

# Índice general

<b>1. Caracterización de la ciencia y de la técnica</b>	<b>5</b>
1.1. La ciencia como modo de conocimiento . . . . .	5
1.1.1. Nuestra forma de conocer . . . . .	5
1.1.2. La forma de conocer de la ciencia . . . . .	10
1.1.3. Los límites de las ciencias empíricas . . . . .	12
1.2. Técnica y transformación del mundo . . . . .	15
1.2.1. Técnica desde la perspectiva antropológica . . . . .	16
1.2.2. Técnica desde la perspectiva filosófica . . . . .	18
<b>2. Historia de la técnica y de la ciencia</b>	<b>23</b>
2.1. Historia de la Técnica . . . . .	24
2.1.1. La máquina . . . . .	25
2.1.2. La química . . . . .	25
2.2. Grecia (VII a.C.-II d.C.) . . . . .	26
2.3. Roma (I-V d.C.) . . . . .	27
2.4. Edad Media (476-1453) . . . . .	27
2.5. Edad Moderna (1453-1789) . . . . .	27
2.5.1. Renacimiento (s. XV y XVI) . . . . .	27
2.5.2. Barroco (s. XVII) . . . . .	27
2.5.3. Ilustración (s. XVIII) . . . . .	28
2.6. Edad Contemporánea (1789-nuestros días) . . . . .	28
2.6.1. Electricidad . . . . .	28
2.6.2. Radiactividad . . . . .	29
2.6.3. Medicina . . . . .	29
2.6.4. Informática . . . . .	30
2.6.5. Internet . . . . .	31
2.6.6. Física . . . . .	32
2.6.7. Química . . . . .	33
2.6.8. Matemáticas . . . . .	34
2.6.9. Biología . . . . .	34
2.7. Grandes Proyectos . . . . .	35



# Prólogo

“Todos estamos de acuerdo en que la enseñanza universitaria debe proporcionar algo más que un conocimiento de tareas especializadas convertidas en un título y capaces de proporcionar un puesto en el gran sistema funcional de la sociedad. Debe proporcionar eso, pero no *sólo* eso. Una visión global de la ciencia permite una visión de conjunto del mundo en que se vive. Dar eso también es tarea de la universidad”. Ricardo Yepes Stork. *Entender el mundo de hoy*. Rialp, Madrid, 1997.

Este libro surgió como manual de una asignatura que pretende acercar el mundo humanista a nuestros estudiantes científicos. En concreto, los objetivos que nos proponíamos son los siguientes:

1. Fomentar la reflexión sobre los conocimientos científicos y técnicos que se les proporcionan en la carrera.
2. Ofrecer una visión de conjunto de la ciencia.
3. Relacionar esos mismos conocimientos con el mundo que les rodea.
4. Potenciar la formación humanística e integral de los universitarios de Castilla-La Mancha que cursan carreras científico-técnicas.
5. Conocer la responsabilidad ciudadana que afecta a su profesión.



# Capítulo 1

## Caracterización de la ciencia y de la técnica

### 1.1. La ciencia como modo de conocimiento

#### 1.1.1. Nuestra forma de conocer

¿Qué es conocer? Aristóteles nos dice que es captar la realidad, poseerla interiormente de una misteriosa, pero real manera inmaterial. Distingue dos niveles fundamentales: sensible y racional. Los sentidos nos proporcionan la experiencia básica de las cosas, y la inteligencia nos permite entender la realidad. Sentir y entender son dos niveles del conocimiento humano.

#### **Sensación y percepción**

En el conocimiento sensible percibimos la realidad por medio de cinco sentidos externos: tacto, olfato, gusto, oído y vista y cuatro internos: memoria, imaginación, sentido común y estimativa. Los sentidos externos captan propiedades como el color, el sonido, el olor, el sabor o la temperatura. Requieren para ello un estímulo externo: luz, contacto físico, sonido,... Los sentidos internos retienen y ordenan los datos de los sentidos externos sin necesidad de estímulo externo. La memoria almacena y sitúa en el espacio y en el tiempo las sensaciones; el sentido común las unifica; la imaginación las combina de forma creativa; y la estimativa valora lo conocido en función de las necesidades vitales.

También podemos llamar sensación a la captación por los sentidos externos y percepción a la labor de los sentidos internos. Sentir es captar un estímulo en nuestros circuitos nerviosos, esto lo hacemos con los sentidos externos. Percibir, en cambio, es la actividad mental que organiza e interpreta las sensaciones, esto lo haríamos con los sentidos internos. Sensación es un hecho receptivo y pasivo. Percepción es una respuesta activa que selecciona e interpreta las sensaciones.

Esto se comprueba en los niños, en cómo empiezan a conocer usando muchísimo los sentidos externos: todo lo miran, lo oyen, lo cogen, lo chupan, lo tiran para oír como suena, etc., están experimentando constantemente con todos sus sentidos.

## 6CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LA CIENCIA Y DE LA TÉCNICA

### La formación de conceptos

Con esa información que nos llega de fuera y de nuestro interior vamos formando conceptos sobre qué son las cosas. La materia se presenta ante nuestros ojos formalizada: esta combinación de cristal, cuero y metales es un reloj. Nuestros sentidos captan los aspectos materiales, pero la inteligencia capta, por medio del concepto, lo que en realidad tengo delante: una maquinaria para medir el tiempo. El concepto es la imagen que refleja en nuestro interior la exterioridad que nos rodea, refleja su esencia o función. Todas las máquinas o instrumentos que sirvan para medir el tiempo los reconoceré como un reloj: el del ordenador, el despertador o uno de arena.

Concepto es una representación mental de una clase de seres u objetos unidos por una característica común. Por ejemplo, reloj como una maquinaria para medir el tiempo.

Abstracción es el proceso mental que nos permite encontrar los rasgos esenciales y comunes a muchos seres, y formar los conceptos correspondientes. Por ejemplo, reloj, número uno, conjunto de números, etc., son abstracciones sucesivas.

Las preguntas sobre el qué no se contestan con los datos captados por el ojo. El ojo ve, pero no es de su incumbencia saber en qué consiste eso que ve. Es labor del entendimiento, de la inteligencia 'intus legere' leer el interior, conocer en profundidad, saber lo que en el fondo es una cosa. Conocemos el mundo a través de sensaciones que nos llegan por los cinco sentidos. Pero más allá de la sensación que nos permite ver u oír algo, podemos preguntarnos qué es ese algo. No preguntamos por lo que vemos, sino precisamente por lo que no vemos. Pues las cosas no se reducen a lo que de ellas se ve, y por eso se hace necesario distinguir entre ver y entender. Eso explica que un niño que ve lo mismo que su padre pregunte ¿qué es eso? Está claro que entender no es lo mismo que sentir. Entender el calor no calienta, mientras que sentirlo sí. Y si lo que entiendo es el fuego mi entendimiento no arde en llamas, nuestra inteligencia puede jugar con fuego sin quemarse. Ello es así porque lo que conoce son formas conceptuales, y los conceptos son inmateriales. La facultad de elaborar conceptos inmateriales ha de ser igualmente inmaterial.

La unión de dos o más conceptos según el esquema sujeto-verbo-predicado da lugar a un juicio. La unión de juicios o proposiciones en forma de premisas y conclusión da lugar a un razonamiento. Por los conceptos entendemos la realidad, y gracias a los juicios y a los razonamientos nuestro conocimiento progresa.

### Lógica

Todo razonamiento consta de varias premisas y una conclusión que se deriva lógicamente de las premisas.

Premisa 1: Todo hombre es mortal.

Premisa 2: Sócrates es hombre.

Conclusión: Por tanto, Sócrates es mortal.

#### 1. Reglas de lógica

- a) Premisas verdaderas. Premisa 1: Todo hombre es francés. Premisa 2: Sócrates es hombre. Conclusión: Por tanto, Sócrates es francés.

La conclusión sería cierta si las dos premisas lo fueran. El juicio está bien construido según las leyes de la lógica, pero es falso en sus premisas.

La lógica sin verdad puede ser cómica como la batalla de D. Quijote con los molinos. Pero también puede ser trágica: una idea falsa sobre la dignidad

del hombre y sus derechos con lógica implacable, llevó a Stalin, Hitler y Mao a exterminar a millones de seres humanos. La lógica no se justifica por sí misma, ha de respetar la verdad.

- b) Elemento común en las dos premisas. Premisa 1: Es de día. Premisa 2:  $2 + 2 = 4$ . Conclusión: No se deduce nada.
  - c) La conclusión se tiene que desprender necesariamente, la conclusión está implícita en la premisa porque expresa una característica esencial. Premisa 1: Los americanos son hombres. Premisa 2: Algunos hombres son músicos. Conclusión: Los americanos son músicos (falsa).
2. Primeros principios. Son la base necesaria e indemostrable de toda demostración, lo que es evidente y no necesita demostración y de lo que se saca todo lo demás:
- a) Principio de identidad: todo ser es igual a sí mismo.  $5 = 5$  y sólo a 5, hay otras representaciones que también son 5,  $4 + 1$ ,  $3 + 2$ .
  - b) Principio de no contradicción: nada puede ser y no ser al mismo tiempo y desde el mismo punto de vista. Nací en un pueblo de Valladolid. No puede ser a la vez que naciera en un pueblo de Valladolid y no naciera en un pueblo de Valladolid.
  - c) Principio de tercero excluido: entre el ser y el no ser no existe término medio. O nací o no nací en un pueblo de Valladolid, pero no medio nací en un pueblo de Valladolid.
  - d) Principio de razón suficiente: los efectos son proporcionados a las causas.
3. Tipos de relaciones lógicas:
- a) Afirmación o negación. Por ejemplo, iré a Madrid, no iré a Madrid.
  - b) Unión de dos enunciados: las dos tienen que ser verdaderas para que sea cierta la unión. Por ejemplo, iré a Madrid y pasaré por tu casa. Si no cumplo alguna de las dos, entonces es falsa entera.
  - c) Disyunción: es falsa cuando las dos son falsas, verdadera en cualquier otro caso. Por ejemplo, iré a Madrid o me quedaré en Ciudad Real. Si voy a Toledo, entonces es falsa.
  - d) Implicación: A implica B, no B implica no A; el si y sólo si. Por ejemplo, si voy a Madrid te llamaré. Falsa cuando B es falso. Puedo llamarte sin ir a Madrid, es decir, B no implica A. En los razonamientos vistos al principio de esta sección, una de las premisas se omite, aunque está presente de forma implícita y sólo se expresa la conclusión, de manera que el razonamiento tiene forma de implicación. Por ejemplo, ‘todo hombre es mortal, luego Sergio es mortal’ se entiende que Sergio es hombre, no hace falta explicitarlo, es la premisa implícita. Ejemplo de si y sólo si es ‘progreso si y sólo si cambio a mejor’.
4. Falacias o sofismas. Un sofisma es una razón o argumento aparente con que se quiere defender o persuadir de lo que es falso. Es decir, es una argumentación que parece correcta y no lo es. Hay una verdad aparente y un error oculto. Muchos están motivados por el significado ambiguo o equívoco que damos a las palabras. Si digo “no soy libre porque no puedo hacer todo lo que quiero”, estoy confundiendo libertad con omnipotencia. Es el mismo equívoco que le ocurre a

## 8CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LA CIENCIA Y DE LA TÉCNICA

D. Quijote: “Quiero rogar a estos señores guardianes y comisario sean servidos de desataros y dejaros ir en paz; que no faltarán otro que sirvan al rey, en mejores ocasiones; porque me parece duro caso hacer esclavos a los que Dios y naturaleza hizo libres” (confunde ‘libertad del ser humano’ con la libertad de estar fuera de la cárcel). Siempre se tiene la libertad interior de pensar lo que se quiera, de aceptar la situación o revelarse o desesperarse, etc.

- a) Recurrir a la compasión. Por ejemplo, algunos alumnos en la revisión de su examen, hay que explicarles que de tener un 3 y la abuela enferma no se deduce que tengas un 5. La eutanasia apela al sentimiento para justificar un suicidio y un asesinato.
- b) Falsa atribución de causalidad. De dos fósiles parecidos, uno más antiguo que otro no se deduce necesariamente que uno provenga de otro por evolución, podría ser así como hipótesis, pero no se puede decir categóricamente.
- c) Dar por demostrada una premisa que no lo está. Por ejemplo, Eduardo Punset dice: ‘la mujer de hoy no se parece en nada a la Lucy de hace dos millones de años, el primer fósil femenino con el que contamos’, está dando por demostrado que es antepasada nuestra cuando Lucy es un fósil de homínido, los científicos piensan que su especie se extinguió o que falta un eslabón para demostrar que sea ascendiente nuestra.
- d) Conclusiones que no se deducen de las premisas. Por ejemplo, ‘ha subido la temperatura en 3° C, luego dentro de 100 años habrá un periodo glacial’.
- e) Generalización arbitraria. Por ejemplo, ‘todos los españoles son toreros’.
- f) Desprestigio de una persona para rechazar sus argumentos, son los llamados argumentos ‘ad hominem’ que pretenden insultar solapadamente. Por ejemplo, las acusaciones a Benedicto XVI de nazi porque le obligaron a alistarse a las 16 años y desertó arriesgando la vida.
- g) Excesivo argumento de autoridad. Por ejemplo, la ministra en un discurso para justificar el cambio en la ley de educación dijo: ‘como dijo Unamuno, el progreso implica cambio’, de acuerdo, pero el cambio no siempre implica progreso, para que se dé el progreso tiene que haber un cambio a mejor, tendría que explicarnos qué mejoría nos va a traer la ley.
- h) Demagogia. Es la práctica política consistente en ganarse con halagos el favor popular. Es una degeneración de la democracia, consistente en que los políticos, mediante concesiones y halagos a los sentimientos elementales de los ciudadanos, tratan de conseguir o mantener el poder. Apelan al sentimiento para lograr asentimiento prometiendo conquistas imposibles (faltan las premisas de las que se deducirá el logro). Por ejemplo, ‘conseguiremos viviendas asequibles para los jóvenes’.

