en conjunto presenta todavía muchos enigmas. Los histólogos y neurobiólogos han descubierto, por ejemplo, que los impulsos eléctricos se transmiten a lo largo de cada neurona y que podemos explicar esa conducción en términos de proteínas específicas de la membrana plasmática que regulan la entrada y salida de iones eléctricos de sodio y potasio hacia dentro y hacia fuera de la célula. El flujo y oscilación periódica de esos iones es lo que constituye la señal eléctrica. Conocemos muchas cosas acerca de las proteínas de la membrana celular de ciertas neuronas, por ejemplo, de las células fotorreceptoras del ojo, que captan los fotones de la luz y producen impulsos eléctricos. Estas señales eléctricas pasan de una neurona a otra mediante determinadas moléculas, los neurotransmisores, a través del diminuto espacio que las separa, la sinapsis. Todo un complejo y asombroso mecanismo físico-químico, que la evolución ha ido configurando debido a las ventajas que tiene para la supervivencia del organismo.

El mundo exterior que, a través de los sentidos, perciben y registran las neuronas es de una gran complejidad. La radiación luminosa que llega al ojo, por ejemplo, incide en todas direcciones y con un espectro amplísimos de longitudes de onda, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio pasando por los rayos X y la luz infrarroja, visible y ultravioleta. Pero es que, además, junto con la luz llegan una infinidad de estímulos diferentes. Llegan chorros de moléculas, de átomos, de partículas elementales, de feromonas o de sonidos. ¿Por qué el ojo sólo capta la luz visible con una longitud de onda entre cuatro mil y ocho mil Angstroms? ¿No sería mejor que viéramos también los rayos X, como Superman, o la luz infrarroja que nos permitiría ver en la oscuridad de la noche? ¿Por qué el ojo no percibe sonidos, mientras el oído sí lo hace? ¿Por qué en lugar de dos no tenemos ocho ojos como las arañas? La evolución filogenética nos da la explicación. El organismo humano procede por mutación al azar de los genes de otros organismos que lo precedieron, que a su vez son mutantes de otros organismos vivos anteriores. La evolución se desarrolla así sobre lo ya existente por mutaciones ciegas, que modifican los órganos y mecanismos preexistentes, y no tienen una

finalidad específica. La especie humana tiene dos ojos, por ejemplo, porque los mamíferos de los que procede tenían dos ojos.

En esa cadena evolutiva, la selección natural ha favorecido los seres vivos mejor dotados de órganos o mecanismos aptos para la supervivencia. Las redes de neuronas son uno de esos mecanismos maravillosos, que permiten al organismo conectarse con el medio ambiente y adaptarse al mismo. Son el puente entre la realidad exterior y el ser vivo. Pero, así como un puente no une directamente un punto de la orilla del río con *toda* la ribera opuesta a lo largo de muchos kilómetros, las neuronas tampoco pueden conectar físicamente con todos los estímulos de todos los tipos que llegan hasta ellas. Las redes de neuronas visuales no pueden ver todas las radiaciones que inciden en el ojo y, mucho menos, oír a la vez ruidos y detectar otros estímulos. Las neuronas quedarían saturadas y abrumadas por millones de estímulos y no servirían para nada, y la especie se extinguiría. Las neuronas han tenido que especializarse y filtrar las señales exteriores para sobrevivir. Esta es la razón fisiológica fundamental por la cual los órganos sensoriales no pueden de ninguna manera percibir la realidad exterior de forma completa y objetiva, sino sólo fragmentaria y selectivamente. Nuestros sentidos nos muestran cosas del mundo exterior, pero nos ocultan muchas más.

Como consecuencia de estas limitaciones en la captación del mundo exterior, nuestro cerebro nos engaña. Nos engaña tanto en el conocimiento de nosotros mismos como del mundo que nos rodea. Porque, ya que no puede conocerlo tal como objetivamente es en sí mismo, el cerebro crea una imagen interior del mundo exterior a partir de lo relativamente poco que nuestros sentidos perciben de la realidad exterior. Esas imágenes o percepciones sensibles del cerebro humano son el origen del pensamiento consciente. Cuál es la naturaleza del pensamiento consciente del hombre y cómo las neuronas cerebrales se han organizado por evolución en redes que lo producen es un enigma todavía por resolver. De lo que no cabe duda es de su utilidad para que podamos sobrevivir, porque son como un «mapa» o una «fotografía» mental interior del mundo exterior, que nos permite reaccionar y orientarnos para sortear peligros y deambular por

nuestro entorno sin que tropecemos o nos estrellamos con la dura realidad del medio en que vivimos.

