

## Las cosmovisiones a lo largo de la Historia

### ¿Qué es una cosmovisión?

El interés por la naturaleza y el deseo de explicar su funcionamiento se encuentra presente en diversas culturas o civilizaciones a lo largo de la historia y la geografía, pero no todas ellas han elaborado explicaciones filosóficas para darles una respuesta. A partir de sus creencias, las culturas, han desarrollado concepciones sobre el universo diferentes, las cuales están cargadas de imaginación y belleza.

Pues bien, el conjunto de ideas sobre el mundo que comparten los habitantes de una misma civilización, cultura y/o sociedad, así como toda interpretación de la realidad que constituya una forma coherente y sistemática de ver el mundo y de comprenderlo, se denomina **cosmovisión**.

La expresión cosmovisión deriva del término griego *cosmos*, que significa “orden, belleza y armonía”, el orden y la belleza de un universo en el que cada cosa ocupa un lugar determinado se opone al caos, al desorden, a lo amorfo; y *visión* y que por lo tanto se refiere a una representación de lo que se tiene del universo, que puede cambiar según la cultura o la época. Como veremos, a continuación, las primeras cosmovisiones son de carácter mítico, aunque se cambiará, progresivamente, hacia las cosmovisiones de tipo científico.

### La cosmovisión mítica

Los fenómenos meteorológicos, las catástrofes naturales, o los fenómenos astronómicos han atemorizado al ser humano desde el principio de los tiempos. Ante esta realidad inhóspita y desconocida, los seres humanos elaboraron unas narrativas que aspiraban a dar explicaciones de cuanto había en el mundo, para hacerlo más comprensible y habitable.

Estos relatos, protagonizados por seres poderosos, como dioses y titanes, narraban el origen de lo que existía y revelaban la causa de los acontecimientos que de otra manera quedaban sin explicación (la muerte, los astros, etc...). Y, en definitiva, ayudaban al ser humano a dotar de sentido su mundo y su vida. En todas las culturas humanas, como por ejemplo en la antiguo Egipto y en Grecia, han existido siempre este tipo de narraciones, denominadas **mitos**. Los mitos proporcionan una cosmovisión por su capacidad para ofrecer una imagen del universo, de su origen y de lugar que ocupa el ser humano en él.

Las cosmovisiones míticas se caracterizan por su naturaleza **simbólica** por personificar los fenómenos naturales, representados como manifestaciones de seres poderosos y fantásticos. Con la aparición del pensamiento científico surgió una nueva forma de explicar el mundo mucho más consistente que los relatos míticos. La **ciencia** dio lugar a las cosmovisiones científicas, caracterizadas por aspirar a la objetividad y a describir la naturaleza sin recurrir a personajes fantásticos y dejando al margen la esfera espiritual y simbólica.

### Las cosmovisiones científicas

Las cosmovisiones científicas también aspiran a dar explicaciones del mundo y hacerlo más comprensible, pero en lugar de recurrir a seres poderosos o fuerzas sobrenaturales buscan explicaciones racionales basadas en la observación y en la experimentación, que pueden verse sometidas a crítica y a revisión; que explican cómo ocurren los fenómenos, y esta explicación genera una imagen del universo coherente y consciente con los fenómenos conocidos, en la que quedan determinados tanto los componentes esenciales de la realidad como las leyes que la rigen. Estas cosmovisiones nacen de la práctica científica y contribuyen a crear la concepción del mundo en una época determinada. Las cosmovisiones científicas presentan las siguientes características:

- Las **ideas** que constituyen una cosmovisión científica se caracterizan por estar interconectadas, es decir, dependen unas de otras formando un sistema.

- Las ideas que forman parte de una cosmovisión científica no son aleatorias ni están tomadas al azar, sino que se caracterizan por sustentarse en **argumentos sólidos** -la observación, la experimentación, el razonamiento, etc...- y con la aplicación de un **método** riguroso.
- No obstante, en ocasiones hay ideas que se aceptan como verdaderas sin haber sido comprobadas o experimentadas, porque sobre ellas sustentan en otras **creencias** que se consideran verdaderas y que son fundamentales para mantener la consistencia de todo sistema o cosmovisión. Así, la verdad de algunas ideas depende de que otras sean también ciertas.
- Para que un conjunto de ideas pueda ser definido como cosmovisión, debe existir un consenso general en torno a él, es decir, tiene que ser compartido por gran parte de la sociedad.

Las cosmovisiones científicas pueden diferenciarse en **tres grandes bloques** a lo largo de la historia:

- **Cosmovisiones antiguas:** Incluyen todas aquellas explicaciones de la realidad que surgieron en Grecia desde el siglo VI a. C., con los primeros pensadores naturalistas, los filósofos de Mileto, o el pensamiento de Aristóteles o Ptolomeo; hasta el siglo XVI.
- **Cosmovisión moderna:** Es la imagen del mundo que se formó durante la revolución científica en los siglos XVI y XVII, con el trabajo de científicos como Galileo Galilei o Isaac Newton.
- **Cosmovisión actual:** Constituye la visión del mundo que es aceptada desde principios del siglo XX hasta la actualidad por la comunidad científica. Surgió a partir de dos ramas nuevas de la física: la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica.