### La verdad

Sto. Tomás de Aquino la define como ‘adecuación entre el entendimiento y la cosa’. Como veremos en los límites de la ciencia, Gödel decía que el concepto de ‘verificabilidad’ es más débil que el de verdad porque existen proposiciones verdaderas que no es posible demostrar. Llegar a la verdad sobre un asunto cuesta tiempo y esfuerzo (mucha gente ha muerto pensando que el sol gira alrededor de la Tierra), por eso, a lo largo de ese camino hay unos grados de validez que damos a nuestro conocimiento: duda, opinión, certeza.

1. Duda: fluctuar entre la afirmación y la negación de una proposición sin apoyarse más en una que en otra. Por ejemplo, no sé si Sergio es hijo único o no.
2. Opinión: adhesión a una proposición sin excluir la posibilidad de que sea falsa. Siguiendo con el ejemplo anterior, me comenta Belén que ella cree que tiene un hermano porque un día les vió y se parecían, entonces me inclino más a que no es hijo único. No todas las opiniones valen lo mismo, Séneca aconsejaba que las opiniones no debían ser contadas, sino pesadas. No todo es opinable, lo que se conoce de forma inequívoca no es opinable sino cierto.
3. Certeza: lo que se conoce de forma inequívoca. Siguiendo con el ejemplo, le pregunto a Sergio y me dice que no es hijo único, entonces ya lo sé como cierto.

La certeza se fundamenta en la evidencia y la evidencia no es otra cosa que la presencia patente de la realidad. La evidencia puede ser mediata o inmediata. Es mediata cuando no se da en la conclusión sino en los pasos que conducen a ella. La proporcionada por la garantía que nos merece un conjunto unánime de testigos: los medios de comunicación, los historiadores, la comunidad científica,... tradición y autoridad cualificados. Dar crédito, creer, tener fe son hechos racionales. ¿Puede tener evidencia el que cree? Sabemos que la certeza nace de la evidencia. ¿Qué evidencia se le ofrece al que cree? Sólo una: la de la credibilidad del testigo. Aquí se pueden incluir creencias religiosas. Por ejemplo, creo a Sergio cuando me dice que no es hijo único, por la credibilidad que me merece, pero yo no sé nada de su familia. Creo en el Dios que me comunica Jesucristo por la credibilidad del testigo y de los testigos sucesivos (tradición).

**La mayoría, los reduccionismos y los tópicos.** El pensamiento de la mayoría no es criterio de verdad. “El hecho de que millones de personas compartan los mismos vicios no convierte esos vicios en virtudes; el hecho de que compartan muchos errores no convierte éstos en verdades”. (E. Fromm). La realidad es compleja los reduccionismos sólo se quedan con una parte, expresan errores o medias verdades. Por ejemplo, la historia como simple lucha de clases para el marxismo. Los tópicos o eslóganes son fórmulas o clichés sobre ciertos asuntos que están en el ambiente, pero que no se corresponden con la realidad en muchas ocasiones. Por ejemplo, llamar comida basura a la comida rápida, cuando es comida que pasa todos los controles higiénicos y se aprecia la calidad. Ciertos prejuicios que nos vienen dados por las modas o que otros piensan por nosotros y admitimos sin contrastar.

**La manipulación de la verdad.** El poder económico con la publicidad y el poder político con la propaganda manipulan la verdad según sus intereses. Por ejemplo, la industria farmacéutica financia las campañas contra el sida, de manera que parece que la única forma de resolver el problema es usar un preservativo, cuando tiene un 10% de riesgo y el reclamo invita a la promiscuidad, y hay otras formas mucho más eficaces, como la continencia fuera del matrimonio. Alguien dice esto y le tachan de retrógrado, que es un claro eslogan promovido por las farmacéuticas, entre otros. En la TV pública el bueno es el partido del poder y el malo el otro. Los eufemismos son formas de decir que pretenden decorar la realidad, como por ejemplo, llamar crema de verduras a un puré, interrupción voluntaria del embarazo al aborto, muerte digna a la eutanasia activa,...

**La negación escéptica.** El escepticismo, el relativismo y el subjetivismo niegan la capacidad humana de conocer la verdad porque cada uno opina una cosa, decir que todo es relativo, que no existe ninguna verdad absoluta se contradice a sí mismo, pretende que sólo exista una verdad absoluta: que todo es relativo, que se contradice a sí mismo. El hecho de que cada uno opine una cosa porque su conocimiento no está cierto en eso, no quiere decir que eso de lo que se habla no tenga una realidad (verdad) independiente

de cualquier opinión. Por ejemplo, yo puedo pensar que Sergio es hijo único y Belén puede pensar que no, pero lo que sea en la realidad es independiente de lo que pensemos de ella, la realidad es por sí misma. Es una postura muy cómoda, porque permite desentenderse de la dura tarea de buscar la verdad. Pero es una postura peligrosa, porque la verdad no es un adorno intelectual, sino una necesidad vital: sólo se sobrevive en la verdad. Por ejemplo, no ver un STOP te lleva a no actuar conforme a la realidad y a poner en peligro tu vida. Además esta postura desprecia la inteligencia.

Simplificando bastante, hay dos grandes y principales corrientes filosóficas: realismo e idealismo. El realismo defiende la existencia objetiva de la realidad con independencia del sujeto que conoce, frente al idealismo que duda de esa existencia extramental, y afirma que solo existe en nuestra mente, que no podemos asegurar que exista fuera de nuestra mente (¿cómo sabemos que no estamos metidos en MATRIX?). La negación escéptica se deduce del idealismo. Esto no son elucubraciones de la filosofía, es la vida misma. Mucha gente para unas cosas es realista y para otras se mete en MATRIX, dependiendo de sus intereses. Es decir, para algunas cosas tiene en cuenta como es de verdad el mundo y para otras no le interesa llegar a la verdad, porque la realidad es dura, se la inventa y se piensa que ella construye la realidad exterior. Es una actitud muy poco coherente, además de que meterse en MATRIX tiene sus peligros. Por ejemplo, cualquiera es realista a la hora de invertir su dinero y se informa lo más que puede (una casa), pero un embrión no se puede saber si es una persona humana porque la mayoría de los anticonceptivos son abortivos.

Frente a esta negación escéptica S. Agustín argumenta:

1. los sentidos nos pueden engañar, pero no podemos dudar de la existencia extramental de las cosas;
2. podré dudar de todo, pero no puedo dudar de mi existencia;
3. no puedo dudar de las verdades matemáticas, ni de los primeros principios.

La ciencia se enmarca en la filosofía realista, hay un mundo y quiere saber qué es y cómo funciona. Por supuesto sólo le interesa la verdad sobre ese mundo y no es escéptica sino esperanzada a la vista de los logros conseguidos y de sus posibilidades.

### **1.1.2. La forma de conocer de la ciencia**

El saber científico se ajusta al modo de conocer que hemos descrito en la sección anterior: observación del mundo, formación de conceptos y posterior comprobación de que el concepto se corresponde al mundo, es decir, que se produce esa adecuación entre el entendimiento y la cosa, que es la verdad. Porque conocer algo que es falso no es conocer, es ignorar. Aristóteles comienza su *Metafísica* señalando que “todos los hombres desean por naturaleza saber”. Ciencia proviene del latín ‘scientia’, un sustantivo que procede del verbo ‘scire’, que significa saber. Al principio de la ciencia moderna (Grecia clásica), ciencia era sinónimo de conocimiento, a medida que han aumentado los conocimientos se han separado unos de otros excesivamente (‘Aquí no entre nadie que no sepa geometría’, ponía en un cartel a la entrada de la Academia en Atenas), principalmente en ciencias y letras. Llamándose ciencias a las disciplinas que se ocupan de cuestiones cuantificables materiales y que, por lo tanto, utilizan métodos matemáticos, frente a las disciplinas que se ocupan de cuestiones más relacionadas con el espíritu humano, como pueden ser la literatura, la filosofía, el arte, la ética, la historia, etc. Vamos a seguir esa distinción.

1. Formales: trabajan con conceptos abstractos y razonamientos que no se pueden comprobar experimentalmente en la realidad, que no quiere decir que estén desligadas de ella. No estudian la realidad en su materialidad. Son las matemáticas y la lógica.
2. Empíricas: tienen un correlato real en el mundo.
  - a) Naturales: física, química, biología, fenómenos deterministas.
  - b) Sociales: sociología, economía, política, fenómenos no deterministas, en los que entra en juego la libertad humana.

### Métodos de investigación

Veníamos diciendo que la ciencia participa de nuestra forma de conocer siguiendo el mismo esquema: observación del mundo, formación de conceptos y posterior comprobación:

1. Observación del objeto de estudio, experimentación, toma de datos, ...
2. Formación del concepto, hipótesis, modelo matemático, ...
3. Comprobación de que el concepto se ajusta a la realidad.

Método (del griego *métodos camino*) es el camino inteligente que recorre la ciencia entre hipótesis y comprobaciones, hasta lograr leyes y teorías que pueden demostrarse y darse a conocer públicamente, y que expresan conocimientos ciertos. La ciencia busca enunciados universales, es decir, conocimientos válidos en todo tiempo y lugar, por ejemplo, el calor dilata los metales. La finalidad del método científico es ir más allá de la mera descripción del mundo y descubrir los mecanismos que permiten el funcionamiento de la realidad, para reproducir de forma dirigida ese comportamiento en la técnica, predecir y prevenir situaciones futuras (tiempo meteorológico), etc. Algunos pasos del método son: el análisis y la síntesis, la inducción y la deducción, la definición, etc.

- *Análisis*. Analizar es dividir un todo en las partes que lo constituyen para facilitar su estudio de forma minuciosa y ordenada. Por ejemplo, el cuerpo humano en medicina.
- *Síntesis*. Sintetizar es la composición e integración de lo que se ha estudiado por separado. Es preciso recomponer los elementos en que se ha dividido una realidad compleja.
- *Inducción*. Inducir es establecer una ley general a partir de conocimientos particulares. La naturaleza se comporta de manera uniforme, no es necesario hacer el experimento cada vez para saber que ocurre así. Por ejemplo, la ley de la gravitación universal de Newton: la fuerza con que se atraen dos cuerpos es proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.
- *Deducción*. Deducir es pasar de lo general a lo particular. Por ejemplo, yo que ya conozco la ley deduzco que si suelto este boli se caerá al suelo.
- *Definición*. Definir es acotar, delimitar, señalar los límites conceptuales de un ser respecto a los demás. La definición puede ser etimológica (filosofía significa amor a la sabiduría) o real (filosofía es una reflexión sobre la totalidad de lo que existe, por sus causas más radicales). La definición real puede ser esencial e intrínseca (el hombre es un animal racional), extrínseca (un reloj es una máquina

## 12CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LA CIENCIA Y DE LA TÉCNICA

para medir el tiempo), descriptiva (el agua es una sustancia incolora, inodora e insípida), genética (el bronce es una aleación de cobre, cinc y estaño), causal (la Odisea es un poema escrito por Homero). En cualquier caso, la definición debe afectar solo a lo definido (no puedo definir al hombre solo como animal), debe ser más clara que lo definido (no puedo definir democracia como paradigma y cúspide de la evolución política), no debe ser negativa (europea es una persona que no es asiática), debe ser breve, y lo definido no puede entrar en la definición (culpable es quien ha incurrido en culpa).

Cada ciencia delimita su objeto de estudio y adecua a ese objeto su método. En concreto, en las ciencias empíricas el método contaría con los siguientes pasos:

1. Observación y análisis de los hechos. Toma de datos.
2. Cuantificación de los mismos y estadística.
3. Construcción de una hipótesis, generalmente en forma de ecuación o ley matemática.
4. Comprobación experimental de la hipótesis.
5. Formulación de una teoría explicativa traducida en leyes de validez general.

Por ejemplo, la convección de Rayleigh-Bénard: se observa que al calentar por debajo un fluido contenido en un recipiente, a partir de una temperatura empieza a moverse formando rollos. ¿Cuál es el mecanismo subyacente? Hipótesis: el empuje de Arquímedes. Se plantean los balances que se tienen que cumplir: masa, ímpetu y energía y resolviendo las ecuaciones correspondientes se observa que es el empuje el responsable de la formación de los rollos. Se comparan las soluciones del modelo con las observaciones experimentales para formular la ley de que el empuje es responsable de la formación de los rollos.

### 1.1.3. Los límites de las ciencias empíricas

La ciencia tiene muchas posibilidades de conocimiento, pero también está limitada, aquí exponemos algunos de esos límites, hay más, algunos por descubrir.

1. Límites de la racionalidad. El teorema de incompletitud de Gödel es un límite de la racionalidad rigurosamente demostrado. Para entenderlo mejor vamos a definir algunos conceptos previos:
  - Axioma: es una evidencia básica que se acepta sin demostración y sirve de cimiento para construcciones lógicas intelectuales subsecuentes. Por ejemplo, en la Geometría Euclídea plana: por dos puntos distintos pasa una única recta; en ajedrez el caballo se mueve en L.
  - Sistemas basados en un número finito de axiomas: es todo el conjunto de conocimiento: axiomas y deducciones lógicas de los axiomas. Por ejemplo, juegos como el ajedrez, los programas de ordenador, Matemáticas, Lenguaje, etc. en definitiva todo nuestro conocimiento.
  - Proposición formalmente ‘decidible’: es aquella cuya verdad o falsedad puede decidirse o demostrarse usando la lógica y los axiomas. Por ejemplo, dos rectas diferentes no se cortan o se cortan en un único punto; en ajedrez jugada en la que gana uno de los dos. No ‘decidible’: quedar en tablas.
  - Sistema completo: es aquel que no tiene proposiciones ‘indecidibles’.
  - Sistema consistente: es aquel que no puede conducir a resultados contradictorios.