La fotografía, con todo, no es lo mismo que la representación mental. Una fotografía representa siempre un objeto y, aunque sabemos que la imagen fotográfica no es el objeto real, estamos seguros, si la fotografía no está trucada, que corresponde a ese objeto. La foto de nuestra madre no es nuestra madre, sólo es una imagen estática e imperfecta de nuestra madre que nos sirve para acordarnos de ella. Nuestro cerebro, sin embargo, no funciona lo mismo que una placa o una película fotográfica. Es más bien algo así como un detector electrónico vivo y dinámico. Las operaciones neuronales que producen el pensamiento posibilitan no sólo la formación de una imagen estática en el interior del cerebro de la realidad exterior tal como nos la presentan los sentidos, análogamente a lo que hace la fotografía, sino que además combinan esas representaciones mentales entre sí, y con otras guardadas en la memoria, para crear nuevas imágenes y escenas interiores en movimiento, según programas lógicos existentes ya en la red de neuronas cerebrales. Surge de esta forma la construcción mental de una realidad virtual, de un mundo interior hipotético y posible que se puede proyectar al exterior confundiénolo con la realidad del mundo exterior. La trampa y el engaño del cerebro consiste precisamente en eso, en confundir lo interior con lo exterior y hacernos creer que la realidad objetiva del Universo fuera de nosotros es ese mundo virtual que existe en nuestro interior.

Todos nuestros pensamientos, todas las teorías científicas o todos los modelos cosmológicos del Universo no son otra cosa que esa creación mental de una realidad virtual. Consideremos, por ejemplo, las teorías físicas de la luz. ¿Qué es la luz según la ciencia moderna? La teoría corpuscular establece que la luz está constituida por corpúsculos de energía, los fotones, mientras que la teoría ondulatoria afirma que son ondas. Son dos teorías opuestas y excluyentes de carácter matemático, con las que los físicos actuales explican los fenómenos luminosos que observamos. Unas veces resulta más conveniente considerar que la luz está formada por fotones (efecto fotoeléctrico, etc.) y otras por ondas (fenómenos de difracción, inter-

ferencias luminosas, etc.). Aceptar una u otra teoría es una cuestión convencional, según lo que resulte mejor para describir fielmente los fenómenos observados. Pero entonces, ¿en qué quedamos? ¿Son ondas o corpúsculos lo que constituye la luz? Objetivamente ni ondas ni corpúsculos. Como tampoco es matemática su estructura real. Las teorías son matemáticas, no la luz. De la misma manera hay fotones en la teoría corpuscular y ondas en la teoría ondulatoria, pero no hay realmente ninguna de las dos cosas en la luz misma.

Igual ocurre con las teorías astronómicas y los modelos cosmológicos del Universo. Los astrónomos pueden calcular la posición y el movimiento de los planetas utilizando alternativamente los epiciclos de TOLOMEO, las elipses de KEPLER o los campos gravitatorios de NEWTON o de EINSTEIN, aunque objetivamente no existan en el espacio planetario en torno del Sol campos, elipses o epiciclos, que únicamente existen en las diferentes teorías. Los modelos cosmológicos también son construcciones mentales del cerebro, que representan lo mejor que podemos y sabemos las observaciones astronómicas del Universo de acuerdo con las teorías físicas actuales. Son especulaciones mentales ideadas por los científicos para representar los fenómenos realmente observados en el Universo y, por eso, los representan cada vez mejor.

Los físicos y cosmólogos experimentan gran placer y satisfacción cuando comprueban lo bien que representan el Universo observado. Se cae entonces en la tentación de tomar la construcción teórica como la realidad misma. Naturalmente que los modelos cosmológicos representan las observaciones astronómicas adecuada y satisfactoriamente. ¡Han sido contruidos para eso! Pero no dejan de ser modelos del Universo y no son el Universo mismo. El modelo cosmológico del Big Bang o Gran Explosión Inicial, por ejemplo, es tan sólo un modelo entre otros posibles de cómo empezó y ha evolucionado el Universo material. Nada más. Es el modelo en boga entre los cosmólogos hoy día, porque todas las observaciones están de acuerdo con él. Pero es sólo un modelo teórico del Universo construido por nuestro cerebro, no es el Universo mismo. ¿Hubo realmente una explosión inicial hace unos 15.000 millones de años,

como dice el modelo? La respuesta es que hubo tal explosión dentro del modelo, pero fuera del mismo, en la realidad objetiva independiente de nuestro pensamiento, no lo sabemos.