## La filosofía de la naturaleza.

Los primeros filósofos occidentales que iniciaron el paso del *mito* al *logos*, maravillados ante la gran diversidad de objetos de toda clase contemplaban ante sí, se plantearon si quizá podía suceder que todos ellos no fueran otra cosa que formas distintas de manifestarse uno o varios elementos fundamentales. El asombro que les suscitaba el mundo natural dio lugar así a la **filosofía de la naturaleza**, que se caracteriza por tratar de ofrecer una explicación racional a las preguntas relativas a la composición de la materia, su origen, el movimiento las leyes que lo rigen.

Durante muchos siglos, la preocupación por estas cuestiones y las teorías que se formularán al respecto tendrán lugar en el ámbito de la filosofía, de manera que podemos decir que la filosofía de la naturaleza se puede considerar como la antecesora de las ciencias modernas. En la actualidad, el carácter interdisciplinar de la filosofía supone que esta se halle en constante diálogo con la ciencia y se muestre atenta a las implicaciones filosóficas que puedan tener las nuevas teorías que van surgiendo en el ámbito científico.

La realidad, entendida como todo aquello que no ha sido producido por el hombre, permitiendo dos tipos de reflexiones:

- Reflexiones de tipo **metafísico**.
- Reflexiones de tipo **cosmológico**.

Las reflexiones de tipo metafísico nos remiten a interrogantes como qué es la realidad.

Las implicaciones filosóficas que se desprenden de las distintas respuestas que, a lo largo de la historia del pensamiento, han surgido sobre esas cuestiones. La filosofía de la naturaleza tiene como objeto de estudio dichas implicaciones.

Aristóteles fue el primer gran pensador que dio la imagen de un universo como un todo ordenado y sometido a una finalidad: **cosmos**. La filosofía de la naturaleza se configura, desde entonces, como una **cosmovisión** sobre el universo. El desarrollo de su cosmovisión necesitará del aporte de tres ciencias particulares:

- La **cosmología**: visión global del universo, es decir, responde a las cuestiones sobre su origen y su composición.

- La **astronomía**: responde a las cuestiones sobre todo aquello que se relaciona con la parte celeste del universo, es decir, los planetas, su distribución en el espacio y sus movimientos.
- La **física**: responde a las cuestiones sobre todo aquello que se relaciona con nuestro planeta Tierra, es decir, el movimiento de los seres inertes.

El progreso científico de estas ciencias determinará, en buena medida, las distintas cosmovisiones que han surgido a lo largo de la historia. La ciencia avanza, da nuevas respuestas y, cuando parece que ya está todo explicado, surgen nuevos interrogantes, nuevos retos reflexivos que exigirán el aporte de la filosofía para poder resolverlos de alguna manera: ¿es el universo fruto de la causalidad?, ¿lo es, más bien, del azar o de la casualidad?, ¿es lo mismo azar que caos?, ¿qué lugar ocupa Dios en todas estas reflexiones?

Introducimos en estas cuestiones exigirá una cierta comprensión de teorías físicas que ofrecen una gran complejidad conceptual. Al mismo tiempo, lo esencial en nuestra materia no es la comprensión absoluta de esas teorías, sino entrever las implicaciones filosóficas que de ellas se desprenden. Por ejemplo, no es fácil entender por qué el universo está en expansión -si es que lo está- y, quizás, no sea esta comprensión -propia de científicos de gran nivel- el objetivo primordial del Bachillerato. Lo esencial es intentar comprender qué implica esa expansión, es decir, entender el alcance de las preguntas como: si el universo se expande, ¿dejará de hacerlo, en un momento dado, para contraerse? ¿Supondrá esa contracción el final del todo?

Por este motivo, se pretende explicar el desarrollo, de la forma más sencilla posible, esas complejidades físicas con el objeto de posibilitar lo propio de la filosofía: que el ser humano sea capaz de situarse, de manera crítica, ante todo aquello que, de alguna manera, le afecta.

## Cosmovisiones antiguas

Si en una noche clara observamos atentamente las estrellas durante un tiempo prolongado, apreciaremos que todas ellas se mueven al unísono alrededor de mismo eje, como si formaran parte de una misma estructura que las obligara a dar vueltas completas a diario. Si nos dejásemos quiera por los sentidos, pensaríamos (como los griegos) que no es la Tierra, sino la bóveda celeste la que se mueve a nuestro alrededor. Y como todas las estrellas se mueven a la vez, supondríamos, también, que estas son puntos brillantes en una cúpula firme.

A parte de los movimientos regulares que hemos descrito, en los cuerpos celestes es difícil apreciar, a simple vista, otras alteraciones. Esta regularidad contrasta con la diversidad y la variabilidad presentes en la Tierra. Esto llevó a los primeros filósofos a pensar que la *Tierra* y los *cielos* eran mundo diferentes, aunque se tuvieran que integrar en una explicación global de la *estructura del universo*.