*Presentación sencilla del teorema. Parte I.* En sistemas basados en un número finito de axiomas existen aseveraciones cuya verdad/falsedad no vamos a poder demostrar, es decir, existen proposiciones ‘indecidibles’. Por ejemplo, en cualquier juego hay jugadas en tablas, en programación en el ordenador a veces se plantean iteraciones que se quedan en un bucle infinito, ... Hay que salir fuera del sistema para decidir, es decir, dentro de las reglas del sistema no se llega a solución. Salir fuera es añadir una nueva regla, por ejemplo, en caso de quedar en tablas en ajedrez gana quien haya conseguido más piezas. Pero aun así podrían tener el mismo número de piezas, entonces habría que añadir otra, ... Si todo lo ‘indecidible’ lo incluyéramos como axioma, es decir, requerimos al sistema que siempre podamos decidir sobre la verdad o falsedad de una proposición llegamos a la segunda parte del teorema.

*Parte II (Teorema de ‘incompletitud’ de Gödel).* Si requerimos al sistema que siempre sea posible decidir la verdad o falsedad de una proposición (que sea completo), entonces aparecerán contradicciones (no será consistente).

Este descubrimiento tiene unas implicaciones muy importantes para nuestros sistemas de pensamiento y ha cambiado las perspectivas de conocimiento. Comentamos algunas de ellas:

- a) Racionalismo. El sueño de la razón ilustrada, de llegar con la razón a conocer todo, lo que sólo sería cuestión de tiempo, se demuestra que es un sueño imposible.
- b) Ciencia. El viejo ideal de la ciencia de encontrar un conjunto de axiomas del que pudieran deducirse las leyes de todos los fenómenos del mundo real, es un ideal imposible.
- c) Matemáticas. A finales del s. XIX y principios s. XX hubo un intento de fundamentar las Matemáticas, para deducir de ahí todo el edificio y a continuación todas las demás ciencias de la Naturaleza. La matemática pasó una época rigorista (Bourbaki). Con su teorema, Gödel en 1931 demuestra que es una tarea imposible y que el único fundamento de las Matemáticas consiste en que al aplicarlas a la realidad funcionan. Hay que salir fuera de ellas para encontrar su fundamento, no tienen un fundamento por sí mismas. El s. XXI es una época menos rigorista y más utilitarista (de servicio y utilidad al resto de ciencias).
- d) El intento de los sistemas filosóficos de deducir toda la realidad de unos pocos principios, es un intento fallido.

Las Matemáticas, el Lenguaje, la Física, la Filosofía, etc. no son sólo un conjunto de axiomas del que se deducen por lógica unas proposiciones, sino que además se refieren a una realidad exterior, por ejemplo  $2 + 2 = 4$  es un hecho de la realidad, mientras que el caballo se mueva en L es una cuestión arbitraria, de juego, podía moverse en S, pero  $2 + 2$  nunca podrán ser 7 en la realidad. La realidad tiene una entidad de ser que no tienen nuestras construcciones mentales. Gödel afirma que el concepto de ‘verificabilidad’ es más débil que el de verdad porque existen proposiciones verdaderas que no es posible demostrar. No quiere decir que nuestro conocimiento sea falso, sino que con la razón nunca vamos a poder abarcar toda la realidad, es decir, que es limitada. Pero sí que podemos conocer muchas cosas. Todo no, pero sí mucho.

Un ejemplo de contradicción en el lenguaje es la frase de Sócrates “Yo sólo sé que no sé nada”. Hay que mirar a la realidad o sabes algo o no sabes nada;

## 14CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LA CIENCIA Y DE LA TÉCNICA

está claro que Sócrates sabía algo. Las contradicciones en el lenguaje son formas poéticas de hablar que sobreentienden muchas cosas, Sócrates quería decir que su conocimiento era muy limitado. En el lenguaje hay mucho querer decir, leer entre líneas, ... En las contradicciones suele haber una referencia a sí mismo que lleva a contradicción, en el conocimiento del mundo somos una parte del modelo queriendo hacer un modelo sobre sí mismo, ¿sólo desde fuera del mundo se podría hacer un modelo completo y consistente del mundo?

### 2. Límites de la medibilidad.

- a) Principio de incertidumbre de Heisenberg. No se puede conocer con exactitud a la vez la posición y la velocidad de un cuerpo. Si se conoce exactamente una de ellas hay un margen de error (incertidumbre) en la otra. Esto es sencillamente que para calcular la velocidad ( $e/t$ ) tengo que considerar un tramo de espacio en un intervalo de tiempo. Heisenberg quería describir la posición de una partícula observándola. Pues bien, imaginemos un microscopio que pueda hacer visible un electrón. Si lo queremos ver debemos proyectar una luz o alguna especie de radiación apropiada sobre él. Pero un electrón es tan pequeño, que bastaría un solo fotón de luz para hacerle cambiar de posición apenas lo tocara. Y en el preciso instante de medir su posición, alteraríamos ésta. Aquí nuestro artificio medidor es por lo menos tan grande como el objeto que medimos; y no existe ningún agente medidor más pequeño que el electrón. En consecuencia, nuestra medición debe surtir, sin duda, un efecto nada desdeñable, un efecto más bien decisivo en el objeto medido. Podríamos detener el electrón y determinar así su posición en un momento dado. Pero si lo hiciéramos, no sabríamos cuál es su movimiento, ni su velocidad. Por otra parte, podríamos gobernar su velocidad, pero entonces no podríamos fijar su posición en un momento dado. Heisenberg demostró que no nos será posible idear un método para localizar la posición de la partícula subatómica mientras no estemos dispuestos a aceptar la incertidumbre absoluta respecto a su posición exacta. Es imposible calcular ambos datos con exactitud al mismo tiempo. El principio de incertidumbre es otro límite de mi conocimiento, pero no cambia nada las cosas sobre la realidad material: leyes y determinismo.
- b) Límites en las escalas. La nanotecnología es la tecnología a escala del nanómetro, millonésima parte de un milímetro ( $10^{-9}$ m), hay investigación en computadores cuánticos (a nivel atómico), podemos llegar a los quarks que forman los protones y neutrones, pero ¿se puede dividir el electrón? El mismo límite en las escalas pequeñas lo tenemos en las grandes con el universo.

### 3. Límites de la modelización.

- a) Física estadística. Habla sólo de función de probabilidad de encontrar un electrón en un espacio o de encontrar unas moléculas en un gas. Pero esto es debido a que nuestro conocimiento tiene ese límite, no podemos simular el movimiento de millones de moléculas, nos tenemos que conformar con una descripción estadística de las mismas: probabilidad de que en un determinado tiempo se encuentren en un determinado espacio. Es un límite de nuestro conocimiento. Pero no quiere decir que ocurran las cosas al azar en el mundo físico. Todo se mueve siguiendo unas leyes fijas y completamente

deterministas, salvo el hombre. Einstein dijo aquello de “Dios no juega a los dados”.

- b) Física del caos y la complejidad. Observado por primera vez por Lorenz en 1963. Hay sistemas en los que hay una gran sensibilidad a las condiciones iniciales. Si una condición inicial es un poco distinta de otra, la evolución del sistema en cada caso es completamente distinta (efecto mariposa: el aleteo de una mariposa en Tokio provoca un huracán en Florida); el tiempo climático es un sistema caótico, por eso hay algunos días a lo largo del año en los que es imposible predecir el tiempo o las predicciones son erróneas y es imposible llegar a las verdaderas. Los sistemas caóticos presentan otro límite a nuestro conocimiento.
4. Límite de la finitud humana. En las Olimpiadas se ve patente: hace 60 años el récord de 100m lisos estaba en 12s, hoy está en 8s, claramente hay un límite. Y así con todas nuestras capacidades.
  5. Límites en el proceso de conocimiento. Hay una dependencia del proceso cognitivo respecto de la tecnología, lo que lleva al fenómeno de rendimientos decrecientes: cada paso sucesivo implica costes crecientes para obtener un progreso menor. Por ejemplo, lo que hay que estudiar para llegar al estado de conocimiento sobre algo.
  6. Límites con otros conocimientos. Por su propio método empírico sólo puede concluir sobre lo que es cuantificable y experimentable (por ejemplo, el premio Nobel en Física solo se da a cuestiones experimentadas). No es legítima la pretensión de considerar como único objeto de conocimiento lo que se puede medir, contar, verificar y expresar matemáticamente (cientificismo y positivismo). La ciencia empírica es uno de los modos de ejercitar la razón, pero no el único. De hecho, las cosas más importantes en la vida de una persona no son expresables con una fórmula matemática, la amistad, el amor,... Cuando un escritor escribe una novela está poniendo en marcha su razón, construye frases con sentido que nos muestran un mundo que el imagina o unas experiencias vividas. La leemos y nos aporta un conocimiento, no es científico, pero tampoco es irracional. Algo parecido le pasa a la fe.
    - a) Límites con la ética. Es claro que no se debe experimentar con seres humanos, que hay unos límites en la experimentación animal, también los hay en el uso de los bienes materiales porque hay que respetar la naturaleza.
    - b) Límites con la filosofía y la religión. La pregunta sobre la finalidad y el principio del mundo no la resuelve la Física. ¿Por qué y para qué existe el mundo y nosotros? Parece que apareció de la nada; pero de la nada no sale nada (dicho ‘donde no hay mata no hay patata’). ¿Existe Dios? El realismo filosófico demuestra que sí por el orden, el movimiento, la causalidad,... pero ni la Física, ni ninguna ciencia empírica pueden decir nada sobre el asunto sin salirse de su método. La pregunta metafísica radical ¿por qué existe algo?

## 1.2. Técnica y transformación del mundo

Para los griegos la actividad humana se dividía en poiesis (producción), frente a teoría (contemplación) y praxis (acción entre los propios hombres: ética y política).

La técnica pertenecería al ámbito de la producción, mientras que la ciencia sería una parte de la contemplación. La finalidad del método científico es ir más allá de la mera descripción del mundo y descubrir los mecanismos que permiten el funcionamiento de la realidad para reproducir de forma dirigida ese comportamiento en la técnica (por ejemplo, los que estudian y reproducen el vuelo de los insectos para espionaje), predecir y prevenir situaciones futuras (tiempo meteorológico, terremotos), ... La técnica es un tipo de actividad propia del hombre que aparece en vista a la supervivencia y el bienestar. La acción técnica se caracteriza por la producción de cosas, es decir, artefactos. La técnica es la creación o producción de algo que no existe en la naturaleza, aunque para conseguirlo se utilicen elementos naturales. Así se fabrica lo artificial. La técnica es acción productiva de lo artificial, para lo cual el hombre necesita de recursos naturales y de su propio saber. Es un hacer orientado y perfectamente dirigido por el hombre, pero para ello se necesita que esté asociado a cierto saber. La búsqueda de la máxima eficacia y productividad han hecho que la técnica se sitúe cerca de la ciencia. Este fundamento científico de la técnica moderna es lo que suele denominarse tecnología. Estudiamos la forma de actuar de la naturaleza y la copiamos en nuestro provecho.

“Lo propio de la técnica no es hacer instrumentos para situaciones que no se han presentado y nunca se van a presentar; es hacer en una situación instrumentos que no solo sirven para resolverla, sino que previenen todas las demás situaciones. El chimpancé amontona cajas para alcanzar un plátano, pero jamás se pone a amontonarlas para cuando haya un plátano que arrebatar. Ahí está la diferencia radical y fundamental entre la técnica y todo hacer biológico. El hombre, con su intervención ulterior, va a entrar en la realidad no simplemente modificándola de una manera biológica, sino de una manera específicamente humana: dominándola. La técnica no sólo es una modificación, es poder sobre las cosas. X. Zubiri. *Sobre el hombre*. Madrid, Alianza.

### 1.2.1. Técnica desde la perspectiva antropológica

#### Técnica en los comienzos de la humanidad

Las raíces biológicas del ser humano (filogénesis) parece ser que se remontan al tronco común de los primates. Hace más de cien mil años aparece el homo sapiens, muy conocido por los hallazgos en Neandertal (Alemania) y Cro-Magnon (Francia). Del hombre de Cro-Magnon parece descender la especie humana actual. Hay restos de distintos antropoides anteriores que se extinguieron, pero con ninguno hay una relación de continuidad con el hombre (el eslabón perdido). El hombre actual proviene de un mismo y único tronco común. Esos antropoides no tienen las características de desarrollo social e instrumental que caracterizan al hombre. La técnica, el elaborar intencionalmente un utensilio para resolver una necesidad, es una característica de humanidad. Por otra parte se aprecia que la inteligencia del hombre primitivo era igual que la del actual, solo que ahora tenemos acumulación de saberes, pero hay que ser muy inteligente para inventar algo, ya sea una flecha, el fuego o la rueda.