Como ya he indicado antes, en el desarrollo del pensamiento humano los filósofos y científicos han creado muchos modelos del Universo diferentes. A cada modelo de Universo se le suele designar simplemente como el Universo y así hablamos, por ejemplo, del Universo pitagórico, del Universo de ARISTÓTELES, del Universo de NEWTON, del Universo de EINSTEIN o del Universo de HAWKING. Al hablar de esta manera, por tanto, no nos referimos a Universos reales distintos, sino a diversos modelos mentales hipotéticamente posibles. Pero toda esta muchedumbre de universos no debe sorprendernos. En realidad existen muchísimos más, tantos como cerebros humanos pensantes. Son todos ellos modelos del mundo exterior, contruidos por el cerebro de cada uno, de acuerdo con sus experiencias y conocimientos. El poeta o el artista crea su propio Universo poético o artístico, como un modelo interior de palabras y formas armoniosas que percibe con su sensibilidad. El Universo del filósofo es ese mundo de entidades abstractas y proposiciones lógicas, que construye con su mente analítica y sintética. Para el hombre religioso el Universo es el dominio del espíritu y de la acción de Dios. Para el científico, en cambio, es el conjunto de objetos naturales que observa empíricamente y ordena teóricamente con principios y leyes científicas. Cada uno construye su modelo. Porque, de hecho, no se puede vivir sin un modelo interior de la realidad, que la interprete y le de un sentido. Un modelo interior del mundo que, en cada uno de los seres humanos, participa un poco de los diferentes modelos, puesto que cada uno tiene algo de poeta, de filósofo, de científico o de creencias religiosas o antirreligiosas. Por eso decía ORTEGA Y GASSET, en su libro *Ideas y Creencias*, que dentro de nosotros coexisten muchos mundos diferentes, el del conocimiento, el de la religión, el poético y el de la experiencia. *«Lo que solemos llamar realidad o “mundo exterior” –afirma– no es ya la realidad primaria y desnuda de toda interpretación humana, sino que es lo que creemos, con firme y consolidada creencia, ser la realidad. Todo lo que en ese mundo*

*real encontramos de dudoso o insuficiente nos obliga a hacernos ideas sobre ello. Esas ideas forman los “mundos interiores”, en los cuales vivimos a sabiendas de que son invención nuestra».*

Esta multiplicidad de modelos de Universo, con todo, no impide la creencia general en la unicidad de un Universo real exterior. Según esta creencia, los modelos de Universo podrán ser muchos, pero son sólo como «caretas» de carnaval que ocultan la verdadera faz de un único Universo exterior idéntico a sí mismo. Detrás de esas «caretas» se esconde la «realidad primaria y desnuda» de que habla ORTEGA Y GASSET, que nos es desconocida y que no podemos ni siquiera imaginar, pero que se postula como necesaria para explicar el origen de los fenómenos que observamos en la naturaleza. La idea es antiquísima. Ya los filósofos presocráticos de la antigua Grecia pensaban que detrás del mundo aparente de los fenómenos debe existir una realidad última subyacente. El mismo PLATÓN introdujo el dualismo de dos mundos diferentes, el mundo verdadero de las ideas y el aparente de los fenómenos. Pero para PLATÓN, el mundo auténtico es el de las ideas eternas, que podemos conocer directamente con el intelecto, mientras la experiencia sensible nos muestra un mundo de sombras, que son un reflejo mal conocido del mundo ideal verdadero.

La concepción actual del Universo difiere esencialmente de la de PLATÓN. La ciencia muestra con claridad hoy día que sólo podemos conocer bien el mundo de las apariencias o fenómenos, mediante la experiencia sensible, mientras que el mundo primario subyacente permanece desconocido. Prácticamente lo contrario de lo que decía PLATÓN. Esta visión moderna del Universo encuentra quizá su expresión más significativa en «La Teoría de los Tres Mundos» de Karl POPPER, expuesta en su obra *Conocimiento Objetivo*. Según las ideas de POPPER, el Universo «*consta al menos de tres sub-mundos ontológicamente distintos: el primero es el mundo físico o de los estados físicos; el segundo es el mundo mental o de los estados mentales; el tercero es el de los inteligibles o de las ideas en sentido objetivo, el mundo de los objetos de pensamiento posibles: el mundo de las teorías en sí mismas y de sus relaciones lógicas, de los argumentos y de las situaciones problemáticas*

*tomados en sí mismos*». Pero POPPER, como prácticamente todos los filósofos y científicos, cae aquí en la equivocación de confundir el mundo interior con la realidad objetiva. La aguda distinción de los tres mundos es una sistematización de cómo pensamos, o al menos pensaba POPPER, sobre la realidad objetiva del Universo. Los tres mundos existen, pero sólo en el cerebro que los inventa y no son «ontológicamente distintos» en el mundo real.