### La Tierra

Explicar la forma del planeta que habitamos y dar una justificación racional de su diversidad fue la preocupación de los primeros filósofos:

- **Los principios de la realidad.** Los antiguos estaban convencidos de que la diversidad de sustancias oculta una explicación sencilla: todas ellas proceden de la transformación de uno o de varios elementos, que pueden ser considerados los principios de la realidad. Durante la Antigüedad, proliferaron teorías acerca de la naturaleza y el número de estos principios, pero básicamente podemos resumirlas, a grandes rasgos, en dos:
  - **El principio básico o elemental** (*arkhé*). Los filósofos de Mileto coincidieron en considerar que las sustancias derivan de un principio único y natural que denominaron *arkhé*. Todas las cosas procedían de sucesivas transformaciones de este principio. Sin embargo, difirieron en la naturaleza atribuida a este principio. Por ejemplo: para Tales, era el agua; para Anaxímenes, en cambio, era el aire.

- **Los cuatro elementos.** Esta doctrina consiste en afirmar que todas las cosas se forman a partir de la mezcla de cuatro elementos: tierra, aire, agua y fuego. Lo que varía es en cada sustancia es tan solo la concentración que hay de cada uno de ellos.
- **La forma de la Tierra.** La información recibida por los sentidos hizo creer a los primeros filósofos que la Tierra era plana y que se encontraba rodeada por el océano. No tardaron en aparecer comunidades y escuelas, como la pitagórica, que ya en el siglo VI a. C. había deducido que la Tierra era esférica gracias a una serie de de observaciones. Por ejemplo, que al alejarse un barco de la costa lo primero que dejamos de ver es el casco y lo último las velas, hecho que solo se puede explicar si la Tierra es esférica. Además, los eclipses de lunares permitían comprobar que la sombra que proyecta la Tierra sobre la Luna tiene un contorno circular.

### Los cielos

Una explicación de los cielos acorde con las concepciones culturales y religión de la Grecia antigua debía cumplir estas características:

- El **movimiento de los cuerpos celestes** ha de ser circular pues este es el movimiento más perfecto y, por tanto, el único adecuado para seres divinos como los astros.
- **Geocentrismo:** se ha de considerar que la **Tierra está inmóvil en centro del universo**, pues la observación contrastada de la realidad parece mostrar que esta se encuentra estática y que el universo está organizado en torno a ella.
- El **universo** debe ser entendido como **limitado**, en su extremos alejado de la Tierra, por las **esfera** de las **estrellas fijas**. Esta constituiría una especie de bóveda en la que estarían incrustadas las estrellas.

Esta visión del mundo es la más apropiada si hacemos caso a nuestros sentidos, porque vemos moverse el Sol y la Luna, en principio no hay nada que nos permita indicar que es la propia Tierra la que está en movimiento. Sin embargo, esta concepción del universo comporta algunos problemas. De ellos, el más grave de ellos ha sido bautizado por Gerald Holton, como el **problema de Platón** y estaría así formulado:

“Se cuenta que Platón (s. IV a. C.) planteaba el problema a sus alumnos en estos términos: Las estrellas -consideradas como eternas, divinas e inmutables- se mueven al rededor de la Tierra dando una vuelta por día como puede verse, y según la trayectoria de mayor perfección, el círculo. Pero hay algunos cuerpos celestes, que si observamos durante un año, parecen errantes, casi en desorden, por el cielo, recorriendo trayectorias anuales de una irregularidad desconcertante. Estos son los planetas. Seguramente deben moverse «realmente» de algún modo, según círculos ordenados o combinaciones de círculos. Tomando este movimiento circular como axioma, ¿cómo podemos interpretar las observaciones del movimiento planetario o, usando una frase contemporánea, «salvar las apariencias»? El importante problema de Platón puede plantearse como sigue: «Determinar qué clases de movimientos (circulares) uniformes y ordenados deben asignarse a cada uno de de los planetas para explicar sus trayectorias anuales aparentemente irregulares».

Holton, G., *Introducción los conceptos y teorías de las ciencias físicas*.

Un discípulo de Platón llamado Eudoxo (408 - 355 a. C.) buscó una solución a este problema: la teoría de las esferas homocéntricas . Introdujo un complejo sistema de 27 esferas con un centro común que coincidía con el centro de la Tierra (por eso se llaman *esferas homocéntricas*). Estas esferas eran cristalinas y transparentes, se encontraban concatenadas una dentro de unas de otras, como si se tratara de muñecas rusas y, además cada una de ellas se movía sobre sí misma con un eje de rotación diferente. El movimiento de cada planeta era resultado de su vinculación con grupos de cuatro esferas, cuyos movimientos rotatorios se superponían planetarios. Un movimiento complejo era explicado, de este modo, como la suma de varios movimientos simples.