#### Conducta animal y conducta humana

La conducta animal es siempre la respuesta a los datos captados del mundo circundante. Hay una adecuación entre el estímulo y la respuesta. Es una conducta innata, estable y automática que se llama instinto. Alimentarse y reproducirse son los fines de todo animal. La función del conocimiento animal no es alterar estos fines, sino al-

canzarlos del mejor modo posible. El hombre en cambio puede establecer sus propias finalidades. El comportamiento animal está esculpido por el estímulo: A implica B. El hombre es capaz de considerar los objetos por sí mismos. Por ejemplo, para un lobo un cordero es comida y punto, pero para una persona puede ser un elemento de belleza en el paisaje. El hombre sale del tiempo y del espacio: puede estar interesado en el pasado (arqueología) o en el futuro (estudiante). Todo esto gracias a su inteligencia y su libertad. Un ejemplo de conducta instintiva lo demuestra el siguiente experimento de Pavlov: se sitúa un simio en una balsa que flota en el centro de un lago. Entre él y la comida hay un fuego y un depósito de agua y un cubo, se le enseña a sacar agua del depósito y apagar el fuego para llegar a la comida. Un día no se le pone agua en el depósito y el simio sigue metiendo el cubo en el depósito vacío sin pensar que puede llenarlo del agua del lago. No tiene una idea abstracta del agua como tal. El animal ve siempre en el agua una sustancia capaz de saciar su sed o el peligro de ahogarse, algo en relación con su supervivencia. El hombre la manipula (la evapora, la congela, navega, riega, etc.) porque sabe en alguna medida, lo que es el agua. La técnica es una demostración definitiva de la inteligencia humana y de la no inteligencia animal, pues la conversión de un objeto en instrumento requiere haber entendido qué es y qué propiedades tiene. La lanza para los animales grandes, las flechas para los pájaros. Sería un error pensar que el hombre inventa la flecha sólo porque tiene necesidad de comer pájaros. También el gato tiene esa misma necesidad y no inventa nada. El hombre inventa la flecha porque su inteligencia descubre la oportunidad que le ofrece la rama. El hambre solo impulsa a comer, no a inventar flechas: son dos cosas muy diferentes. Por eso, no es correcto explicar al hombre sólo desde sus necesidades. El hombre gracias a su inteligencia consigue de la realidad lo que ningún animal puede. Incluso actualmente una parte de la técnica está desligada de las necesidades vitales, más bien crea necesidades para que consumamos.

### La naturaleza humana

La naturaleza de un ser expresa su forma de ser y de actuar; sus cualidades esenciales y sus operaciones. Es la esencia de los seres que poseen en sí mismos el principio de su movimiento. En el hombre se correspondería con animal racional ¿Es lo racional una cualidad derivada de lo animal o, por el contrario, son dos formas de vida irreductibles, aunque aparezcan inexplicablemente compenetradas? Cómo un sistema físico puede ser consciente, amar, entender, autoentenderse y conducirse libremente. Este comportamiento no es material, trasciende la materia. Es una pregunta en el terreno de la Metafísica o Filosofía, pero no de la ciencia empírica. Hay una tendencia ideológica que pretende reducir todo a materia en base a conocimientos neurológicos, pero de estos conocimientos neurológicos no se deduce que el espíritu provenga de la materia, se puede deducir igualmente que materia y espíritu se compenetran, se influyen mutuamente. Vimos que los conceptos son inmateriales y sólo una facultad inmaterial es capaz de lo inmaterial, por eso decimos que la inteligencia y la voluntad, o sea, el alma es inmaterial.

¿Qué diferencia hay entre las piedras del acueducto de Segovia en el suelo y el acueducto? ¿qué añade el arquitecto a la piedra para que esta se sostenga en el arco? Un orden particular, algo tan evidente como inmaterial: sin orden las piedras no pesan más ni menos, pero no se sostendrían sobre nuestras cabezas, y tampoco las palabras formarían un poema, ni los colores un cuadro. El orden es algo exterior a las piedras y un factor que denota inteligencia. Aristóteles dijo: de la causa de la vida sólo conocemos sus efectos: por ella vivimos, sentimos, nos movemos y entendemos los hombres. ¿De

donde viene esa causa? no de la materia, sino de ‘fuera’. Eso es lo que llamamos alma.

“Apenas conocemos lo que es un cuerpo vivo; menos aún lo que es un espíritu; y no tenemos la menor idea de cómo pueden unirse ambas incógnitas formando un solo ser; aunque eso somos los hombres”. Pascal.

*Inteligencia y lenguaje.* El lenguaje ofrece una incomparable demostración de inteligencia. Toda palabra se expresa en una dimensión física (el sonido), pero su significado no es de ninguna manera algo físico, puesto que el mismo sonido que es palabra para el que lo entiende es ruido para el que no lo entiende. Por tanto, es en el oyente donde se produce la metamorfosis del sonido en signo. De ahí que la palabra sea una realidad que se sale de lo puramente físico, y que todos, al hablar, pisemos un terreno metafísico sin darnos cuenta de ello.

*Cerebro y actividad psicofísica.* Por medio del cerebro entra en el hombre el mundo exterior, y por medio del cerebro sale del hombre su respuesta al mundo. Entre la entrada y la salida está todo lo demás: las sensaciones, las ideas, las emociones, la memoria, los proyectos y todo lo que hace que el hombre sea plenamente humano. Pero hemos de confesar que no sabemos casi nada sobre el papel del cerebro en tales procesos. La concepción mecanicista no explica la libertad, en una máquina no habría tal, no son pronosticables los comportamientos humanos, que no se explican solo con química. Sabemos que todo conocimiento comienza por la acción física de un estímulo sobre un sentido. Pero se convierte, desde su inicio, en un fenómeno suprasensible: la impresión sensorial subjetivamente vivida. Gracias a las sensaciones se nos hace presente el mundo, formamos un reflejo subjetivo del mundo objetivo. Ese reflejo es, además de función del cerebro, un fenómeno psíquico, algo que procede de la interacción de las cosas con la actividad nerviosa, pero que ni el cerebro ni las cosas pueden por sí solas explicar. La experiencia sensible es un acto subjetivo, accesible en exclusiva al que lo ejecuta, manifestativo de esa inmaterialidad que permitió definir la sensación como la captura de formas inmateriales de las cosas. Toda cualidad sensible es algo material, pero la sensación no es algo material, es algo más que el estímulo y la respuesta nerviosa porque soy consciente de ello. Un hecho que manifiesta claramente la naturaleza metaneuronal de la sensación es la capacidad de objetivar la cosa sentida. No sólo nos damos cuenta de que sentimos algo, sino que también apreciamos que la sensación y el objeto sentido son dos cosas distintas (ver, árbol), la consciencia, que es tan ajena al sistema nervioso que los neurólogos ni se lo han planteado dentro de su campo de investigación.

“Desde un punto de vista objetivo, podemos llegar a conocer bastante bien el cerebro. Cuando el lector se detiene en esta página, hay un revoloteo de procesos: los fotones inciden en su retina, las señales eléctricas remontan el nervio óptico y atraviesan áreas diferentes de su cerebro para que, al final, responda con una sonrisa, una expresión de perplejidad o un comentario. Pero se da también un aspecto subjetivo. Cuando el lector mira la página es consciente de que lo hace; percibe imágenes y palabras, como parte de su vida interior, privada, mental. Todos tenemos vivas impresiones de las flores con sus colores, del cielo estrellado. Puede que sintamos además algunas emociones y formemos determinados pensamientos. Juntas, estas experiencias constituyen la consciencia, la vida subjetiva, interior, de la mente”. D.J. Chalmers. *El problema de la consciencia*, en Investigación y Ciencia, 1996.

### 1.2.2. Técnica desde la perspectiva filosófica

En general los filósofos no han dedicado especial atención a la técnica. Se incluyen a continuación algunos comentarios de Marx, Ortega y Gasset y Wallace.

“La refutación más decisiva de esta extravagancia filosófica es la práctica, sobre todo la experiencia y la técnica. Si podemos comprobar la exactitud de nuestra concepción de un fenómeno natural creándolo nosotros mismos, produciéndolo con la ayuda de sus condiciones y haciéndolo servir para nuestros fines, acabaremos con la cosa en sí, incognoscible, de Kant”. Marx. Con estas palabras Marx se refiere a las teorías que dudan de la existencia extramental del mundo exterior (Descartes y Kant), es decir, para Marx la técnica es la prueba más clara de existencia del mundo.

Para Ortega y Gasset y Wallace la técnica es una característica esencial de humanidad. “La técnica es la reforma que el hombre impone a la naturaleza en vista a la satisfacción de sus necesidades. Es el esfuerzo por ahorrar esfuerzo. Sin la técnica el hombre no existiría ni habría existido nunca. Un hombre sin técnica, sin reacción contra el medio, no es un hombre. Hombre, técnica, bienestar son, en última instancia sinónimos. Actos técnicos no son aquellos en que hacemos esfuerzos para satisfacer nuestras necesidades, sean éstas elementales o francamente superfluas, sino aquellos en que dedicamos el esfuerzo, primero a inventar y luego a ejecutar un plan de actividad que nos permita: 1) asegurar la satisfacción de nuestras necesidades, por lo pronto elementales; 2) lograr esa satisfacción con el mínimo esfuerzo; 3) crearnos posibilidades completamente nuevas produciendo objetos que no hay en la naturaleza del hombre”. Ortega y Gasset. Meditación de la técnica. Revista de Occidente, Vol. V. Wallace afirma que desde el momento que la primera piel fue usada como prenda de abrigo, se utilizó una lanza o se plantó una semilla se produjo una revolución sin precedentes. Apareció un ser superior a la naturaleza porque la puede controlar. Animal técnico, capaz de utilizar, modificar y crear cosas para satisfacer sus necesidades y deseos. No nos adaptamos al medio, sino al revés, adaptamos el medio a nosotros. La técnica es un producto específico de la inteligencia humana, que manifiesta nuestra capacidad creativa y nuestro poder sobre la realidad.

## Ejercicios

1. Explica razonadamente cómo se produciría el proceso de abstracción del conjunto  $N$  de los números naturales ( $N = \{1, 2, \dots, n, \dots\}$ ) partiendo de las sensaciones que nos llegan por los sentidos externos.
2. ¿Qué verdad se deduce de estas premisas? - La pelota es esférica.- Los objetos esféricos ruedan.
3. ¿Se deduce alguna conclusión de estas afirmaciones? - Hoy han bajado las temperaturas.- En el otoño se caen las hojas de los árboles.
4. Construye un razonamiento utilizando la premisa ‘todos los jueves hay clase de CTS’.
5. Construye un razonamiento que concluya ‘estamos en otoño’.
6. Construye un razonamiento sobre tus estudios universitarios.
7. Busca ejemplos de razonamientos falsos por alguno de los siguientes motivos: por la falsedad de alguna de las premisas, porque las premisas no tengan relación o porque la conclusión no esté implícita en las premisas.
8. Busca ejemplos de sofismas por alguno de los siguientes motivos: significado ambiguo de una palabra, recurrir a la compasión o apelación a los sentimientos, dar por demostrado algo que no lo está, conclusiones que no se deducen de las

## 20CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LA CIENCIA Y DE LA TÉCNICA

premisas, generalización arbitraria, desprestigio de una persona, demagogia y falsa atribución de causalidad.

9. Dado el siguiente texto:

“La televisión trata de agradar a millones de personas, y por eso no puede evitar ser una gigantesca estupidez. Las jóvenes generaciones no leen, no estudian, no se instruyen, creen aprenderlo todo de la pantalla. La televisión parece que ha sustituido a la realidad. Es una gran mentira, un espejismo, una auténtica *máquina di merda*”. (Vittorio Gassman)

- ¿Quién es Vittorio Gassman? ¿Encuentras algún sofisma? Comenta tu opinión sobre cada punto de lo que expone.

10. Define los siguientes términos: casa, abuelo, universidad, país, hipoteca, amor, espíritu, nación, estado.

11. ¿Dónde está la contradicción en la siguiente frase. “Soy un mentiroso. Nunca digo la verdad”(Epiménides)? ¿Cuál es la verdad de este asunto?

12. Explica la siguiente contradicción. “El barbero que corta el pelo a todos los que no se lo cortan a sí mismos y sólo a esos. ¿Se corta el pelo el barbero a sí mismo?”(Russell). ¿Cómo se resuelve esta contradicción?

13. El juego piedra-papel-tijera es un sistema que se forma partiendo de un conjunto finito de reglas (axiomas), partiendo de esas reglas se pueden formar todos los posibles resultados del juego (sistema)

a) ¿Cuáles son estos posibles resultados?

b) Si al resultado de ‘ganar yo’ lo llamo ‘verdadero’ y al de ‘perder yo’ lo llamo ‘falso’, ¿existen situaciones indecidibles (que no son verdaderas ni falsas, es decir, que ni gano ni pierdo)? En caso de existir, ¿a qué resultados corresponderían?

c) ¿Es aplicable el teorema de Gödel en este caso? En caso de ser aplicable, ¿qué diría?

d) En caso de existir situaciones ‘indecidibles’ inventa una regla nueva para decidir. El nuevo sistema con la nueva regla, ¿puede llevar a situaciones indecidibles? en caso afirmativo, ¿qué situación sería? en caso afirmativo inventa otra nueva regla para decidir.

14. Imagina que llegáis tú y un perro a un mirador desde el que se ven las cataratas del Iguazú. ¿Qué diferencia habría entre tu experiencia (teniendo en cuenta el pasado, presente y futuro del hecho) y la del perro?

15. Comenta el siguiente texto sobre la cultura científica. ¿Estás de acuerdo? ¿cómo se podría evitar esta situación de la educación?

Aún se complacen en sostener que la cultura tradicional es toda la ‘cultura’, como si el orden natural no existiera. Como si la exploración del orden natural no fuese del menor interés ni en su propia valía ni por sus consecuencias. Como si la estructuración científica del universo físico, en su complejidad, articulación y profundidad intelectual, no fuera la obra colectiva más bella y prometedora de la mente del hombre. Sin embargo, la mayor parte de los no científicos no poseen la menor noción de lo que es ese edificio. Y aunque quisieran poseerla, les es imposible. Es un poco como si, para una inmensa gama de experiencia intelectual, un grupo entero fuese duro de oído. Salvo que esta sordera no les

viene por naturaleza, sino por formación, o mejor dicho por falta de formación. Con tal sordera no saben lo que se pierden. Cuando oyen hablar de científicos que no han leído nunca una obra importante de la literatura inglesa, sueltan una risita entre burlona y compasiva. Los desestiman como especialistas ignorantes. Sin embargo, su propia ignorancia y su propia especialización no son menos pasmosas. Muchas veces he asistido a reuniones de personas que, conforme a los valores de la cultura tradicional, pasan por muy cultivadas, y que has expresado con verdadera fruición su incredulidad ante la incultura de los científicos. Una o dos veces me he visto provocado y he preguntado a la concurrencia cuantos de ellos eran capaces de enunciar el segundo principio de la termodinámica. La respuesta fue glacial, fue también negativa. Y sin embargo, lo que les preguntaba es más o menos el equivalente científico de ¿ha leído usted alguna obra de Shakespeare? Ahora creo que si hubiera hecho una pregunta todavía más simple -como: ¿qué entienden ustedes por masa o por aceleración, que es el equivalente científico de ¿sabe usted leer?- no más del uno por ciento de los supercultivados habrían percibido que estaba hablando en el mismo idioma de todos. Así, el magno edificio de la física moderna va levantándose, y la mayoría de los más cultos e inteligentes del mundo occidental no lo conocen mucho mejor de lo que podrían haberlo conocido sus antepasados neolíticos. C.P. Show. La dos culturas y un segundo enfoque. 1977.

