

RAMÓN ROMÁN ROLDÁN

LOS PASOS
DEL
TIEMPO

GRANADA
2018

© RAMÓN ROMÁN ROLDÁN

© UNIVERSIDAD DE GRANADA

ISBN: 978-84-338-6188-7 • Depósito legal: Gr./102-2018

Edita: Editorial Universidad de Granada

Campus Universitario de Cartuja

Colegio Máximo, s.n., 18071, Granada

Tel.: 958 243930-246220

www: editorial.ugr.es

Fotocomposición: María José García Sanchis. Granada

Diseño de cubierta: José María Medina Alvea. Granada

Imprime: Gráficas La Madraza. Albolote

Printed in Spain

Impreso en España

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

*A Conchi, mi esposa,
que tanto tiempo me ha regalado*

*Y a Ramón, Chari, Rafa y Fabián, mis hijos,
a los que tanto tiempo he escatimado*

PRÓLOGO.....	15
PRÓLOGO DE EDUARDO BATTANER.....	21

INTRODUCCIÓN

LA CONSCIENCIA DEL TIEMPO.....	26
DEL PASADO CERRADO AL FUTURO ABIERTO.....	29
EL TIEMPO FÍSICO.....	31
Tiempo asimétrico.....	32
Tiempo incierto.....	34
Tiempo relativo y azaroso.....	35
TIEMPO PSÍQUICO Y TIEMPO FÍSICO.....	36

Capítulo 1

LA SAETA DEL TIEMPO

LA TÉCNICA PRECEDIÓ A LA CIENCIA.....	39
La primera invención de Watt.....	39
La máquina de vapor.....	41
Funcionamiento básico de las máquinas térmicas.....	42
EL SALTO DE TEMPERATURAS.....	43
No es fácil aprovechar el calor.....	44
La máquina.....	44
El tiempo adelante.....	45
CALOR Y TRABAJO POR DOQUIER.....	47
Calor.....	47
Trabajo.....	48
La equivalencia calor-trabajo.....	49
¿Es el calor realmente equivalente al trabajo?.....	49
LA ENERGÍA NACE Y SE CONSERVA.....	49
Energía.....	50
La energía se conserva.....	52
El motor perpetuo de primera especie.....	53
RENDIMIENTO DEL MOTOR TÉRMICO.....	55

Intercambios de energía en las máquinas térmicas	55
A vueltas con el aprovechamiento del calor	56
Rendimiento	57
EL RENDIMIENTO PRÁCTICO Y EL TEÓRICO	58
La Ciencia y la Ingeniería.	60
El motor perpetuo de segunda especie	61
UN PROCESO MENTAL MUY RENTABLE	64
El extraño y retorcido proceso reversible	65
Reversibilidad	66
A vueltas con el proceso reversible.	68
No sucede nada: equilibrio.	68
Algo sucede: cadena de estados	69
¿ESTADOS DE EQUILIBRIO O PROCESOS?	71
El Universo reversible o el pasado recuperable	71
Los procesos reales son irreversibles	73
Cómo se nos muestra la naturaleza	74
EL PRESENTE: UN INSTANTE Y UNA TENDENCIA	75
LA ENTROPÍA NACE Y CRECE	79
La extraña construcción de la termodinámica	80
¿Qué es y para qué sirve la entropía?	81
Sistemas no aislados	82
LA SAETA DEL TIEMPO.	83
La entropía no cambia	84
La entropía sí cambia	85
La máquina térmica, otra vez	88
ENTROPÍA Y TIEMPO	89
La entropía del Universo.	90
La energía se conserva y la entropía aumenta	91
Degradación de la energía	91
El problema de la energía es el problema de la entropía.	92
La degradación del medio ambiente	93
Energías renovables.	94
El disparado y disparatado consumo de energía.	95
EL TIEMPO ESCONDIDO	96
Pero, después de todo esto, ¿qué es la entropía?	97