## El cosmos aristotélico

La cosmología aristotélica se deriva de su visión ontológica. La afirmación de que solo existe un mundo, el mundo sensible, unida a su pasión por escudriñar es única realidad por medio de la observación, implicará que su propuesta contenga tanto elementos metafísicos como también una detallada descripción cómo es este universo. Para Aristóteles, el cosmos es un todo organizado en dos mundos de naturaleza distintas: el mundo *sublunar o terrestre* y el *supralunar o celeste*. Veámoslo:

### - **Mundo sublunar o terrestre.**

Es el mundo que habita el ser humano: la Tierra. Según Aristóteles, tiene forma esférica, es muy reducida y ocupa un lugar central en el universo. Este mundo está limitado por la esfera de la Luna, que concluyen la frontera entre las dos regiones; sublunar y supralunar.

Está constituido por los **cuatro elementos** que hemos visto: tierra, agua, aire y fuego. Cada uno de ellos tiene un lugar que le es propio en el universo. Si se encontraran en estado puro, se organizarían en esferas concéntricas en el siguiente orden: la tierra estaría en el centro, encima el agua, luego el aire y por último el fuego. Los cuatro elementos tienden de manera natural al recobrar esta posición, por lo que les caracterizan **movimiento natural de carácter rectilíneo**, que puede darse en dos sentidos: descendente, en el caso de la tierra y el agua (por su condición pesada), y ascendente, en el caso del aire y el fuego (por su condición ligera). Como el mundo sublunar está poblado de sustancias que son compuestos o mezclas de estos elementos, según la proporción que tengan de ellos, les corresponderá un movimiento natural de uno u otro signo. Esta es la llamada «teoría de los lugares naturales». Esta teoría, además, explica el tipo de trayectoria que tiene los elementos -cambios- en el mundo sublunar: todos estos serán ascendentes o descendentes y, al mismo tiempo, rectilíneos.

Ahora bien, en la región sublunar no solo podemos observar movimientos rectilíneos de ascenso y descenso, sino que hay cambio y transformaciones de otros tipos. Pero ¿a qué se deben estas transformaciones? Según Aristóteles, todo movimiento que no sea natural necesita una **causa** exterior que los justifique. Por eso, tuvo que recurrir al movimiento que se produce en la región celeste. El movimiento de rotación de la esfera de las estrellas fijas se traslada, por fricción, de una esfera a otra hasta llegar a la esfera de la Luna, que lo transmiten al terreno sublunar. Este movimiento produce la mezcla de los elementos y, por tanto, provoca que se generen y corrompan los cuerpos. Una vez generados, los cuerpos actúan como causas agentes inmediatas de otros cambios.

¿Qué *busca* este movimiento? El reposo. El movimiento no es más que un paso necesario a alcanzarlo. De ahí que Aristóteles distinguiera los cambios naturales de los cambios violentos. Cuando un arquero lanza una flecha, se produce un cambio violento, pues lo propio de la flecha, como de cualquier objeto, es el reposo. Sin embargo, al actuar una gente exterior -el arquero con su flecha-, esta flecha se desplazará durante un tiempo.

¿Cómo se mantiene este movimiento una vez que la flecha abandona el arco? La respuesta es obvia para nosotros, pero no lo era para la época. Según Aristóteles, un movimiento necesita siempre la acción de un agente que lo provoque. Si la flecha ya ha salido del arco, ¿qué agente sigue provocando que esa flecha se siga moviendo? La respuesta es el aire. El aire actuará -como empujándola- hasta la flecha caiga al suelo. Esto supondrá la no existencia del vacío. Si existiera, al flecha no se podrá desplazar.

### **¿Qué implica toda esta explicación aristotélica sobre el cambio en el mundo sublunar?**

- El mundo sublunar aristotélico posee un carácter **esencialista** y **finalista**. Esencialista, porque los movimientos están en función de la naturaleza (esencia) de las sustancias; finalista, porque cada sustancia tiende al fin que le es propio, es decir, ocupar su lugar natural.

- El movimiento **se explica por esencias y finalidades**. Es importante señalar que la acción de la gravedad era desconocida en el pensamiento clásico. En cuanto a los cambios violentos, las implicaciones que una fuerza ejercitada sobre un cuerpo tiene sobre su movimiento tampoco eran conocidas.
- El **tiempo**, sin ser el movimiento, estará intrínsecamente unido a él. El tiempo es la medida del movimiento respecto a lo anterior y a lo posterior.

Además, las sustancias terrestres pueden ser de dos tipos:

- **Sustancias terrestres inertes (no vivientes)**: compuestas, únicamente, por los cuatro elementos.
- **Sustancias terrestres vivientes**: compuestas por alma, principio de vida y de movimiento.

#### - **Mundo supra lunar o celeste.**

Es el mundo que está más allá de la esfera de las estrellas fijas. Más allá de estas no hay nada.

A diferencia del mundo sublunar, el supralunar se compone de un quinto elemento: el éter. Es un elemento de naturaleza divina: perfecto, puro, inalterable y sin peso. Por eso, el mundo supralunar es **eterno e inmutable**. La estructura de esta región sigue el modelo de las esferas homocéntricas de Euxodo. Estas esferas existen realmente y se componen de éter, aunque solo son visibles las regiones en las que el éter se concentra formando los cuerpos celestes. Cada esfera se mueve con un movimiento circular uniforme, que se transmite por rozamiento de unas esferas a otras, lo que produce como resultado los complicados movimientos de los planetas.