16. Comenta el siguiente texto.

El hombre contemporáneo ha llegado a realizar su hercúlea hazaña: ha conseguido separar las fronteras del sentido común y la razón para proclamar así el advenimiento de la opinionitis o del “para-saber”, es decir, del sofisma renovado. En otras palabras, cansado de perseguir durante varios milenios una evasiva y vaga racionalidad que no llegó a alcanzar jamás, a pesar de hacer de dicha racionalidad la definición de su propia esencia, cansado de tener que reemprender siempre de nuevo, al igual que Sísifo, aquellos caminos cognoscitivos tan poco productivos de sus predecesores, cansado, finalmente, de haber permanecido tanto tiempo en este planeta para conocer, en definitiva, tan pocas cosas, el hombre de los tiempos modernos ha decidido colmar sus deficiencias una vez por todas. Para tal fin, ha querido instaurar la opinionitis u opiniomanía: decir ser o conocer algo y creer ciega y obstinadamente en ello, hasta que se produzca la metamorfosis, sin choque ni violencia, es decir, hasta que la ficción y lo imaginario se vuelvan realidad, hasta que el error y la falsedad se vuelvan verdad. Prácticamente, decir que el hombre de hoy está viviendo el nuevo y glorioso momento de la opinionitis eufórica, es lo mismo que decir que vive la hora en que es absolutamente normal proclamar que “hablar de conocimiento de la verdad es un contra-sentido”(…) Basta con que alguien, no importa quién, exprese su idea, tampoco importa cuál, a condición de que ésta sea personal, subjetiva y sincera, para que brille la verdad espontánea, fácil y pura. Lo esencial ya no es decir algo, sino simplemente decir. Las palabras de un interlocutor cualquiera ya no son juzgadas según la veracidad de su contenido. Es más bien en el grado de sinceridad más o menos persuasiva del que habla donde tenemos que buscar el fundamento de toda afirmación. De este modo, lo más importante de todo es el relativismo caprichoso de las opiniones comprometidas. Una opinión comprometida es la que da la impresión de que puede ser seguida “hasta el final”, es decir, indefinidamente, sin llegar a conocer el cansancio, el embarazo o el obstáculo; en el fondo, sin llegar jamás “hasta el final”. Gracias a este tipo de

## 22CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LA CIENCIA Y DE LA TÉCNICA

opinión, la objetividad ontológica y epistemológica es cosa del pasado (...) La razón de la emergencia casi espontánea de la opinionitis reside en la contingencia subjetiva del querer individual y en el significado totalmente convencional de las palabras (...) En el fondo, es el sofisma renovado. (Los antiguos sofistas) inventaron de este modo la dialéctica (el arte de la argumentación) y la retórica (el arte de la persuasión) con el fin de sacar partido de su juego. Enseñaban que, con el dominio de dichas dos artes, un individuo podía sancionar a la vez la defensa del bien y del mal, de lo verdadero y de lo falso. Los Charlatanes de la Nueva Pedagogía (Morin, 1975).

17. Dado el siguiente texto de Edgar Allan Poe

“El sentido de lo bello es un instinto inmortal, profundamente enraizado en el espíritu del hombre. Es el que le proporciona delicias en múltiples formas de sonidos, aromas y sentimientos entre los cuales habita. Y así como el lirio se refleja en el lago y los ojos de amarilis en el espejo, así la mera repetición oral o escrita de esas formas, sonidos, colores, aromas y sentimientos es una duplicada fuente de placer”.

- a) ¿Habla este texto de algo científicamente cuantificable?
- b) ¿Qué piensas al leerlo? ¿te evoca algo? ¿experimentas algún sentimiento? ¿te aporta algo?
- c) ¿Qué es el sentido de lo bello?

## Capítulo 2

# Historia de la técnica y de la ciencia

Cada época histórica se ha caracterizado por una forma de apreciar la técnica y la ciencia. En cada época se producen unos descubrimientos científicos y técnicos. Asimismo los descubrimientos científicos y técnicos han influido en las épocas históricas e incluso han sido decisivos para cambiar las sociedades.

La ciencia y la técnica tienen unos orígenes desconectados. La ciencia se ha dirigido a entender el mundo, mientras que la técnica a resolver necesidades cotidianas. Cada vez más se están uniendo en la tecnología. Hay técnicas sin base científica, que funcionan y no se sabe por qué, también las hay que no funcionan en absoluto. Hay ciencia con aplicación técnica y hay ciencia sin aplicación. Lo explica muy bien el siguiente texto de E. Ángel:

“Un rasgo destacado de la gran cantidad de información adquirida en el curso de la experiencia corriente es que, si bien esta información puede ser suficientemente exacta dentro de ciertos límites, raramente está acompañada de una explicación acerca de por qué los hechos son como se les presenta. Así, las sociedades que han descubierto el uso de la rueda habitualmente no saben nada de las fuerzas de fricción ni acerca de las razones por las cuales las mercancías transportadas sobre vehículos con ruedas son mucho más fáciles de trasladar que otras arrastradas por el suelo. Muchos pueblos conocen la conveniencia de abonar sus campos, pero sólo unos pocos se han preocupado por las razones de ello. Las propiedades medicinales de hierbas como la dedalera son conocidas desde hace siglos, aunque no se ha dado de ellas ninguna explicación de sus benéficas virtudes. Además, cuando el sentido común trata de dar explicaciones de los hechos -por ejemplo, cuando se explica la acción de la dedalera como estimulante cardíaco por la semejanza de la forma entre la flor de esa planta y el corazón humano-, con frecuencia las explicaciones carecen de pruebas críticas de su vinculación con los hechos. El deseo de hallar explicaciones que sean al mismo tiempo sistemáticas y controlables por elementos de juicio fácticos (de experiencia) es lo que da origen a la ciencia; y es la organización y la clasificación del conocimiento sobre la base de principios explicativos lo que constituye el objetivo distintivo de las ciencias”. E. Ángel. La estructura de la ciencia. Paidós.

En cuanto a la ciencia, entender el mundo es una búsqueda permanente del hombre: por qué existe la realidad, el orden de la naturaleza, por qué no se caen las estrellas,

qué es lo que me rodea, qué soy yo, la vida, la muerte,..., en el fondo, aunque se ha avanzado mucho en muchas cuestiones, siempre están ahí las mismas preguntas porque siempre hay un por qué más profundo.

## 2.1. Historia de la Técnica

Hemos visto en el capítulo anterior que la presencia de técnica es una característica de humanidad. O sea, que la técnica existe desde que existe el hombre. Los primeros restos fósiles técnicos relacionados con herramientas hechas a mano son de Olduvai (Tanzania), corresponden al primer ser de la especie humana, *Homo habilis*, y tienen unos dos millones de años. Parece que hace 40.000 años se produjo un desarrollo excepcional, como se deduce del cambio drástico observado en los restos arqueológicos de todo el mundo: herramientas más complejas y muestras artísticas, joyas, estatuillas, pinturas, grabados, etc. La técnica de estos inicios consiste en una actividad asociada a las formas tradicionales de caza, pesca, ganadería, agricultura, vivienda, desplazamiento, vestido y ornamentación, común a todas las sociedades preindustriales. Atendiendo a los hallazgos más característicos se ha dividido la prehistoria (entendida sin escritura generalizada) en dos grandes periodos: la edad de piedra y la edad de los metales. La edad de piedra se divide a su vez en edad de piedra tallada o Paleolítico (2.000.000-10.000) y edad de piedra pulida o Neolítico (10.000-2.000).

*Paleolítico.* Es la época en la que se descubrió el fuego, se utilizaba el hueso, la madera y la piedra para armas y herramientas. Hacia el 40.000 se perfeccionó la fabricación de utensilios. Se entró así en el Paleolítico superior. En este subperíodo se desarrolló el arte rupestre. Otras manifestaciones de esta transformación cultural son las toscas esculturas y pequeñas estatuillas de hueso o arcilla.

*Neolítico.* De este periodo es el invento de la rueda que señala el principio de un mayor desarrollo mecánico, porque tras ella aparecen el carro y el torno del alfarero, y con ellos una mayor división de los oficios y el auge de la técnica artesanal. El escaso progreso de las herramientas hace que el artesano haya sido muy importante durante miles de años, pues contrarresta las limitaciones de la técnica con su destreza y fuerza física. Está caracterizado por el uso de la cerámica y la construcción de grandes monumentos de piedra llamados dólmenes y menhires. Un gran invento de esta época fue la escritura que marca el inicio de la historia (3.000 a.C.). En Mesopotamia se utilizaba la escritura cuneiforme, tenían sistema de pesos y medidas, construcciones, calendario, sistema de numeración sexagesimal y decimal. En Egipto utilizaban la escritura jeroglífica, la agrimensura y la construcción aportaron conocimientos matemáticos relevantes, tenían relojes de sol y agua, calendario, medicina,... En India y China tenían medicina, sistema de numeración, etc. Todos estos conocimientos fueron el germen para el surgimiento de la ciencia en Grecia como explicación racional del mundo.

*Edad de los Metales.* La edad de los metales comprende la edad de bronce (aleación de cobre y estaño) (2.000-1.000) y la edad de hierro (1.000-0).

Desde el inicio de la humanidad hasta la antigua Grecia se puede decir que sólo existe la técnica. Se van produciendo una serie de inventos y conocimientos prácticos para resolver cuestiones de la vida diaria. La técnica se convierte en tecnología cuando sus inventos son impulsados y determinados por el conocimiento científico. A partir de la antigua Grecia ya convivirían ciencia, técnica y tecnología. Los inventos de Arquímedes o el telescopio de Galileo son de carácter tecnológico. El siglo pasado se registraron una gran cantidad de patentes, muchas de ellas en la lucha contra la enfermedad y la muerte.

### 2.1.1. La máquina

Es la expresión más elocuente de la técnica, libera al hombre del esfuerzo físico y dignifica su trabajo, pero también, en ocasiones, le arrebató protagonismo y le reduce a la condición pasiva de vigilante del proceso de producción, como si fuese una pieza más de la maquinaria productiva.

La energía es un factor clave en el proceso de evolución de la máquina. Hasta el s. XVIII, las únicas formas de energía procedían del aprovechamiento del viento, del agua (molinos de agua y viento), de los animales y del propio ser humano. La revolución industrial nació cuando se aplicó el fuego a la máquina de vapor y se consiguió transformar la energía calorífica en mecánica de forma eficiente (1769, James Watt). En la segunda mitad del s. XX tiene lugar una segunda revolución industrial al sustituir de forma generalizada el carbón por nuevos combustibles y formas de energía: derivados del petróleo, nuclear, hidráulica, eólica,...

Las máquinas han hecho surgir diferentes épocas en toda la actividad humana. El mayor cambio introducido por una máquina le corresponde a la máquina de vapor, que produjo la revolución industrial, cambió el nivel de producción, la configuración de las ciudades en detrimento del campo, el enriquecimiento de la burguesía,... etc. Fue el inicio de la sociedad industrial que tenemos hoy. La máquina de vapor cambió el transporte, se pasó del uso de personas, animales y viento como principales fuerzas de transporte al uso de la máquina de vapor en trenes y barcos. Posteriormente el motor eléctrico y el motor de combustión interna provocarán una segunda revolución con los automóviles, aviones, naves espaciales y la gran cantidad de máquinas y aparatos que se han ido sucediendo hasta nuestros días en todas partes: fábricas, casas, medicina, laboratorios, etc.. Por otra parte, los avances en transportes han supuesto cambios en las infraestructuras asociadas a dicho transporte: vías de tren, carreteras, canales, puertos, presas, etc. La comunicación a distancia entre particulares tiene un antes y un después de la mano de la electricidad y el telégrafo, antes era comunicación en persona, después podía salvar grandes distancias, incluso mundiales; posteriormente aparece el teléfono, internet y el teléfono móvil permite la comunicación desde casi cualquier lugar. La comunicación de masas han pasado por varios hitos: imprenta, radio, cine, televisión e internet. En defensa también han generado grandes cambios y se distinguen tres etapas dependiendo del alcance y potencia del arma. En una primera etapa las armas eran de piedra o metal y el alcance es corto, cuerpo a cuerpo o con catapultas; en una segunda etapa gracias a la pólvora, se alcanza más potencia y más distancia y en una tercera etapa con la bomba atómica y los aviones y lanzaderas espaciales la potencia y alcance es global.

Otra máquina que a supuesto una auténtica revolución en todos los ámbitos de la actividad humana es el ordenador, que ha permitido escribir, corregir, almacenar, compartir información y acceder a inmensas cantidades de información a través de internet. Ha influido en todos los campos descritos anteriormente. Es una auténtica herramienta de globalización buena basada en la transmisión del conocimiento.

La disminución de la jornada laboral y el aumento del poder adquisitivo originan una cultura y una industria del ocio y del consumo. Hay muchas máquinas que son de ocio, lo último son las consolas.