Capítulo 2

EL AZAR IRREDUCIBLE

HASTA DONDE ALCANZA LA VISTA	99
Objetividad de las observaciones	100
Vislumbrando la frontera	101
El carácter de las teorías físicas.	102
El Universo determinado y previsible de Laplace.	103
El cenit de la mecánica clásica	103
El diablo de Laplace	104
El Universo como un reloj	105
Los bordes de la ciencia	105
Explicación y predicción.	106
El futuro premeditado	107
DETERMINADO E IMPREVISIBLE: EL CAOS	108
El diablo de Laplace puede fallar	109
El diablo de Laplace cojea	111
El efecto mariposa	114
Tan sencillo y tan complejo: el péndulo doble	115
Tan complicado y tan simple: el ordenador	116
Tan complicado y tan complejo: El tiempo atmosférico.	117
Bifurcaciones	120
Complejidad.	121
EL AZAR FINALISTA DE LA MECÁNICA CUÁNTICA	124
La luz y la vieja teoría cuántica	124
Ondas	125
Ondas periódicas.	127
El espectro de la radiación térmica	127
El final de la controversia y el comienzo de la física moderna.	132
El átomo y la primera teoría cuántica.	133
Modelos atómicos sucesivos	135
El azar intrínseco	138
Experimentación y teorización.	139
La dualidad completa	141
Interferencias con ondas	142
Interferencias con partículas	144
El átomo ondulatorio.	144
La incertidumbre irreducible.	145

¿Es falsa la mecánica clásica?	148
Conocer y medir	149
El gato de Schrödinger	150
Ciencia y Filosofía	151
El diablo, la mariposa y el gato.	153

Capítulo 3

LA SAETA INCIERTA DEL TIEMPO

EL FUTURO ALEATORIO	158
Probabilidades	158
La razón insuficiente.	160
REPETICIONES	162
Series típicas	163
ESTADÍSTICA.	164
La causalidad es una flecha del tiempo	165
Frecuencias	166
La estadística es una ciencia experimental	167
PROBABILIDAD E INCERTIDUMBRE	168
Inercia estadística	169
LA FÍSICA ESTADÍSTICA	171
LA TEORÍA CINÉTICA DE LOS GASES.	172
Las interpretaciones de la teoría cinética	173
MENOS HIPÓTESIS, MÁS PROBABILIDADES.	176
Microestados y macroestados	177
Microestados equiprobables.	180
PROBABILIDAD TERMODINÁMICA	181
Probabilidad termodinámica y evolución	182
Cuánto de probable es lo más probable	182
Macroestados y monedas al aire.	183
PROBABILIDAD Y EQUILIBRIO.	184
Hipercelandillas.	185
El determinismo probabilizado	186
Los primeros resultados de la mecánica estadística	186
VUELVE LA ENTROPÍA	187
LA ECUACIÓN DE BOLTZMANN	188
El diablillo de Maxwell	194
Fluctuaciones.	195
UNA TEORÍA ACERCA DE OTRA TEORÍA	197

Pero, ¿dónde está la variable tiempo?	198
PROBABILIDAD Y DESORDEN	199
Orden y desorden en la vida común y en la naturaleza	200
ENTROPÍA Y DESORDEN.	202
ORDEN Y VIDA.	204
LA CLAVE DEL ARCO	207

Capítulo 4

INFORMACIÓN, CAUSALIDAD Y EXPANSIÓN DEL UNIVERSO

INCERTIDUMBRE	209
LA INCERTIDUMBRE SE PUEDE VALORAR	211
Cómo no medir la incertidumbre	211
INFORMACIÓN	214
La información cancela la incertidumbre	215
ENTROPÍA E INFORMACIÓN	216
El principio de máxima entropía.	217
Procesamiento de la información	218
La entropía física de la información	220
El soporte físico de la información	220
El coste termodinámico de la información	222
Computación reversible	223
El demonio de Maxwell refinado.	226
TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN.	227
Propagación ondulatoria	228
El sonido	228
Emisión y propagación sostenidas	229
La información viaja en ondas	232
Sólo informan las ondas aperiódicas	233
Ondas para un instante.	234
Pulsos de onda espaciales	238
Deterioro de la información.	238
Velocidad de propagación	238
Dispersión del paquete de ondas	239
Absorción y atenuación.	240
Irreversibilidad en el procesamiento y transmisión de la información	241
LA INFORMACIÓN NO ES INSTANTÁNEA.	242
La Teoría de la relatividad especial	243