Ahora bien, ¿cuál es la causa del movimiento circular uniforme de las esferas del éter? Para responder esta pregunta, Aristóteles postula la existencia de un **Primer Motor Inmóvil**, causa final del todo el movimiento que se produce en el universo. De ello se deriva el carácter *teológico* de la cosmovisión aristotélica: todos los cambios que tiene lugar en el mundo siguiendo las leyes de la naturaleza, tanto de los seres vivos como de la materia inerte, obedecen a una **finalidad**. La divinidad ha dispuesto todo para que se mantenga el orden cósmico en perfecto equilibrio. Así, el movimiento de los cuerpos celestes existe *para* provocar la mezcla de los cuatro elementos en el mundo sublunar.

#### **¿Qué implicaciones se desprenden de esta descripción del mundo supralunar?**

- En primer lugar, la distinta **perfección y jerarquización del universo y del los seres que lo componen**. El mundo sublunar, sometido al cambio y a la degeneración, es imperfecto. El mundo supralunar es perfecto. La máxima perfección, el motor inmóvil, absoluto reposo y acto puro: dios físico y dios metafísico aristotélico.
- Este mundo, como el anterior, es **finalista y esencialista**. Se mueve y es en función de su naturaleza.
- El **universo**, en su conjunto, es **eterno**. La existencia del motor inmóvil confiere al universo esta característica. Al ser eterno, es incorruptible.
- **Se mueven las esferas**, no los cuerpos celestes. La atracción gravitacional de los planetas tampoco era conocida.
- **No existe el vacío** y, en definitiva, **tampoco existe el espacio en el sentido en el que lo entendemos hoy**. El espacio, en todo caso, coincide con el universo en su conjunto. Mas allá no hay nada. No tiene sentido preguntarse qué hay más allá del espacio. El universo es finito. Su límite viene dado por la Esfera de las estrellas fijas.
- El **tiempo**, ligado al movimiento, es **eterno**, como lo es el universo, y el movimiento circular y uniforme de los cuerpos celestes.

- La cosmología aristotélica, en su conjunto, es una cosmología cualitativa. La esencia y finalidad de su universo confiere primacía a una visión y explicación cualitativa del mismo. Esto, a su vez, confiere la primacía de la causa final como explicación del movimiento.

### Las aportaciones de la astronomía: la cosmología de Ptolomeo

A pesar de la solidez del sistema aristotélico, los astrónomos se encontraron con observaciones sobre la posición de los planetas que no se podían conciliar con la idea de que los movimientos celestes fueran circulares y su movimiento, regular. Para mantener estas ideas, se propusieron **modelos matemáticos** que solventaban cada problema concreto, sin pretender que tales soluciones fueran reales, sino simplemente que **facilitaran** la predicción de los fenómenos astronómicos (visión instrumental de la ciencia).

Ptolomeo fue el astrónomo más importante de la Antigüedad y su obra *Sintaxis matemática* (conocida como *Almagesto*) recoge tanto aportaciones originales como del resto de científicos, de tal modo que se la considera el principal compendio de la astronomía de la antigua Grecia. Uno de los principales problemas a los que se enfrentaba la teoría geocéntrica aristotélica, y que Ptolomeo trató de explicar, fue la de la órbita de Marte. Al estudiar el movimiento de este planeta, se observa que diariamente avanza hacia el este de forma regular, pero, en un determinado momento, parece que se detenga para retroceder (se mueve hacia el oeste) hasta que de nuevo corrige el rumbo para dirigirse hacia el este dibujando una especie de lazo o bucle. Era un movimiento inexplicable desde las concepciones aristotélicas. Por esta razón, el astrónomo griego **Hiparco de Nicea** y posteriormente **Ptolomeo** afirmaron que la órbita de Marte -y por extensión, del resto de planetas- era el producto de la combinación de los dos movimientos: uno a través de una línea imaginaria alrededor de la Tierra llamada *deferente*, y otro en un círculo más pequeño llamado *epiciclo*, cuyo centro sería la deferente.

### **Implicaciones filosóficas**

Las cosmovisiones son elaboradas por el ser humano y para el ser humano, con el fin de comprender su eterno físico, ya sea en busca de la verdad, ya sea en busca de seguridad o consuelo, o por cualquier motivo. Así, es natural que una cosmovisión tenga una serie de implicaciones que van más allá del terreno estrictamente científico, condicionando posturas filosóficas o religiosas, a la vez que ella misma es condicionada por tales posturas. Algunas de las implicaciones filosóficas del modelo antiguo son las siguientes:

- La **realidad** está perfectamente **ordenada**. Todas las cosas están organizadas e integradas en la totalidad del universo, y cada parte tiene una finalidad propia dentro del todo.
- Los seres sufren cambios no solo porque haya fuerzas externas que los impulsen hacia aquí o hacia allá, sino que poseen **dinamismo** a causa de la materia misma de que están compuestos. El movimiento es algo **inherente** a la **materia**, no algo que le sobreviene solo desde fuera. Por esta razón, la propia naturaleza de cualquier ser lo impulsa a cambiar y desarrollarse.
- La **realidad** es totalmente **cognoscible**. Utilizando su razón, el ser humano puede comprender plenamente el funcionamiento del universo, pues este funcionamiento se basa en relaciones de causalidad que están dispuestas con relación a un fin, fin que es comprensible por medio de la observación y la reflexión.
- La **perspectiva** con la que se estudia la realidad es **antropocéntrica**. En efecto, el mundo se completa desde el punto de vista del ser humano, como si estuviese hecho justo a su medida: la naturaleza se ajusta perfectamente a la razón humana, que la puede comprender por completo; la perspectiva que se tiene del universo es que corresponde a un observador terrestre (la Tierra es única, inmóvil y situada en el centro), y así sucesivamente.

## La cosmología medieval: santo Tomás de Aquino

La cosmología medieval tomará como propias las tesis aristotélicas-ptolemaicas, aunque armonizará el origen del universo con las exigencias de los dogmas de fe, especialmente el referido al origen del universo como acto creador de Dios y desde la nada.

La eternidad de la materia, del universo en su conjunto, constituirá el punto clave que habrá que resolver para la necesidad de armonización entre fe y razón. Esta tarea la emprenderá **santo Tomás de Aquino** con su demostración de la existencia de un Dios eterno que crea desde la nada.

### La demostración de la existencia de Dios

Santo Tomás, para demostrar la existencia de Dios, asumió los principios básicos de la epistemología y de la física aristotélica.

En cuanto a la epistemología, todo conocimiento comienza por los sentidos y toda demostración debe seguir un proceso *a posteriori*.

En cuanto a la física, aplicación del concepto de causalidad aristotélica.

Siguiendo estas tesis, propondrá cinco maneras diferentes de demostrar dicha existencia: las **cinco vías tomistas** de demostración de la existencia de Dios. Las tres primeras reflejan, especialmente, esa impronta aristotélica, influencia que se evidencia en el esquema común que poseen en su desarrollo.

1. Punto de partida: hecho observable por los sentidos.
2. Aplicación de la causalidad aristotélica.
3. Imposibilidad de un proceso infinito regresivo: demostración *a posteriori*.
4. Afirmación de la existencia de Dios.

### **Las cinco vías de de santo Tomás**

#### 1. Primera vía: Vía del movimiento. Dios como primer motor.

Es innegable, y así nos lo muestran los sentidos, que en el mundo hay cosas que se mueven. Todo lo que se mueve es movido por otro y, así, sucesivamente. Siendo imposible una regresión infinita de causas que sean movidas por otras, es necesario llegar a un primer motor que no sea movido por nadie: **Dios como primer motor.**

#### 2. Segunda vía: Vía de la causalidad. Dios como causa primera.

Tiene una formulación parecida a la anterior. Todo efecto tiene su causa. Esta causa nos remite a una causa anterior que dé razón de ella. Siendo imposible una regresión infinita de causas que sean causas, es necesario llegar a una primera causa que no haya sido causada: **Dios como causa primera.**

#### 3. Tercera vía: Vía de la contingencia. Dios como ser necesario.

Las cosas son contingentes, es decir, son y dejarán de ser. Lo que deja de ser no es eterno. Por tanto, procede de algo anterior ya existente. Siendo imposible una regresión infinita de seres contingentes que dan lugar a otros, es necesario llegar a un ser que no sea contingente: **Dios como ser necesario.**

#### 4. Cuarta vía: Vía de los grados de perfección. Dios como ser perfectísimo.

Observamos que en la naturaleza existen seres con mayor o menor perfección. La perfección es una cualidad que se relaciona con un modelo con el que se compara. No es posible una regresión infinita de modelos comparativos. Por tanto, es necesario llegar a un ser que sea la máxima perfección: **Dios como ser perfectísimo.**

#### 5. Quinta vía: Vía del gobierno del mundo.



Los seres naturales, la naturaleza en su conjunto, obran en función de un fin. Como no poseen entendimiento, deben ser dirigidos por un ser inteligente. Por tanto, ese ser ha de existir: **Dios como ser inteligente que ordena la naturaleza.**

## La ciencia moderna

La visión moderna se empezó a gestar en el siglo XVI, gracias a la contribución de un grupo de científicos y astrónomos que protagonizaron la revolución científica y que sentaron las bases de la física clásica, caracterizada por servirse tanto de la experimentación como del formalismo matemático. Una nueva física y una nueva visión del mundo aparecen paralelamente y en mutua dependencia para sustituir el antiguo cosmos griego, que había perdurado hasta ese momento como única explicación válida para entender el universo.

El nuevo clima intelectual europeo del Renacimiento permitió a numerosos astrónomos y físicos cuestionarse la cosmovisión heredada y sus dogmas, lo que acabó comportando, tal y como afirma el filósofo e historiador de la ciencia Alexandre Koyré, una «destrucción del cosmos» griego: la vieja distinción entre un mundo supra lunar inalterable e incorruptible (solo existe el movimiento circular) y un mundo sublunar donde encontramos constantes cambios de todo tipo, se superó sustituyéndola por un universo sin jerarquías. Esta nueva cosmovisión se formó gracias al trabajo conjunto de astrónomos y de físicos.