Esta falacia de colocar la realidad en donde no está la cometemos todos continuamente. Es una necesidad genética de supervivencia. Para poder vivir en el misterioso mundo exterior realmente existente, los seres humanos, lo mismo que los demás animales, tenemos que orientarnos y conocer dónde nos encontramos, a dónde podemos ir y cuáles son los posibles caminos que podemos transitar. Sólo así nos es posible sortear los peligros del medio ambiente y aprovechar los recursos materiales que nos ofrece. Este trabajo lo realizan las neuronas de nuestro cerebro. Algunos animales más primitivos en la escala evolutiva se orientan simplemente por la presión del medio o la presencia de sustancias químicas. Basta empujar a una ameba que flota en el agua para que salga huyendo. La ameba no tiene ojos ni oídos y su mecanismo de orientación reacciona sólo frente a la composición química y a la presión del medio para capturar sus presas o alejarse del peligro. Otros animales más evolucionados se orientan mediante los olores, los sonidos o las radiaciones que perciben con su sistema nervioso. En el hombre, es el cerebro el encargado de orientar y dirigir todas las actividades que le permiten sobrevivir.

Un día, al salir de mi casa me encuentro justo enfrente de mí un enorme camión aparcado junto a la acera, que me impide cruzar la calle directamente en línea recta y llegar a la acera del otro lado. ¿Qué puedo hacer para cruzar la calle? Mi cerebro ve toda la escena: el camión, las aceras, la calzada e incluso algunos coches que circulan por ella. Inmediatamente, las neuronas de mi cerebro se ponen a trabajar y construyen diversas hipótesis posibles del camino que puedo seguir. En primer lugar, puedo lanzarme contra el camión e intentar atravesarlo por en medio. Pero mi experiencia pasada, almacenada en la memoria, me dice que los cuerpos sólidos, en particular los camiones,

son impenetrables. Sólo conseguiría darme un buen golpe, perjudicial para mi salud y supervivencia. Automáticamente, el cerebro descarta esta disparatada solución. Será mejor cruzar la calle rodeando el camión por la derecha o por la izquierda. La memoria me recuerda que tengo prisa y, como por la derecha el camino parece más corto, el cerebro me dirige hacia la derecha para ir por ese lado. En este punto, cuando empiezo ya impulsivamente a cruzar la calle por la derecha del camión, el cerebro recuerda la posibilidad de que me atropelle un coche y me obliga a pararme en seco. Miro a lo largo de la acera y veo al final de la manzana un paso de peatones con semáforos. La experiencia, almacenada en la memoria, le ha enseñado anteriormente al cerebro que el paso de peatones con semáforos es lo más seguro para evitar accidentes. Las neuronas que controlan el movimiento de mis músculos me dirigen entonces al paso de peatones y, cuando el semáforo se pone verde, atravieso la calle finalmente sano y salvo.

Este ejemplo trivial nos muestra cómo aprendemos por experiencia cuándo el modelo interior corresponde o no al mundo exterior y, si el modelo no se acopla a la realidad exterior, él mismo termina por modificarse a sí mismo. La experiencia nos enseña que no podemos atravesar camiones y, por eso, ni siquiera lo intentamos. Partimos de un modelo de la realidad exterior, que el cerebro ha construido ya con el sistema nervioso que hemos heredado genéticamente y con las observaciones y la experiencia de nuestros sentidos guardadas en la memoria, y lo utilizamos para actuar en el mundo exterior. Una de las características más notables de ese modelo es que lo conocemos conscientemente. De una manera reflexiva, el cerebro conoce que conoce. En otras palabras, el modelo se detecta a sí mismo. Y lo más curioso de toda esta historia es que el hecho de que pueda ir por un camino o por otro, tal como me muestra mi modelo mental de la realidad, me produce la «sensación» de que puedo elegir entre varias posibilidades, de que soy «libre» de ir por un camino o por otro. El modelo y la experiencia, por tanto, constituyen la guía de mi comportamiento en la vida práctica.