### 2.1.2. La química

Hay otras formas de técnica y tecnología no relacionadas con la construcción de máquinas, que tienen mucha relación con la química. Un ejemplo de esto son los

productos petroquímicos, que incluyen todas las sustancias químicas que se extraen del petróleo. Estos incluyen combustibles fósiles purificados como el metano, el propano, el butano, la gasolina, el queroseno, el gasoil, el combustible de aviación, así como pesticidas, herbicidas, fertilizantes y otros artículos como los plásticos, los tintes, el asfalto o las fibras sintéticas. Un papel destacado entre los nuevos materiales lo juega el plástico que ha permitido generar otros materiales artificiales y ha abaratado los costes de producción de máquinas por la introducción de componentes de plástico. Otro ejemplo son todas las sustancias medicinales, toda la industria farmacéutica. En defensa se han producido armas químicas. En agricultura se ha elevado la producción por la elaboración de abonos artificiales. La química puede aportar grandes ideas sobre sostenibilidad porque la naturaleza es sostenible gracias a que los seres vivos están formados de compuestos orgánicos.

## 2.2. Grecia (VII a.C.-II d.C.)

Las antiguas culturas de Mesopotamia y Egipto tenían muchos conocimientos, pero eran principalmente técnicos y prácticos para solucionar problemas de la vida cotidiana, no se habían planteado la explicación completa racional del mundo. Este planteamiento surgió en la antigua Grecia donde se produce el nacimiento de la filosofía (que incluía la ciencia), que quiere explicar el mundo racionalmente. Se plantean las primeras preguntas sobre la constitución de los seres materiales, sobre los astros, su movimiento y equilibrio. De aquí han surgido las modernas física, química, matemáticas, biología, astronomía, cosmología, etc. Así, por ejemplo, las primeras respuestas sobre los componentes de los seres las dan los presocráticos, que decían que los componentes básicos comunes son fuego, tierra, agua y aire (la tabla periódica más primitiva). Esta afirmación estaba basada en la observación. Si siembras una semilla en la tierra, la riegas, le da la luz y el aire, entonces crece, algo hay en la tierra que pasa a la planta, además necesita agua, luz (fuego, calor, energía) y aire. Los animales se comen las plantas y nosotros comemos plantas y animales, entonces todos tenemos esa misma composición. Más adelante Demócrito establecería que todo está formado por átomos indivisibles. En cuanto a las matemáticas se le atribuye a Pitágoras el hecho de empezar a utilizar una formulación abstracta y autónoma independiente del contexto material. En cuanto a los astros, Pitágoras afirmaba que la Tierra era redonda y todos los astros, la Tierra estaba quieta y los demás cuerpos celestes giraban, con movimiento circular y uniforme alrededor de ella. Nada cambia en el firmamento, que está formado por un quinto elemento (de ahí quintaesencia), el éter. Esto no explicaba el movimiento de los planetas que parecía como que retrocedían. Aristóteles decía que el firmamento estaba formado por esferas concéntricas que transportan a los planetas y estrellas fijas. Ptolomeo con su teoría de epiciclos, decía que a su vez cada planeta se mueve de forma circular en torno a otro punto. Se pensó así hasta el s. XVI (salvo Aristarco de Samos que defendía el heliocentrismo). Además de los citados hay muchos otros científicos y/o filósofos, entre los que destacan Sócrates y Platón como filósofos, Tales de Mileto y Euclides como matemáticos, Arquímedes como físico e Hipócrates como médico. Hay dos centros del saber en esta época, Atenas (Academia) y Alejandría (Biblioteca).

## 2.3. Roma (I-V d.C.)

Desde la caída de Alejandría en manos de las legiones de Octavio (año 30 a.C.) se empieza a acentuar la decadencia científica. La ciencia no conoció un desarrollo importante en Roma, limitándose algunos autores a recopilar conocimientos griegos anteriores. El imperio romano no tenía interés por las cuestiones científicas, le interesaban más los conocimientos prácticos para resolver problemas concretos de ingeniería para obras públicas y defensa militar y derecho para gobierno. En esta época la lengua culta era el griego y muchos romanos hablaban griego, por lo que tampoco era necesario traducir del griego al latín.

## 2.4. Edad Media (476-1453)

Con la caída del imperio romano de occidente y las invasiones bárbaras hay una época sin interés por la ciencia en la baja edad media seguida de una época de interés, en la que árabes, judíos y cristianos hicieron una gran labor de recopilación, conservación, traducción (por ejemplo, la Escuela de Traductores de Toledo) y estudio de los conocimientos humanísticos y científicos de Grecia y Roma. También se producen aportaciones, destacan Alberto Magno, Buridan (teoría de ímpetus, el aire frena) y Averroes. Aparecen las Universidades como grandes focos de saber. Gracias a esta labor se pudo producir la revolución cultural y científica del renacimiento.

## 2.5. Edad Moderna (1453-1789)

### 2.5.1. Renacimiento (s. XV y XVI)

Destacan los nombres de Copérnico, Kepler y Galileo. Nicolás Copérnico (*De revolutionibus orbium coelestium*, 1543), fue un sacerdote polaco diplomático e investigador, puso el Sol en el centro, la Tierra y los planetas giran alrededor del Sol, pero de forma circular y dedujo el movimiento de rotación de la Tierra. Johannes Kepler, alemán, afirmó que las órbitas son elípticas y dio una primera ley cuantificable diciendo que los cuadrados de los tiempos que cada planeta invierte en recorrer su órbita son proporcionales a los cubos de sus distancias al Sol, introdujo el concepto de fuerza. Galileo Galilei (1564-1643) es el gran impulsor del método científico moderno, cuya clave es la unión entre matemática y experimento. Popularizó el telescopio. Introdujo el sistema de referencia, dio leyes para el movimiento uniformemente acelerado, la caída de los cuerpos, etc. Es famoso su enfrentamiento con la Inquisición por defender el sistema copernicano que se resolvió con la abjuración y arresto domiciliario. Se suele poner como ejemplo de conflicto entre razón y fe, que no existe porque la fe es un conocimiento superior que se fundamenta en la razón. Todos los científicos de este periodo son cristianos, convencidos de que la naturaleza es la obra de un Dios infinitamente sabio y que sigue unas leyes que se pueden descubrir. También contribuye Leonardo Da Vinci con varios inventos tecnológicos. Aparece un invento clave para la difusión del conocimiento, la imprenta de Gutenberg (1450).

### 2.5.2. Barroco (s. XVII)

Destaca Isaac Newton (1642-1727). Al igual que Galileo pensaba que la racionalidad del universo se puede expresar matemáticamente. Su obra principal es 'Philosophi-

ae Naturales Principia Matemática’, en la que expone sus teorías principales. Inventó el cálculo matemático, a la vez que Leibniz, y aplicó a fondo la unión entre matemática y experimentación. Sus leyes son fundamentales y son las que se usan en la actualidad para el estudio a nivel macroscópico terrestre: inercia, fuerza = masa  $\times$  aceleración, acción-reacción. Expone la ley de la gravitación universal: los cuerpos se atraen en proporción directa de su masa e inversa a su distancia. Por primera vez se encuentran unas leyes básicas que rigen multitud de fenómenos. Se produce un gran optimismo sobre la potencialidad humana para conocer y controlar el mundo. A partir de aquí la ciencia empieza su avance imparable en descubrimientos, conocimientos y aplicaciones tecnológicas. Los nombres de científicos relevantes empiezan a multiplicarse, en matemáticas destacan también Neper, Fermat y Barrow, en física Pascal, Huygens y Guericke, en química Boyle establece la ley de los gases ideales.

### 2.5.3. Ilustración (s. XVIII)

Además de producirse un gran avance en todos los campos, se producen descubrimientos tecnológicos, por ejemplo, Fahrenheit inventa el termómetro de mercurio, Franklin el pararrayos, Bramach la prensa hidráulica, Cartwright el telar mecánico, Watt la máquina de vapor. En matemáticas se multiplican los nombres, destacan entre otros Euler, Taylor, Lagrange, Bernoulli, L’Hopital, D’Alembert, Legendre, Laplace, etc. En química Lavoisier comprueba experimentalmente la ley de conservación de la masa, lo que supuso una auténtica revolución química. Otros nombres en química son Cavendish, Black, Rutherford, Priestley, Scheele y Proust. Empiezan los primeros descubrimientos relacionados con la electricidad, Gray es capaz de transmitirla a través de un conductor, Du Fay identifica la existencia de dos tipos de cargas, Coulomb establece las leyes de la electrostática, Galvani observa la electricidad en nervios y músculos de animales, Volta inventa la pila (corriente eléctrica generada por un proceso químico), la unidad de tensión eléctrica lleva su nombre.

## 2.6. Edad Contemporánea (1789-nuestros días)

La edad contemporánea es una auténtica explosión científica que se continúa en nuestros días. Destacamos a continuación los grandes hitos científicos, que han cambiado nuestro mundo, nuestra forma de percibirlo y nuestras formas de actuación cotidianas.

### 2.6.1. Electricidad

El desarrollo de la electricidad es de importancia clave en nuestros días, la utilizamos constantemente, nos sería difícil de imaginar un mundo sin electricidad. Ampere, Oersted, Ohm, Morse, Faraday, Wheatstone, Lenz, Siemens, Joule, Foucault, Kirchhoff, Maxwell, Westinghouse, Bell, Edison, Hopkinson, Oanes, Lorentz, Thompson, Tesla, Hertz, Pupin, Steinmetz, Millikan, Marconi, Armstrong, Brattain, Bardeen, Shockley, entre otros, han aportado algún avance a todo lo que conocemos como electricidad. Todos los avances de la ciencia han tenido su contrapartida en la técnica con todos los aparatos eléctricos o que funcionan con pilas. Por comentar sólo alguno de los nombres. Oersted descubrió que la electricidad genera efectos magnéticos, de aquí surgió la telegrafía en 1820. Ampere consiguió una expresión matemática de las fuerzas que actúan. Faraday descubrió los principios del motor eléctrico (hilo por el que

pasa una corriente gira alrededor de un imán, es decir, se consigue movimiento a partir de la electricidad). Maxwell formuló la teoría completa del campo electromagnético y descubrió la radiación electromagnética. Hertz descubre la comunicación sin hilos. La primera influencia de la electricidad en la sociedad se produce por el desarrollo de la telegrafía. En 1937 aparece la primera compañía que explota industrialmente la electricidad, la Electric Telegraph Company. Se desarrollaron una gran cantidad de trabajos relacionados con la producción y utilización de conductos eléctricos, aislantes, baterías, instrumental telegráfico, etc. Esto dio lugar también a la necesidad de enseñanzas y escuelas. El laboratorio de Thomson en Glasgow fue el primero en enseñar electricidad. En 1870 existe la profesión de ingeniero telegrafista. Hubo necesidad de convenios y tratados internacionales para poner en marcha los nuevos avances. El descubrimiento de Oersted dio pie a imaginar la posibilidad práctica de la telegrafía, una vez abierta la puerta, inventores y científicos avanzaron y toda la sociedad se benefició.

### 2.6.2. Radiactividad

Las primeras radiaciones observadas corresponden a los rayos catódicos. En 1897, Joseph John Thomson (1856-1940) publicó varios artículos en los que estudiaba la desviación de los rayos catódicos provocada por un campo eléctrico creado dentro del tubo. Al igual que pasó con los rayos catódicos, la naturaleza de los rayos descubiertos por Wilhem Conrad Röntgen en 1895 fue motivo de controversia en los primeros años de su descubrimiento. El carácter misterioso de sus propiedades llevó a Röntgen a denominarlos rayos X. Los rayos X suscitaron el interés de numerosos investigadores, entre ellos el francés Antoine Henri Becquerel (1852-1908). Becquerel estudió las características de los rayos emitidos por las sales de uranio y observó, casualmente, que eran capaces de impresionar una placa fotográfica sin intervención de la luz solar. En 1898 Pierre y Marie Curie anunciaron el descubrimiento de dos elementos más radiactivos que el uranio: el polonio y el radio.

Los rayos X es una radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioleta y los rayos gamma. La diferencia fundamental con los rayos gamma es su origen: los rayos gamma son radiaciones de origen nuclear que se producen por la desexcitación de un nucleón de un nivel excitado a otro de menor energía y en la desintegración de isótopos radiactivos, mientras que los rayos X surgen de fenómenos extranucleares, a nivel de la órbita electrónica, fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones. La energía de los rayos X en general se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos naturalmente. Lo que conocemos como radiactividad es el proceso natural por el cual núcleos de elementos pesados se descomponen en núcleos de otros elementos mas ligeros, partículas subatómicas y rayos gama, siendo la fuente de energía más potente conocida.

El descubrimiento de la radiactividad inició el periodo que se conoce como era atómica. Su uso civil ha supuesto un gran avance en la producción de energía eléctrica y en la fabricación de motores atómicos. Sin embargo, su uso militar ha resultado dramático. Por otra parte, el peligro que supone para la salud y el medio ambiente hace que su desarrollo reciba una fuerte oposición ciudadana.

### 2.6.3. Medicina

En medicina dos descubrimientos clave que han conseguido aumentar la esperanza de vida de la población han sido las vacunas y la penicilina. Además de estos

avances hay muchos otros que van de la mano del resto de avances en ciencias, en instrumentación (microscopios), técnicas de introspección (rayos X), cirugía (láser), tratamientos (aspirina), etc.

### Vacunación

Desde la primera vacuna contra la viruela en 1771 hasta nuestros días se han ido descubriendo nuevas vacunas, de manera que muchas enfermedades han sido erradicadas en el mundo. Jenner (viruela, 1796), Pasteur (rabia, 1880), Koch (cólera, 1880), von Gelming (difteria, 1891), Kitasato (tétanos, 1891), Calmetre y Guérin (tuberculosis, 1906), Salk (poliomielitis, 1954), Enders (sarampión, 1960), Sëller (rubeola, 1962), Krugman, Giles y Hammond (hepatitis B, 1971), etc.