### Nicolas Copérnico y el heliocentrismo

El sabio renacentista polaco, muy influenciado por la tradición griega, desconfiará progresivamente de una visión del universo escasamente empírica e impregnada de elementos metafísicos como lo era el modelo aristotélico-ptolemaico. **Nicolás Copérnico** (1473 - 1543), en su obra *Sobre las revoluciones de los cuerpos celestes -De revolutionibus orbium coelestium-*, publicaba en el año de su fallecimiento, someterá al paradigma aristotélico-ptolemaico a una profunda crítica.

Copérnico planteará su argumento según el modo establecido por Guillermo de Ockham: la explicación más sencilla -de cualquier fenómeno- deberá ser la verdadera, y inspirándose en la obra de Aristarco de Samos. Todo el complejo sistema ptolemaico sería mucho más simple, explicativo y productivo si la Tierra dejara de ocupar su lugar preeminente y este fuera ocupado por el Sol: **modelo heliocéntrico** frente al modelo geocéntrico. Esto es, Copérnico no partía de nuevas observaciones, o descubrimientos para defender su propuesta, sino que consideraba que de esta manera se simplificaban los cálculos y era más sencillo que las observaciones encajaran en el sistema.

El Sol, con cierta aproximación, estaría en el centro del universo. Todo lo demás, giraría a su alrededor, incluido nuestro planeta (movimiento de traslación). La Tierra, además, poseería otros dos tipos de movimiento, el de rotación sobre sí misma y el de inclinación de su eje: modelo geodinámico frente al modelo geoestático.

No obstante, y pese al giro drástico que supuso su concepción heliocéntrica sobre el universo -la Tierra tan solo sería un planeta más y el hombre dejaría de ser el centro de la creación-, Copérnico sostuvo tesis que eran propias del anterior paradigma como las referidas al movimiento circular de los planetas y la finitud del universo.

Esto, además, implicó que su sistema fuese igualmente confuso, pues el movimiento circular obligaba a recurrir a las complicaciones de los epiciclos. El motivo: el no contar con una física adecuada -basó sus trabajos en la física aristotélica- para simplificar sus propuestas. Será necesario esperar a las aportaciones de Giordano Bruno, Johannes Kepler y Galileo Galilei para superar estas deficiencias. Pero, al fin y al cabo, la visión moderna del universo estaba en marcha gracias a esta nueva teoría sobre el universo.

### Las observaciones de Bruno, Brahe, Kepler y Galilei

**Giordano Bruno** (1548 - 1600), filósofo y astrónomo renacentista italiano, defendió el heliocentrismo de Copérnico y sometió a la crítica la tesis de las esferas fijas y el hecho de que estas supusieran el límite de del universo. El universo no tiene límites. Pero, si no tiene límites, tampoco tiene centro. Esto implica, entre otras cosas, que cualquier otro punto ser considerado como centro y todo lo demás como periferia. Y lo contrario también también sería válido; además, un universo infinito conlleva la posibilidad de infinitos mundos.

Sus tesis, a pesar de ser meramente especulativas por no contar con apoyo empírico ni físico-matemático, son sumamente sugerentes y abrieron un nuevo campo de cultivo a futuras explicaciones, teóricas y comprobadas, de pensadores posteriores.

Otras figuras relevantes en esta época fueron el astrónomo danés Tycho Brahe y el alemán Johannes Kepler. Antes de la invención del telescopio (los primeros aparecieron a partir del siglo XVII), estos científicos fueron capaces de recoger los datos más precisos que nadie había logrado acumular hasta el momento sobre el movimiento de los planetas.

**Brahe** (1546 - 1601) fue un matemático y astrónomo de origen danés que entre otros logros, consiguió detallar la aparición de una supernova, es decir, de una explosión estelar, lo que invalidaba la creencia en la inmutabilidad de los cielos; también demostró que la trayectoria de un cometa se encontraba más allá de la Luna. Ahora bien, Brahe no aceptó totalmente el sistema propuesto por Copérnico e ideó un **modelo** intermedio entre el de este y el de Ptolomeo (**geo-heliocéntrico**) en el que el Sol y la Luna giraban entorno a la Tierra, y el resto de planetas lo hacían alrededor del Sol. Con todo, se dedicó durante años a realizar observaciones y mediciones de los movimientos de los planetas, que permitieron a Kepler formular sus leyes.