Precisamente porque la utilidad de nuestras representaciones mentales es movernos por la realidad exterior, tomamos el modelo

como si real y verdaderamente fuera el mundo exterior. Es la manera como la naturaleza funciona en los organismos vivos, para que puedan prosperar y sobrevivir. Si nuestro cerebro no identificara el modelo mental con la realidad exterior, haciéndonos creer engañosamente que lo que percibimos dentro es lo que está fuera, no podríamos vivir. De ahí proceden las decepciones y engaños del cerebro, porque nos convienen. Y ahí está la causa de que nos equivoquemos tanto sobre lo que es la realidad del mundo externo, porque lo confundimos con el mundo ficticio interno construido por el cerebro.

La falacia fundamental de la ciencia en todas las épocas es esa confusión, que coloca los objetos de las teorías y modelos mentales, que existen en el cerebro, como si estuvieran en el Universo exterior, en donde no están. NEWTON, por ejemplo, estaba firmemente convencido de la existencia objetiva de un espacio y un tiempo absolutos, que existen con independencia de la mente y son el escenario en el que se desarrolla todo el drama del Universo material. Las partículas o cuerpos materiales de la física newtoniana ocupan puntos del espacio absoluto en determinados instantes del tiempo absoluto siguiendo leyes abstractas, las leyes de NEWTON. La falacia aquí es el error de tomar las construcciones lógicas abstractas del cerebro como constitutivas de las realidades concretas últimas y básicas del mundo. El espacio, el tiempo y las partículas materiales son ficciones de la mente, que se obtienen por abstracción de los datos de la experiencia sensible. De la misma manera que son una ficción las fuerzas vectoriales de la gravitación universal de NEWTON con que se atraen las partículas o los cuerpos materiales. Precisamente por ser ficticio, el modelo de Universo newtoniano se ha podido reemplazar por otro modelo esencialmente distinto, el modelo abstracto de la teoría de la relatividad inventado por EINSTEIN.

El Universo observado ciertamente no se inventa, está realmente ahí afuera, pero sí se inventa el modelo mental del Universo percibido por el cerebro y la descripción científica de ese modelo con una hipótesis u otra, con una teoría u otra. El invento científico, sin embargo, no es pura arbitrariedad y fantasía. Debe ajustarse, en efecto, a los fenómenos aparentes que se observan y miden para que resulte

útil. La objetividad de la ciencia consiste precisamente en eso, en que lo que representa y describe teóricamente son apariencias y hechos de experiencia tal como los percibe realmente el cerebro humano. Un cerebro que se engaña y miente a sí mismo continuamente. Y como la teoría científica es un entramado de hipótesis inventadas para representar la realidad observada por el cerebro, para minimizar y evitar lo más posible el engaño de las percepciones y abstracciones mentales se hace necesario comprobar esas hipótesis con nuevas observaciones y experimentos para estar seguros de dos cosas: que representan bien los fenómenos o apariencias que observamos y que nos permiten predecir su comportamiento.

La ciencia, en suma, está firmemente anclada en los fenómenos que realmente percibimos, pero en sí misma es una invención humana. Una puesta de Sol es lo que vemos con los sentidos como una puesta de Sol, pero un cuadro al óleo que represente lo que vemos no es la puesta de Sol, sino simplemente una representación de la misma creada por el pintor. Análogamente, la ciencia es un cuadro conceptual creado por el hombre y que representa el Universo observable, pero obviamente no es el Universo mismo. Esto es particularmente cierto en los conceptos más abstractos y fundamentales de la ciencia, como son el espacio y el tiempo.

En el libro explico lo que, en mi opinión, significan el espacio y el tiempo en la descripción científica del Universo desde el punto de vista de la física y de la astronomía. La evolución de estos conceptos ha corrido paralela a la de los diferentes modelos de Universo. Una evolución que, por un lado, está determinada por la capacidad creadora del cerebro humano de conceptos, mitos y modelos. Pero, por otro lado, depende de la estrategia, diseñada por el cerebro, con la cual los científicos han acometido la empresa de investigar la naturaleza del mundo material partiendo de la observación empírica, es decir, de lo que se suele llamar el «método científico». El método científico generalmente admitido en la actualidad, que partiendo de los datos de observación los sistematiza en una teoría o modelo capaz de hacer predicciones verificables con nuevos datos empíricos, ha tardado siglos en establecerse. Por aproximaciones sucesivas se ha llegado así

a una descripción científica cada vez más ajustada de los fenómenos naturales. Una representación de lo que el cerebro percibe por medio de los sentidos, no de la realidad exterior última y objetiva que está detrás de los fenómenos y que el cerebro es incapaz de conocer.