### Penicilina

Fue descubierta por Alexander Fleming en el St. Mary's Hospital de Londres en 1928, su hallazgo fue publicado en el *British Journal of Experimental Pathology* en 1929. En 1938 en que Ernest Chain y Howard Florey de la Universidad de Oxford completaron los estudios para llegar a los primeros ensayos clínicos en 1941 y la producción comercial en Estados Unidos en 1943. Más tarde se consiguieron todos los antibióticos sintéticos. De esta manera se pueden combatir eficazmente las infecciones bacterianas.

### 2.6.4. Informática

Babbage construyó en 1833 como un primer ordenador, pero con ruedas dentadas, engranajes y palancas. Los ordenadores que han ido apareciendo desde los años 40 se han agrupado en 5 generaciones, que se diferencian por sus componentes.

*Primera generación 1940-1960.* En 1936 Turing desarrolla una teoría sobre el funcionamiento de calculadores binarios. Esta teoría se ve plasmada en 1941 cuando el científico alemán Konrad Zuze construye la primera computadora que funciona con relés eléctricos, se denominará Z3. La Universidad de Harvard establece un acuerdo con la empresa IBM para crear un computador de carácter general. Esta máquina estuvo operativa en 1944 y se denominó Mark I. Tenía la capacidad de almacenar 72 números de 23 cifras, utilizaba tarjetas perforadas para introducir los números y las operaciones. Su velocidad no era muy elevada, necesitando diez segundos para realizar una multiplicación y once para una división. En 1947 se construyó en la Universidad de Pennsylvania la ENIAC, que fue la primera computadora propiamente dicha. Esta máquina ocupaba todo un sótano de la universidad, pesaba 30 toneladas y requería todo un sistema de aire acondicionado, pero era capaz de realizar cinco mil operaciones aritméticas en un segundo. Lo que MARK I realizaba en una semana, ENIAC lo hacía en una hora, pero cada vez que se cambiaba el tipo de operación había que cambiar las conexiones de los cables, operación que podía durar varios días de trabajo. Se integró en el proyecto el ingeniero húngaro John von Neumann; sus ideas resultaron tan fundamentales para el desarrollo posterior que es considerado el padre de las computadoras. La idea fundamental de Neumann fue permitir que en la memoria coexistieran datos con instrucciones, para que la computadora pudiera ser programada a través de esos datos y no por medio de alambre que eléctricamente programaban las operaciones de la computadora. En 1952 Neumann termina EDVAC. En 1951 aparece la UNIVAC. Se creó para la realización del censo electoral de Estados Unidos. Es la

primera computadora comercial. Dos años después IBM lanza el IBM 701. En esta generación cabe destacar la aparición de los primeros lenguajes de programación que permitían substituir la programación en Lenguaje Máquina, es decir 1 y 0, que eran introducidos directamente en el computador, por una Programación Simbólica, que traduce símbolos del lenguaje natural a Lenguaje Máquina.

*Segunda generación 1960-1965.* Se caracteriza por el cambio de la válvula de vacío por transistores. El transistor es un dispositivo electrónico formado por un cristal de silicio. Su funcionamiento es sencillo, tiene dos posibilidades, transmitir o no transmitir. Su aparición hizo que las computadoras fuesen más rápidas, pequeñas y baratas. Aparecen los nuevos lenguajes de programación denominados Lenguajes de Alto Nivel. El primer ordenador con transistores, el ATLAS 1962, se construyó en 1956.

*Tercera generación 1965-1975.* Se caracteriza por la aparición de los circuitos integrados realizados a base de silicio, la aparición de los terminales, los sistemas operativos, el mayor número de programas y lenguajes como Cobol, Fortran. El primer aparato basado totalmente en circuitos integrados es el IBM serie 360.

*Cuarta generación 1975-1990.* La característica más importante de esta generación es la aparición de los microprocesadores chip, que son circuitos con gran cantidad de transistores integrados en un pequeño espacio. Aparecen nuevos lenguajes de programación Logo, Pascal, Basic, bases de datos. Se abre una nueva era con la aparición de las Computadoras Personales o Personal Computer. En 1976 Steve Wozniak y Steve Jobs fabrican la primera microcomputadora Apple I del mundo y más tarde fundan la compañía Apple. Otras compañías lanzan posteriormente sus modelos de microcomputadoras. En 1981 IBM lanza al mercado su primer IBM-PC. En esta época destaca el desarrollo de los sistemas operativos, que buscan una integración entre el usuario y el ordenador, a través de la utilización de gráficos.

*Quinta generación 1990-hoy.* La revolución llega con los microprocesadores de nueva generación. La velocidad se dispara y se suceden las sucesivas generaciones de microprocesadores, se generaliza el ordenador personal. Intel lanza el microprocesador Pentium. Conforme avanzan los años la velocidad y el rendimiento de los microprocesadores es mayor gracias a los avances en la microelectrónica. Hay que destacar que por otro lado otras empresas continúan trabajando en supercomputadores que incorporan varios microprocesadores en la misma máquina.

El número de transistores por microprocesador se duplica cada 18 meses. Se ha cumplido en los últimos 30 años y se prevé se cumpla durante los próximos 20 años. El avance consiste en ir haciendo transistores cada vez más pequeños. Se está investigando en llegar a nivel atómico con los ordenadores cuánticos, tema en el que es pionero I. Cirac.

### 2.6.5. Internet

En 1989, Tim Berners-Lee, un científico del CERN, inventó la World Wide Web. La web fue concebida originalmente para solucionar la demanda de compartir información de forma automática entre investigadores que trabajaban en distintas universidades o institutos en todo el mundo. La idea básica de la www era juntar la tecnología de los ordenadores personales, las redes de ordenadores y el hipertexto en un sistema de información global potente y fácil de usar. En la actualidad se ha extendido su uso fuera de su uso científico original a todo tipo de uso individual o colectivo. Partiendo del mismo centro, el CERN, se está desarrollando el proyecto GRID para compartir recursos informáticos a nivel mundial.

### 2.6.6. Física

Los avances de física de la edad contemporánea son vertiginosos, muchos de ellos los hemos desgajado en temas aparte, como la electricidad o la radiactividad, pero incluso en el resto de apartados de esta edad contemporánea en los avances del resto de ciencias están los de la física, en medicina con toda la instrumentación, en informática todo el interior de un ordenador ha sido fruto de investigaciones sobre cuestiones físicas, como los transistores, por ejemplo. Internet es un regalo de un físico a la humanidad. En este periodo son muy destacables las teorías de la relatividad de Einstein que nos han hecho percibir de otra manera las grandes y pequeñas escalas, la física cuántica o la física del caos y la complejidad. Se ha llegado a comprobar experimentalmente teorías como la condensación de Bose-Einstein o se pueden fotografiar los átomos. También se avanza en cosmología gracias a las mediciones espaciales. Pero algunos temas muy relevantes de física, como la reunificación de la teoría de fuerzas en una única teoría o la comprobación experimental del modelo estándar de partículas llevan tiempo sin avanzar, tal vez estemos cerca del límite de las posibilidades humanas. Los nuevos aceleradores de partículas, como el CERN, pueden arrojar luz en este sentido. En la actualidad muchos físicos se están asomando a descubrir el funcionamiento de las leyes de la física en los seres vivos, así como a buscar las leyes propias de la vida.

#### Teoría de la relatividad

Einstein (1879-1955). Relatividad especial: La velocidad de la luz en el vacío es constante. Las leyes de la física tienen que tener la misma forma cuando se refieren a sistemas inerciales, que se mueven uno respecto del otro con una velocidad rectilínea y uniforme. Las mediciones de distancias son distintas dependiendo del sistema de referencia, la masa no es constante, cambia con la velocidad, equivalencia entre masa y energía  $E = mc^2$ , consecuencias a nivel atómico y espacial. A nivel macroscópico las leyes de Newton son válidas. Relatividad general: amplía las ideas a los sistemas acelerados, tiene un formalismo matemático complejo. En absoluto quiere decir que todo es relativo. El hecho de que Einstein utilice una geometría no euclídea, no quiere decir que en esa geometría todo esté permitido y no tenga leyes; tiene unas leyes muy claras, distintas de la euclídea, de las que se deducen propiedades y leyes, completamente deterministas y racionales. El mundo sigue estando igual de programado, pensado y determinista. Algunos filósofos sacan unas elucubraciones absurdas partiendo de estas teorías científicas que proceden de su incultura científica.

#### Física cuántica

Max Planck (1858-1947) para explicar la distribución de energía en la radiación del cuerpo negro postuló que la energía se emite o absorbe en forma de paquetes, ‘cuantos’, no de forma continua. Con esta teoría sentó las bases de la mecánica cuántica. Algunos de los científicos que contribuyeron a desarrollarla durante el primer tercio del siglo XX fueron Werner Heisenberg, Paul Dirac, Erwin Schrödinger, Albert Einstein, Louis de Broglie, Wolfgang Pauli, Werner Karl Heisenberg, Max Born (1882-1970) o Niels Bohr, entre otros. El funcionamiento del CERN traerá avances en este campo.

#### Física del caos y la complejidad

El comportamiento caótico es un completamente ordenado dentro de una apariencia desordenada, lo descubrió Lorenz en 1963 resolviendo una ecuaciones diferenciales

de la meteorología. Aparece en sistemas en los que hay una gran sensibilidad a las condiciones iniciales, es decir, si una condición inicial es un poco distinta de otra, la evolución del sistema en cada caso es completamente distinta. Es el llamado efecto mariposa: el aleteo de una mariposa en Tokio provoca un huracán en Florida. El clima es un sistema caótico, por eso hay algunos días a lo largo del año en los que es imposible predecir el tiempo o las predicciones son erróneas y es imposible llegar a las verdaderas. También las órbitas y trayectorias espaciales, entre planetas y satélites pueden tener cierto grado de caos.

### Cosmología

La teoría de S. Hawking sobre el Big Bang, la gran explosión primera, y posterior formación de estrellas y planetas, parece confirmada por las mediciones de radiación cósmica. A partir de aquí, las hipótesis de evolución cambian continuamente a la vista de nuevas mediciones espaciales. Una de esas teorías cosmológicas concibe el universo como un hueco central generado por la explosiónj primera, las estrellas y planetas estarían en la parte exterior, todo estaría en expansión, movido por el impulso de la primera explosión que permite, junto con la gravedad, el equilibrio en el movimiento general. Según esta teoría la expansión sería cada vez es más lenta, llegaría un momento en que se pararía y todo volvería al estado inicial.

#### 2.6.7. Química

La hipótesis atómica de John Dalton (1766-1844) fue formulada a principios del siglo XIX y marcó el comienzo del cálculo sistemático de pesos atómicos para todos los elementos. De este modo, podían explicarse las leyes de combinación establecidas durante estos años, como la ley de proporciones definidas de Luis Proust, la ley de proporciones múltiples del propio Dalton o la ley de proporciones recíprocas de Benjamin Richter (1762-1807), autor que también acuñó el término “estequiometría”.

Amadeo Avogadro (1778-1856) formuló la ley que afirma que volúmenes iguales de dos gases, en condiciones iguales de presión y temperatura, contienen el mismo número de moléculas.

Sin embargo, la creación de un sistema en el cual todos los elementos se encuentran ordenados de acuerdo con el peso atómico creciente y donde los elementos con propiedades análogas ocupan columnas o grupos, no tuvo lugar hasta la década de los años sesenta del siglo XIX. Destaca el sistema de Mendeleieff porque consideró que la relación entre los pesos atómicos y las propiedades de los elementos constituía una “ley periódica”, lo que le llevó a dejar huecos para elementos aún no descubiertos, de los que predijo algunas de sus propiedades.

En las teorías atómicas se mezclan descubrimientos químicos y físicos. En este campo son muy importantes los descubrimientos de radiaciones que ya hemos comentado. Se siguieron los modelos de Thomson, Rutherford y Bohr hasta los de la mecánica cuántica.

Un ejemplo de las ideas existentes sobre el enlace químico a principios del siglo XX, antes del desarrollo de la mecánica cuántica, son los modelos de Gilbert Newton Lewis. Estos modelos, popularizados por químicos como Irving Langmuir, siguen siendo utilizados para explicar algunas características de los enlaces químicos, a pesar de que han sido superadas muchas de las ideas que sirvieron a su autor para proponerlos en 1916. La aplicación de la mecánica cuántica a la resolución de los problemas de la química fue obra de científicos como Linus Pauling (1901-1994).

### 2.6.8. Matemáticas

El número de matemáticos destacados es ingente, y los problemas que se resuelven ayudan en gran medida al resto de ciencias. En el s. XIX destacan Gauss, Cauchy, Dirichlet, Bolzano, Abel, Monge, Fourier, Poncelet, Lobatchewsky, Jacobi, Hamilton, Galois, Silvester, Weierstrass, Kowalewsky, Boole, Hermite, Kronecker, Riemann. En el s. XX Kummer, Dedekind, Poincaré, Cantor, Hilbert, Gödel, von Neumann, Novikov, Steinitz, Hausdorff, Lions, etc. Sólo algunos botones de muestra de la importancia de los avances de Matemáticas en el resto de ciencias. La teoría de la relatividad de Einstein se basa en la geometría de Minkowski, sin esta geometría Einstein no hubiese podido elaborar su teoría de relatividad general. Los estudios matemáticos de von Neumann y de Boole permitieron los actuales ordenadores. Von Neumann hace los cálculos para la bomba atómica, es el padre de la teoría de juegos que es fundamental en economía, tiene contribuciones fundamentales al cálculo numérico, etc.

### 2.6.9. Biología

La biología se ha dedicado fundamentalmente a describir cómo son los organismos vivos, cómo funcionan, cómo se comportan, etc. Sólo en la actualidad se están buscando las leyes de la vida, de la misma forma que se encontraron las leyes de la física o de la química en siglos pasados. Se está introduciendo el método de investigación que hemos visto en el tema anterior en la biología, es decir, se buscan las leyes en forma de ecuación matemática que rigen los distintos fenómenos biológicos. Los descubrimientos en biología también han ido de la mano de los avances en instrumentación.