¡Esa luz!	243
Principio de invariancia de la velocidad de la luz.	244
Principio de relatividad restringida: de Galileo Galilei a Albert Einstein	246
Ponte en mi lugar	248
El espacio y el tiempo no son lo que eran. La simultaneidad tampoco	250
¡Ese tiempo!.	252
Intervalo.	260
Otras consecuencias relativistas. La propagación de las interacciones	261
Tiempo y causalidad	263
El cono de luz	264
LA TEORÍA GENERAL DE LA RELATIVIDAD	267
Espacio, tiempo y gravitación	270
Los pasos largos del tiempo	272
LA OBSERVACIÓN DEL UNIVERSO	273
El desplazamiento al rojo	276
La expansión del Universo	277
El origen del tiempo	280
La flecha cósmica y relativista del tiempo	282
EPÍLOGO	285
RETORNO AL TIEMPO PSÍQUICO	287
COMPRENDIENDO LA COMPRESIÓN	288
SE BUSCA LA LEY DEL TODO	290
LA ALEGORÍA DE LA CAVERNA (FRAGMENTO INICIAL)	291
ANEXO I. VARIACIONES DE ENTROPÍA	293
ANEXO II. SERIES ALEATORIAS Y MICROESTADOS	297
ANEXO III. INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN	303

PRÓLOGO

Lector anónimo, ya que me tienes en tus manos, te hablaré de tú para decirte algo de mis horas pasadas pensando y escribiendo, y de las tuyas por pasar leyendo y pensando, si es que te animas a ello.

Lo escribí por incitación del profesor Eduardo Battaner, excelente amigo, escritor y físico. En un rato de solaz tabernario, me arrojó la pregunta, tan sugerente y provocadora, Ramón, ¿por qué no escribes un libro? Me sorprendió en mi pasividad bien cultivada por varios años de jubilación. De qué voy a escribir, no se me había ocurrido, nunca lo había pensado, mi investigación no se presta... Pero el veneno agarró, quedó inoculado, la hinchazón fue aumentando con rebrotes esparcidos de la misma pregunta, ¿por qué no escribes un libro? Pues sí, podría ser, no me cuesta mucho escribir, ya se me ocurrirá algo, si me lo sugiere Eduardo... Tras un letargo invernal plagado de síes pero no y de nóes pero sí, al fin eclosionó el fondo de la consciencia docente que conserva todo profesor, y entre dos vinitos primaverales, le confesé a Eduardo que estaba dispuesto a probarme de escritor. Le hice pagar su provocación teniéndole como consultor de cabecera y ya, al presentar el resultado, no puedo dejar de agradecerle, sin palabra ni medida que alcancen lo que le es debido, una incitación primero y un apoyo después, que me han deparado un año de tan sabrosa actividad.

En este apartado de las gratitudes tengo que añadir las debidas, por su lectura crítica del manuscrito y sus comentarios, a mis compañeros Juan Francisco Gómez Lopera (profesor de Física, UGR) y a Pedro Luis Luque Escamilla (profesor de Física, UJAEN); a mis amigos Santiago Martín Guerrero (escritor y profesor de Historia), Mario Ruiz Morales (ingeniero geógrafo) y Gonzalo Martín

Rodríguez (profesor de E. Primaria); y a mis cuñados Jesús Fernández Bedmar (profesor de Filosofía), María Luisa Recuero de los Santos (Arquitecta), Rafael Romero Soto (profesor de Filosofía) y Antonio Gálvez Con (pensador por cuenta propia).