Esa descripción científica ha tenido un éxito espectacular. Gracias a ella, la especie humana ha ido logrando dominar el mundo cada vez más y mejor en provecho propio. Con las aplicaciones tecnológicas de la ciencia, el hombre ha podido construir relojes y máquinas o aparatos mecánicos y eléctricos, levantar presas hidráulicas, puentes y edificios... y lanzar al espacio exterior satélites artificiales y astronaves. Se han explotado los recursos naturales de la Tierra, se ha secuenciado el genoma humano, lo que abre todo un horizonte de posibilidades para curar enfermedades, y se ha llegado a poner el pie en la Luna o se han explorado directamente otros planetas y satélites. La lista de las aplicaciones tecnológicas de la ciencia en provecho de la Humanidad sería interminable. No estaría de más recordárselo con mayor frecuencia al hombre de la calle, que se pregunta muchas veces para que sirven las «inútiles» y costosas investigaciones de los científicos, que pacientemente estudian con delicados instrumentos el Universo que nos circunda. Hoy día, toda persona culta reconoce la trascendental importancia de la investigación científica, tanto básica como aplicada, y no se maravilla de las crecientes sumas de dinero y medios materiales que gobiernos o entidades privadas dedican a la misma.

Creo que resulta bastante evidente, como consecuencia de lo que vengo diciendo, que el edificio de la ciencia construido por el cerebro humano para representar el Universo procede de dos herencias: la herencia genética de nuestro cerebro, que ha evolucionado a lo largo de millones de años, y la herencia del método científico que utilizamos para estudiar los fenómenos naturales, que también ha evolucionado en la cultura de Occidente durante los últimos dos mil años. Por eso, para comprender mejor lo que afirma la ciencia contemporánea acerca del Universo, es conveniente, en realidad necesario, conocer por un lado cómo es y funciona nuestro cerebro. Saber lo que puede y no puede conocer. Es decir, en qué consiste el pensamiento consciente en general y el científico en particular.

Filósofos y científicos han estado cavilando durante siglos sobre la naturaleza del pensamiento. La ciencia actual es heredera de lo que han dicho sobre este particular. Pero por otro lado, hay que tener presente el alcance del método que utilizan los científicos actuales para investigar el mundo que nos rodea. Un método que han heredado de la metodología y procedimientos de investigación de sus predecesores. Queramos o no, somos descendientes culturales de ellos. Se empezó con observaciones directas y teorías sencillas, se estableció después el método inductivo-deductivo y, finalmente, se ha llegado al método hipotético-deductivo generalmente empleado en nuestros días. Por su importancia para comprender las teorías y modelos científicos modernos, he introducido un PREFACIO en el que cuento a grandes rasgos la historia de este doble legado –genético y cultural– que hemos recibido de nuestros antecesores. He procurado utilizar un estilo sencillo, que puedan entender fácilmente todos los lectores que sientan curiosidad por la evolución de las ideas sobre el Universo, tanto los que tienen una preparación científica como los que no la tienen. Porque creo, como escribieron Albert EINSTEIN y Leopold INFELD en su delicioso libro *The Evolution of Physics* (1966), que *«la mayor parte de las ideas de la ciencia son esencialmente sencillas y pueden, por lo general, ser expresadas en un lenguaje comprensible para cualquiera»*.

Finalmente, quiero agradecer a numerosos amigos y científicos que me han ayudado y animado a publicar este libro. Debo mencionar al Dr. Eduardo Battaner, catedrático de astrofísica de la Universidad de Granada, al Dr. Javier Barbero, profesor de astrofísica de la Universidad de Almería, al ingeniero Ángel Álvarez Payán, al profesor Antonio Herrera Alonso del Instituto Alhadra (Almería), y a varios astrónomos del Observatorio de Calar Alto, como su director alemán el Dr. Roland Gredel, o al Dr. Kurt Birkle del Max Planck Institut für Astronomie de Heidelberg (Alemania), así como a los investigadores del Instituto de Astrofísica de Andalucía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Granada) Dr. José Manuel García-Pelayo y Dr. Mariano Moles Villamate. Entre otros, sus

observaciones me han permitido mejorar el texto y corregir algunos errores. A todos mi sincero agradecimiento.

**Centro Astronómico Hispano Alemán**  
**Observatorio de Calar Alto**  
*Almería, Noviembre, 2002*