#### Niveles celular y molecular

En 1839 Schwann y Schleiden fueron los primeros en afirmar que los organismos vivos están formados por células. Este descubrimiento solo fue posible cuando se contó con un microscopio lo suficientemente potente. En 1953 Watson y Crick descubrieron la forma del ADN en el interior de una célula, una doble hélice que le permite replicarse y traspasar información de una generación a otra.

#### Darwin y Mendel

Charles Darwin (1809-1882) y su teoría de evolución de las especies suministró por primera vez un principio organizador capaz de explicar algo sobre la diversidad y el desarrollo de plantas y animales. Lamarck formuló en 1809 su teoría el transformismo: las especies han ido apareciendo dentro de un proceso evolutivo en el que unas se transforman en otras; el mecanismo de transformación era la herencia de los caracteres adquiridos por los seres vivos en su esfuerzo por adaptarse al medio; por ejemplo, la jirafa tendría ese cuello a base de esfuerzos repetidos por alcanzar el alimento de las ramas, de esta forma se desarrolló un órgano que se transmite de forma hereditaria. Malthus expuso en esa época su teoría de la selección natural: en todos los seres vivos se da una lucha por la vida, la supervivencia del más fuerte origina la selección natural que conserva y transmite las variaciones favorables, produciendo especies cada vez mejor adaptadas al medio ambiente. Darwin tomó de Lamarck el transformismo y de Malthus la selección natural en su obra "El origen de las especies". Por otra parte, en 1865 Gregor Mendel descubrió las leyes de la transmisión hereditaria, no se conoció hasta 1900. Los caracteres adquiridos no se incorporan al patrimonio genético, no se transmiten por herencia, por lo que tiene un fallo claro la teoría. En el ejemplo

evolucionista más clásico la jirafa tiene el cuello tan largo porque prosperaron solo las que pudieron alcanzar el alimento de las ramas altas. El inconveniente es que no han aparecido jirafas en vías de desarrollo, puesto que son iguales desde su aparición, hace dos millones de años. Además, las crías de jirafa se hacen grandes alimentándose de las hojas bajas, y las hembras, que miden un metro menos que los machos tampoco tienen problemas de supervivencia. El neodarwinismo habla de mutaciones genéticas al azar. Pero, parece que los cambios estuvieran programados, se aprecia una intencionalidad. Todo lo relacionado con la vida es ahora mismo un misterio. La evolución no se opone a la existencia de dimensiones fuera de su marco experimental, como son las dimensiones espirituales o la existencia de Dios.

## 2.7. Grandes Proyectos

Los centros de investigación están principalmente en las universidades, en los organismos oficiales de investigación (CSIC en España, CNRS en Francia, etc.), en los institutos de investigación y en los laboratorios industriales. Actualmente hay cuestiones científicas que sólo se pueden abordar con grandes proyectos, involucrando a especialistas de distintos centros de investigación, de distintos campos, físicos, químicos, matemáticos, ingenieros, etc., y con recursos de varios países. Este esquema lo siguen los proyectos de investigación financiados por la UE. Uno de estos proyectos es el CERN. El CERN es un centro de investigación europeo situado entre Francia y Suiza, en el que trabajan miles de investigadores de todo el mundo, financiado principalmente por la UE, que cuenta con el mayor acelerador de partículas o ciclotrón del mundo. Un ciclotrón es un instrumento con forma de un gran donut de varios kilómetros de radio situado a varios kilómetros bajo tierra, capaz de suministrar cada vez mayor energía a partículas atómicas para que éstas puedan chocar con el núcleo atómico y ver así cuál era su estructura (partículas cargadas se mueven circularmente gracias a la acción de un campo magnético ganando energía en cada vuelta). Otro tipo de proyectos que requieren un esfuerzo común son los del espacio. Son más conocidos los centros de investigación en estos temas, como la NASA o la ESA. También hay mucha investigación de distintos países en defensa que no conocemos porque está clasificada como secreta.

## Ejercicios

1. Sea  $\mathbf{R}_{+-}^2$  el espacio formado por los vectores de  $\mathbf{R}^2$  con la métrica (no es un producto escalar)  $\langle u, v \rangle = u^t \cdot A \cdot v$ , siendo  $A$  la matriz

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Comprueba, encontrando un ejemplo, que se verifican las siguientes propiedades

- a) Existen vectores con  $\langle u, u \rangle < 0$  (vectores temporales).
  - b) Existen vectores con  $\langle u, u \rangle = 0$  (vectores luz).
  - c) Existen vectores con  $\langle u, u \rangle > 0$  (vectores espaciales).
2. Comenta el siguiente editorial. ¿La revista es de Filosofía, de Física, de Ciencias Naturales?

Editorial aparecido en el primer número de Philosophical Transactions (marzo 1665) Dado que para fomentar el progreso en las cuestiones filosóficas no hay nada mejor que la comunicación de todo cuanto se descubra o ponga en práctica a cuantos dedican a las mismas sus estudios y sus esfuerzos, parece lógico servirse de la imprenta como procedimiento idóneo para complacerles, puesto que su entrega a tales estudios y su pasión por el progreso del saber y las invenciones útiles les hace merecedores de conocer los frutos de cuanto en este reino y en otras partes del mundo se produce, así como del progreso de los estudios, trabajos y ensayos que en estas materias realizan hombres doctos y curiosos, por no hablar ya de sus éxitos y descubrimientos: fin de que tales logros puedan comunicarse de forma clara y fidedigna, y de cara a la consecución de un conocimiento más seguro y útil, cualquier esfuerzo e iniciativa será bien recibido, al tiempo que se invita y alienta a aquellos que estudian y discuten estas cuestiones a que examinen, investiguen y descubran nuevas cosas, a que se transmitan unos a otros los conocimientos y a que contribuyan en la medida de sus posibilidades a la gran empresa del desarrollo del conocimiento natural y del perfeccionamiento de todas las disciplinas filosóficas. Todo ello por la gloria de Dios, el honor y el progreso de los reinos y el bienestar de toda la humanidad.

3. “Este mundo ordenado se ha originado por el proyecto y la potencia de un ser inteligente y potente. Es decir, el orden del mundo muestra la existencia de un Dios poderoso”. Newton. “No actuar según la razón es contrario a la naturaleza de Dios”. (Manuel II, en el discurso en Ratisbona de Benedicto XVI, 12-09-06). ¿Qué opinas de la relación entre razón y fe? ¿se pueden contradecir?

4. Comenta a raíz del siguiente texto sobre la importancia de los avances en Física en Medicina. Busca 10 ejemplos en este sentido.

Así escribía en 1911 Arthur Schuster, director del laboratorio de Física de la Universidad de Manchester, la reacción que se dio en su entorno: “Pocos fueron los laboratorios en los que no se intentó enseguida repetir el experimento... Casi inmediatamente, la posibilidad de aplicaciones prácticas atrajo al público y muy especialmente a la profesión médica. Estaba claro que se tenía un método de gran utilidad para el diagnóstico de fracturas complicadas, o para localizar objetos extraños en el cuerpo. Para mí, esto tuvo una consecuencia desafortunada. Mi laboratorio de vio inundado de médicos que traían a sus pacientes, de los que se sospechaba que tenían agujas en distintas partes de sus cuerpos, y durante una semana tuve que emplear la mayor parte de tres mañanas en localizar una aguja en el pie de una bailarina de ballet”

5. Comenta a la vista del siguiente texto si el conocimiento científico es igual a poder político. Busca otros ejemplos de la historia sobre ello.

En la Primera Guerra Mundial Alemania era número uno en industria química. En Gran Bretaña escaseaban, por ejemplo, los tintes artificiales que la industria textil precisaba entre otras cosas para teñir los uniformes de los soldados (la producción nacional era 1/5 de la necesaria). Para intentar paliar este problema una de las primeras acciones del gobierno fue crear en 1914 la Corporación Británica de Tintes. También faltaban productos farmacéuticos, y acetona y fenol, necesarios para la fabricación de explosivos. Aunque pronto se tuvo conciencia del problema que representaba la dependencia de la producción alemana, pasó algún tiempo antes de que el gobierno británico estableciese alguna agencia para tratar de remediar, paliar cuando menos, las dificultades que producía la guerra, no sólo por la carencia de bienes importados de Alemania, sino también

por otras, consecuencia directa de la lucha. En general, fueron los científicos (tanto de Francia, como de Gran Bretaña y Estados Unidos) los primeros en darse cuenta de que en esta guerra se iba a necesitar a la ciencia mucho más de lo que se había necesitado en cualquier otra contienda del pasado. Obligados por las circunstancias, los aliados, efectivamente, no tuvieron más remedio que crear -o mejorar radicalmente- sus respectivas industrias químicas, una lección que, además no olvidaron cuando llegó la paz. En 1919, Francia producía el 70 % de sus necesidades de tintes, cuando en 1913 su producción sólo alcanzaba el 20 %. Quintanilla y Sánchez-Ron, CTS. 1997.

6. Comenta el siguiente texto. En una escala de 1 a 10 sobre el conocimiento, ¿en qué punto te parece que estaríamos en la actualidad?

Lejos de acercarse a su final, gran parte de la ciencia actual está en mantillas. No sabemos nada de la vida fuera de la Tierra, ni siquiera si la hay o no. No entendemos el funcionamiento de nuestro cerebro, no sabemos qué pasa en nuestra cabeza cuando tomamos una decisión o aprendemos una canción. Ignoramos en qué consiste la materia oscura, que constituye más del 90 % de la masa del universo. No sabemos si existe el campo de Higgs previsto por el modelo estándar de la física de partículas. La mejor teoría física de que disponemos, la teoría cuántica de campos, es incompatible con la gravitación. En astronomía, cada vez que lanzamos un nuevo detector al espacio, encontramos sorpresas. En cosmología, como en paleoantropología, cada nueva radiación medida y cada nuevo hueso excavado ponen patas arriba nuestras teorías precedentes. Los modelos cosmológicos inflacionarios están cogidos con alfileres y no duran más que la canción del verano. La ciencia está en ebullición y su final no está a la vista. Jesús Mosterín en El País, 24-3-1999.

7. Pon tres ejemplos de cada uno de los siguientes conocimientos: técnico, científico y tecnológico.
8. En el s. IV a.C. Hipócrates trató los dolores con un brebaje de hojas de sauce. En 1763 el Dr. Edwards Stone presenta el primer trabajo científico sobre el extracto de sauce ante la Sociedad Científica de Londres. En 1828 Andreas Bruchner (U. Munich) identifica como salicilina el compuesto curativo del sauce. En 1897 el químico de Bayer Dr. Felix Hoffmann descubre el ácido acetilsalicílico a partir de la salicilina. En 1899 Bayer registra el nombre de Aspirina para esta nueva medicina. En 1900 es fabricada, primero en polvo y luego es el primer medicamento producido en comprimidos. Esta historia muestra un ejemplo de técnica que pasa a ser comprendida científicamente, ¿en qué momento se da el paso a tecnología? Investiga sobre la situación actual de la patente.
9. Nikola Tesla nació en Croacia (entonces Austria-Hungría), en el seno de una familia serbia, el 10 de julio de 1856. Fallecido en Nueva York EEUU, 17 de enero de 1943. Fue físico, matemático, inventor, e ingeniero eléctrico. Se educó en Graz y después en Praga donde estudió ingeniería eléctrica. En 1881 viaja a Budapest para trabajar en una compañía de telégrafos norteamericana. Al año siguiente se traslada a París para trabajar en una de las compañías de Thomas Alva Edison, donde realizó su mayor aporte: la teoría de la corriente alterna en electricidad, lo cual le permitió idear el primer motor de inducción en 1882. En 1884 se traslada a Nueva York, creando su propia compañía en 1886 tras romper con Edison. Tenía un laboratorio en la calle Houston en Nueva York. En 1887 logra construir el motor de inducción de corriente alterna y trabaja en los

laboratorios Westinghouse, donde concibe el sistema polifásico para trasladar la electricidad a largas distancias. En 1893 consiguió transmitir energía electromagnética sin cables, construyendo el primer radiotransmisor (adelantándose a Guglielmo Marconi). Ese mismo año en Chicago, se hizo una exhibición pública de la AC (corriente alterna), demostrando su superioridad sobre la corriente continua (DC) de Edison. En las cataratas del Niágara se construyó la primera central hidroeléctrica gracias a los desarrollos de Tesla en 1893, consiguiendo en 1896 transmitir electricidad a la ciudad de Búfalo. Con el apoyo financiero de George Westinghouse, la corriente alterna sustituyó a la continua. Tesla fue considerado desde entonces el fundador de la industria eléctrica. En 1891 inventó la bobina que lleva su nombre. En su honor se llamó Tesla a la unidad de inducción magnética en el Sistema Internacional de Unidades. Cuando murió, el Gobierno de los Estados Unidos intervino todos los documentos de su despacho, en los que constaban sus estudios e investigaciones. Aún no se han desclasificado dichos documentos. Nikola Tesla ideó un sistema de transmisión de electricidad inalámbrico, de tal suerte que la energía podría ser llevada de un lugar a otro mediante ondas. En los últimos años muchos son los que han intentado seguir su legado, pero es una tarea difícil, ya que no existen apenas documentos. Tiene otros muchos inventos (velocímetro, lámparas fluorescentes, avión de despegue vertical, etc.). Muchos inventos posteriores se basan en los principios físicos dictados por Tesla: radar, rayo láser, etc.

- Conocías los descubrimientos de Tesla.
- Comenta las repercusiones actuales de las investigaciones de Tesla. ¿Tienen algo que ver con tu vida y la de la sociedad actual los inventos de Tesla?
- ¿Es posible que alguno de sus descubrimientos no nos haya llegado todavía?