Busca buscando, encontré un argumento que no se reducía a un simple tema de física, sino que me permitía componer el contenido del libro a mi gusto personal. Del tiempo se ha escrito *lo que no está en los escritos*, pero como el tema es inagotable, siempre queda espacio libre para nuevos montajes. Se le han dedicado las mejores plumas de escritores, filósofos, sociólogos, psicólogos, ensayistas y de físicos, por supuesto. Hoy día, al par del avance de la ciencia, abundan los textos de divulgación científica, y el tiempo es uno de los temas más concurridos por su señorío permanente, un tanto enigmático y a veces sobrecogedor, en la Naturaleza, en la consciencia vital y en la sociedad. Va uno más.

Además de la exposición científica, tan objetiva como he podido, he merodeado por los alrededores subjetivos con mi visión personal acerca del tiempo y sus derivaciones. Partiendo desde abajo, he pretendido relacionar los principios y teorías con la experiencia cotidiana, la de los no especialistas, como quizá tú mismo, apreciado lector, tratando de ponerme en tu lugar. Quisiera haber acertado. Pero también me he salido de ese núcleo duro de la física mirando hacia afuera, especulando y dialogando con la vecina filosofía, a través del borde poroso que nos separa. Quisiera no haberme sobrepasado.

Poner la Física en mitad de la calle y al alcance del peatón, incluso en los escaparates, es la difícil tarea del divulgador científico, a la que me he enfrentado como principiante durante éste último año. Entre la física periodística y de salón y la física cruda pueden darse todos los grados y variantes, que difieren entre sí en múltiples factores. Entre todos ellos destaca el recurso a las matemáticas, dada la proverbial aversión que suscita en una parte de la población, desgraciadamente no despreciable. Unos rehúyen las matemáticas (haz tú la cuenta, que eres de ciencias, me dicen), otros incluso exhiben su ignorancia (no gracias, ya

tengo quien me las haga, ostentan), y algunos, los menos, se lamentan de no haberlas aprendido. Una lástima, pero el hecho cierto es que la divulgación científica tropieza con el muro matemático, por eso se tiene asumido que cada fórmula en el texto reduce el número de lectores a la mitad. Como quiera que la física no existe sin matemáticas, es inevitable que ciertos temas no puedan, en modo alguno, ser divulgados sin pérdida de lo esencial impreso en el lenguaje matemático. Porque, como de una imagen, se puede decir que una ecuación vale más que mil palabras, incluso más que mil imágenes.

“Se debe simplificar cuanto se pueda, pero no más”, frase sencilla y profunda de Einstein, aplicable a todos los modos de creación y de transmisión del conocimiento. Como en el ejercicio de la docencia, he seguido aquí la norma anterior: *se debe divulgar cuanto se pueda, pero no más*, evitando que se escurra lo importante cuando se elimina lo accesorio y prescindible y también, haciendo cabriolas sobre el alambre, cuando se elimina la expresión matemática. Porque divulgación no es vulgarización o banalización. Lo ingenioso y pegadizo puede incurrir en lo simplista, sustituyendo ideas por recetas o atajos superficiales, coloristas e ingenuos, que desdibujan o eluden lo principal en beneficio de lo circunstancial. Además, la buena divulgación debe dejar abierta la curiosidad del lector hacia una comprensión más profunda, evitando la sensación de haber llegado al fondo de ciertas cuestiones, de que eso *está bien claro, no hay que darle más vueltas*.

El paso asimétrico del tiempo, que no vuelve hacia atrás y que no es predecible hacia delante, es la senda dominante a lo largo del texto. En torno de ella encontrarás, lector anónimo, muchas ramificaciones, interesantes y relacionadas, pero que podrás, con tu sano criterio, postergar a una relectura sin pérdida de continuidad.

La física involucrada con la percepción del tiempo no se presenta aquí con el estilo doctrinario de los libros de enseñanza, los cuales, forzados muchas veces por los programas oficiales, describen una física escueta, enlatada, doctrinaria, un conjunto de leyes y ecuaciones, ordenado y articulado con criterios lógicos

que no siempre son didácticos y, menos aún, divulgativos. Más bien he pretendido seguir un curso expositivo variopinto, con alusiones y referencias a otras disciplinas, comentarios libres y personales, adoptando el triple papel de físico, divulgador y ensayista. Modestamente, trato de brindar cauces de indagación, motivar curiosidades, invitar a nuevas discusiones. Aunque siempre dentro de los terrenos de la física, también zigzagueo sus propias fronteras con anécdotas históricas, incursiones por la tecnología, rascaduras en la consciencia psíquica del tiempo y aventuras por las pistas resbaladizas de la filosofía.

Para facilitar el seguimiento, he derivado algunos tratamientos matemáticos breves a unos prudentes recuadros “mates”, evitables pero aconsejables. También se incluyen algunos trozos separados de texto de carácter anecdótico. Al final se adjuntan unos Anexos para complementar tres temas que pueden ser de interés, aunque ya un tanto apartados del texto principal.

La introducción invita a repasar las distintas facetas sobre la vivencia humana del tiempo, a divagar sobre la posible configuración interna de la mente-cerebro acerca del mismo, y a llamar con avidez a las puertas de la física que lo sustentan.

Son cuatro capítulos de física divulgada, que pueden ser leídos de manera independiente, aunque el tercero adquiere su pleno sentido tras los dos anteriores. El primero es el que más directamente atañe al sentimiento generalizado de que el tiempo no vuelve atrás. Con un arranque histórico sobre la invención de las máquinas térmicas, se exponen los principios termodinámicos clásicos y la saeta del tiempo a ellos asociada.

Con un cambio de enfoque, el capítulo segundo muestra el azar inevitable, el azar que no es simplemente ignorancia, y que se halla escondido en el ámbito microscópico de la Naturaleza. Se tratan los fenómenos caóticos y los del mundo cuántico que tan lejos se encuentran del alcance de la percepción humana.

En el capítulo tercero se consideran los objetos y sistemas compuestos de una inmensa multitud de partículas, inasequibles al seguimiento individual. El tratamiento estadístico aporta una

versión microscópica de los fenómenos termodinámicos y de su saeta del tiempo, ahora vinculada a la tendencia natural hacia el desorden.

Finalmente, en el cuarto capítulo se aglutinan cuestiones tales como el procesamiento y la transmisión de la información y la teoría de la relatividad. Además de presentar el oscuro y seductor tiempo relativo, surge una nueva flecha del tiempo ligada al comportamiento causal de la naturaleza. El capítulo concluye con una breve pincelada a la flecha cosmológica del tiempo representada por la expansión del Universo.

La conclusión te invita, esforzado lector si has llegado hasta aquí, a volver la mirada al cerebro físico del hombre como soporte material de la percepción psíquica del tiempo. Quedas advertido de que la física divulgada que te dispones a contemplar va enredada en una buena dosis de especulación personal, indigna de ser tenida como doctrinaria, pero digna, quizá, de ser meditada y apreciada como materia de discusión intelectual.

Termino la presentación agradeciéndote, distinguido lector, la paciencia que deberás haber tenido leyéndome, y deseando que te satisfaga, que te deja alguna curiosidad insatisfecha, y que salgas del anonimato con tu crítica, la que sea, siempre válida. Te espero.

Ramón Román Roldán
rroman@ugr.es

PRÓLOGO DEL PROFESOR EDUARDO BATTANER

Cuando un viejo profesor (que no un profesor viejo) cesa en su actividad docente reglada puede encontrarse con una etapa de su vida inesperadamente creativa. A la experiencia acumulada a lo largo de su labor docente se suma una tranquilidad de espíritu, libre de horarios, de exámenes, de reuniones, de actos académicos... Y queda liberado de priorizar lo más ortodoxo en su enseñanza. Un profesor siempre está estudiando y, al final, no sólo sabe más que al principio, sino que adquiere el apreciable don de saber apartar lo superfluo de lo esencial. Y esto, unido a esa paz de espíritu que la edad proporciona, hacen del profesor un filósofo natural de su especialidad. El profesor, cada vez más prudente, se vuelve de pronto más atrevido, saca de su cabeza pensamientos reprimidos por la necesidad de no ofuscar al estudiante con la especulación. Este es el caso del profesor Román: un físico jubilado en el que el sosiego y la veteranía germinan y dan un fruto como este, con sensatez pero sin miedo.

¿Qué es este libro? ¿En qué estante ha de colocarlo el bibliotecario? Parece un libro de divulgación de física y, efectivamente, es una buena introducción a esta ciencia. Pero según se avanza en su lectura se convierte en un ensayo. El profesor baja del estrado y discute con el lector. La imaginación y las ideas propias salen al encuentro de este, que de pronto se encuentra discutiendo incluso acaloradamente con aquel. Es más un libro de reflexiones que de divulgación. Y como tal, es posible que el lector dude, disienta y hasta se rebele. Eso es lo que trata este libro. Su divulgación es preparación para la polémica.

El libro es fruto de la paz pero está hecho para la guerra. Decía Bohr a sus alumnos que todo lo que les decía no eran afirmaciones sino dudas. Con ese espíritu hay que leer este libro

destinado a la zozobra del lector. Su objetivo final es un tema apasionante: el tiempo. ¡El tiempo! Lo que San Agustín creía saber lo que era hasta que se lo preguntaba. La física es una ciencia que nos arrastra a preguntarnos por el concepto del tiempo.

Este libro se gestó en la escurrimienta del profesor Román y en su casa fue parido. Luego salió de rapaz a corretear con los amigos. En la calle, en la plazuela, el sosiego de la criatura se convirtió en polémica. Asistí a esta fase de la consolidación de sus ideas sobre el tiempo. El profesor Román y yo hemos discutido mucho, andando por las calles del Albaicín, con algún vinito inspirador de vez en cuando. Él llevaba el acicate y yo las bridas. Él ponía la imaginación y yo procuraba apaciguarla, intentando acorrallar las ideas en el redil de la ortodoxia, muchas veces sin éxito. Quiere decir esto que no estoy convencido completamente de todas la reflexiones que el profesor Román vierte en este libro. Lo que sí puedo asegurar es que todas son estimulantes, todas invitan al lector a adoptar su propio punto de vista. La lectura de este libro no puede ser pasiva. El lector se convierte en autor y ambos, autor y lector, se enzarzan en discusiones de tú a tú.

La ciencia pura acaba teniendo aplicaciones industriales. En el caso de la termodinámica fue al revés. Esta ciencia nació con las manos grasientas de los ingenieros de máquinas térmicas. Sus leyes surgieron al empuje de la industria y pronto alzaron el vuelo hacia la ciencia pura. Este libro empieza rememorando los inicios de la termodinámica, recurriendo a su historia como método introductorio. Empieza hablando de máquinas térmicas para asentar las ideas que nos permitan reflexionar sobre el concepto del tiempo, el objetivo básico del libro. Y es que la termodinámica, con el hallazgo y la definición del fructífero concepto de entropía, proporciona uno de los caminos fundamentales a seguir para la interpretación física del tiempo.

Luego, el libro se va enriqueciendo. Hay otros caminos, más o menos hollados, que hay que patear. También hay otros conceptos de entropía y otras ramas de la física involucrados. La teoría de la información no puede estar ausente. Hay uno de

estos caminos que hay que recorrer con cierto detenimiento: me refiero a la teoría de la relatividad. Einstein nos enseñó que el tiempo, más bien el espacio-tiempo, no es ni marco ni lienzo, sino parte de la pintura misma. El tiempo tiene propiedades que dependen de los procesos físicos que se desarrollen en su seno. Esta vía es, por tanto, ineludible. El autor introduce la teoría de la relatividad e invita al lector a examinar sus consecuencias sobre el pasado y el futuro y la simultaneidad. De especial importancia es la relación causa-efecto y su velocidad de propagación. La relatividad ha profundizado en el concepto del tiempo con una clarividencia que ningún sistema filosófico había alcanzado.

En definitiva, este es un libro que hay que leer despacio, con espíritu crítico, volviendo a recorrer los pasos que dio el Profesor Román al escribirlo, a recorrer los pasos del tiempo. Se escribió y luego se paseó por el Albaicín. Es recomendable que el lector, igualmente, pasee después de leer.

¿Qué es el tiempo? La eterna pregunta. ¿Qué es el tiempo? La física tiene la palabra... pero no la respuesta.

INTRODUCCIÓN

Caminante, son tus huellas
el camino y nada más;
Caminante, no hay camino,
se hace camino al andar.
Al andar se hace el camino,
y al volver la vista atrás
se ve la senda que nunca
se ha de volver a pisar.
Caminante no hay camino
sino estelas en la mar

Esta composición tan extraordinariamente bella de Antonio Machado, y tan extraordinariamente bien interpretada por Juan Manuel Serrat, condensa muchas vivencias del espíritu humano acerca del paso del tiempo. Además del arte literario y del musical, el poema canta las ligaduras que atan el ser humano al devenir de su existencia, y lo mantienen subyugado por el enigma profundo de un tiempo a la vez incierto e irrecuperable.

El futuro es una incógnita, el pasado no vuelve. La historia, la literatura, la filosofía, la psicología, la ciencia, están llenas de referencias y de textos a esta atadura irrompible e insondable dentro de la cual transcurre la vida humana, tanto en la contemplación de la naturaleza como en su íntimo sentir. *El futuro no está escrito, no nos es dado conocer nuestro destino, sólo Dios lo sabe, etc.*, son frases del acervo popular que muestran nuestra consciencia del futuro. Otro tanto cabe decir del pasado. *No podemos volver a nacer, si pudiera volver atrás*, son expresiones alusivas a la marcha del tiempo sin retroceso. Lo que ya ha ocurrido no puede repetirse, hasta el punto de resultar cómica y ridícula la contemplación hacia atrás de un archivo de vídeo.

La consciencia nos mantiene permanentemente al tanto de lo que nos va sucediendo. La memoria del pasado y la mirada al futuro preñado de azares y decisiones, nos mantienen ligados al hilo de la vida ya transcurrida, pero enteramente separada del futuro por ese punto deslizante que llamamos presente, alisando y peinando a su paso la madeja confusa del futuro.

La vivencia o sentimiento del fluir del tiempo en nuestra vida coexiste con una contemplación, más fría y objetiva, del comportamiento de la naturaleza. Son dos visiones paralelas, distintas y distantes, la una interna, es nuestra vida, la otra externa, es el Universo mundo, engarzadas entre sí por el mismo tiempo que las encadena. Si la primera nutre nuestro ánimo de infinidad de respuestas psicológicas, filosóficas, artísticas, etc., la segunda ha llevado a la Humanidad a explorar, tan objetivamente como le ha sido posible, los enigmas que envuelven los procesos naturales hasta cristalizar en conocimiento científico.

LA CONSCIENCIA DEL TIEMPO

“¿Qué sabe el pez del agua en la que siempre ha vivido?”, es una frase de Einstein que ilustra muchas situaciones. ¿Qué se sabía de la presión atmosférica a la que siempre estamos sometidos? Hubo que ponerla en evidencia con el experimento famoso de los hemisferios de Magdeburgo¹. Sólo el pez que estuviera fuera del agua podría apreciarla por contraste con su ausencia. Para entender *lo que una cosa es*, hay que entender también *lo que no es y qué otras cosas lo son*. ¿Qué sabe el hombre del tiempo que lo lleva siempre con él? En este caso *no es posible salir fuera del tiempo* para contrastar, por lo que todo nuestro conocimiento procede

1. En 1656 y en la ciudad de Magdeburgo se realizó un experimento en la plaza pública para demostrar la existencia de la presión atmosférica. Se encajaron perfectamente dos hemisferios metálicos, con sus bordes sellados pero no pegados, y se extrajo el aire de su interior con una bomba de vacío. Hubo que recurrir a la tracción de varios caballos para separarlos venciendo las fuerzas debidas a la presión atmosférica.

de su propio interior, como el pez desde dentro del agua, y nos falta, quizá por ello, una definición concluyente. Para exponer las bases físicas de la percepción humana sobre los pasos del tiempo, interesa destacar algunas vivencias psicológicas y algunos fenómenos de la naturaleza que sirvan para moldear su percepción y conocimiento.

¿De qué está hecha la consciencia del hombre? ¿Cómo funciona para formar y mantener una concepción del tiempo? Preguntas sin respuesta cabal, pues no se han diseccionado seres humanos para descubrir al bisturí el objeto que estamos llamando “consciencia”, pero parecen posibles algunas aproximaciones, aunque siempre arriesgadas. Dos requisitos parecen indispensables. En primer lugar, la consciencia debe almacenar datos en su *memoria*, información registrada con algún orden cronológico; la constatación mínima del paso del tiempo debe sustentarse en algo así como dos registros interconectados con un criterio claro de precedencia, uno de ellos *anterior* al otro, pasándose recuerdos y emociones de un registro al otro. De hecho, la introspección nos presenta una vasta librería de vivencias, ordenadas y conectadas, en la estantería que llamamos nuestra memoria personal. Un segundo requisito consistiría en una interrelación revisable, sea voluntaria o instintiva, de los registros grabados, de manera que sean reordenados, enriquecidos, devaluados, y sintetizados en un cuerpo compacto de *recuerdos vivos* que constituyen el sentido evolutivo de la existencia.

La mente humana, y en particular su memoria, se mantienen en comunicación constante con el exterior, se nutre de información de todo tipo acerca de los sucesos acaecidos. Algunos de ellos fueron convertidos en datos numéricos, como son los procedentes de la experimentación científica. Hasta hace no muchos siglos, el cerebro humano fue la única memoria disponible para cada individuo. Con el paso del tiempo, la Humanidad se ha ido proveyendo de otros grandes almacenes de información, con los que interrelaciona constantemente. De ellos recibe datos en bruto y devuelve a sus semejantes una información reelaborada,

con la subsiguiente formación del fondo cultural de las poblaciones. La información más antigua disponible sobre la Tierra está en los estratos y fósiles de épocas geológicas pasadas. Fuera de ella se han ido obteniendo datos astrofísicos de los que destaca el llamado *fondo cósmico de microondas*², que está permitiendo construir la historia del Universo. Por otra parte, la memoria más antigua sobre la vida del hombre sobre el planeta es la proporcionada por la arqueología, con ejemplos tales como la dama de Elche, las pinturas de Altamira, el friso del Partenón, los bajorrelieves de la catedral de Toledo, las yeserías de la Alhambra, las pirámides de Egipto, etc. De toda esta memoria puede decirse que suministra información *congelada*, en el sentido de que no puede ser cambiada, sólo conservada y trasladada a otras fuentes manejables, como los libros y los registros electrónicos.

Una fuente de información mucho más nutrida está constituida por las bibliotecas, mucho más voluminosas desde la invención de la imprenta. Modernamente, se ha puesto al alcance una cantidad ingente de información en las grandes bases informáticas de datos, hasta el punto de que las bibliotecas clásicas están a un golpe de tecla desde cualquier ordenador personal o terminal móvil conectado a internet.

Mención especial merece la memoria genética asociada al ADN, cadena de nucleótidos que, no obstante haber sido descubierta en tiempos recientes, es tan antigua como las especies biológicas. Funciona de manera autónoma conteniendo la clave de perpetuación de la especie y, además y dentro de ella, caracteriza e identifica a cada individuo. El volumen de datos de cada hebra de ADN es inmenso, del orden de 10^{12} MB, pero no tiene incidencia directa en la percepción del tiempo, aunque sí indirecta: es gracias a esta memoria por lo que cada individuo de la especie humana mantiene su identidad y su consciencia a lo largo de su existencia.

2. Es una radiación, descubierta en 1965, que inunda todo el Universo con información procedente de los albores de su existencia.