**Johanes Kepler** (1571 - 1630), astrónomo y matemático alemán. Defendió el heliocentrismo. Formuló una serie de leyes que acabaron con la herencia aristotélica que el copernicanismo mantenía: la circularidad de las órbitas y la uniformidad de sus velocidades. Kepler acabó de definir un heliocentrismo consistente, mientras estudiaba el movimiento de Marte, al afirmar que las órbitas planetarias eran elípticas (en vez de circulares) y en uno de sus focos se encontraría el sol. Esta constituye la primera de las tres leyes de Kepler. Se trata de leyes científicas en el sentido moderno: son puramente descriptivas, suponen una simplificación de explicaciones anteriores, y surgen directamente de la observación. Las tres leyes de Kepler son:

- Primera ley (1609): Todos los planetas se desplazan alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas. El Sol se encuentra en uno de los focos de la elipse.
- Segunda ley (1609): En su movimiento al rededor del Sol, los planetas barren áreas iguales en tiempos iguales.
- Tercera ley (1618): Para cualquier planeta, el cuadrado del tiempo que tarda en dar una vuelta alrededor del Sol es directamente proporcional al cubo de la longitud de la distancia media entre dicho planeta y el Sol.

Las implicaciones de las leyes de Kepler son las siguientes:

- Los movimientos de los planetas alrededor del sol no son circulares, sino elípticos.
- El sol estaría situado en uno de los focos de la elipse.
- La supuesta perfección de movimiento circular no deja de ser un constructo metafísico.
- Las órbitas elípticas posibilitan una mejor explicación del movimiento de los planetas.
- El movimiento de los planetas encuentra una primera explicación en el concepto de fuerza central, una fuerza motriz dirigida hacia el Sol.
- El motor inmóvil aristotélico quedará relegado, progresivamente, por el concepto físico de fuerza.
- La concepción o la representación del mundo en la época moderna, será como la de un gran reloj, como un gran mecanismo regular, predecible y «sin alma». Un universo-maquina.

**Galileo Galilei.** (1564 – 1642), matemático italiano, nacido en Pisa. Gracias al telescopio, Galileo Galilei, uno de los protagonistas de la revolución copernicana, pudo llevar a cabo valiosas observaciones; por ejemplo, que Júpiter contaba con un grupo de satélites que giraba a su alrededor.

Según el geocentrismo, todos los astros celestes orbitaban en torno a la Tierra, de modo que el descubrimiento de Galileo hacía inviable la propuesta geocéntrica. Galileo también observó manchas solares y estudió su evolución y su movimiento en la superficie solar. En la cosmovisión aristotélica, los cielos eran de un material perfecto e inmutable, de modo que este descubrimiento contradujo, de nuevo, estas tesis.

Las evidencias contra la cosmovisión aristotélica se acumulaban de un modo insostenible. Por su apoyo al heliocentrismo, Galileo fue denunciado a la Inquisición y obligado a retractarse. Anciano y enfermo, estuvo condenado a arresto domiciliario hasta el final de sus días. Aunque privado de libertad, pudo completar la que sería su última gran aportación a la ciencia: asentar las bases de la **física moderna**, un cuerpo teórico que la nueva cosmovisión necesitaba para desembarazarse definitivamente del geocentrismo.

Además, aportará la matematización explicativa del universo (el universo se explica por medio de las matemáticas); por ello se le considera como el precursor de la física moderna. A través de él surge el método compositivo-resolutivo (que sirve de base para el método hipotético-deductivo); cuyas características son:

- Establece la experimentación como medio de acercamiento a la realidad y la necesidad de utilizar un camino adecuado para desempeñar sus leyes.
- Señala la supremacía de las matemáticas como única ciencia capaz de proporcionar conocimientos ciertos y la posibilidad de expresarlos en parámetros cuantificables.
- Este conocimiento tiene que tener su traducción en el progreso de la humanidad: la técnica como coorelato de la ciencia.
- Se abandona, progresivamente, la visión metafísica y física de propia del pensamiento aristotélico, que era el dominante hasta la fecha gracias a la síntesis realizada por Santo Tomas de Aquino en la Edad Media.

Además, de crear este método, da la respuesta a la pregunta ¿por qué caen los cuerpos? mediante la **ley de la inercia**; la cual afirma que que toda partícula continúa en su estado de reposo o de M.R.U, o bien de a velocidad uniforme mientras que no actúe ninguna fuerza sobre ella, por la cual se facilitará en grado máximo las leyes de Newton. De este principio se deriva el fenómeno de la invarianza, que asegura que el reposo y el movimiento a velocidad constante son equivalentes. Por esta razón, desde la Tierra no se percibe apenas ningún efecto de su propio movimiento. El principio de inercia también justificaba que los planetas no se movieran por el impulso de un supuesto primero motor, sino porque no había ninguna fuerza que los frenara. Galileo también estudio los cuerpos en caída libre, y determinó que la distancia que recorren es proporcional al cuadrado del tiempo invertido en el recorrido. Otra de sus aportaciones fue el estudio de la trayectoria parabólica de los proyectiles.

En este punto, ¿qué ocurre con la filosofía?

- La filosofía no utiliza la experimentación como herramienta de acercamiento a la realidad. Aplica la reflexión y esta no es traducible a un lenguaje matemático (posibilidad de estancamiento).
- Las numerosas discusiones filosóficas no proporcionan un progreso técnico a la humanidad, sino más bien, al menos en la mentalidad de la época que nos ocupa, un continuo debate sobre temas ajenos a la vida de las personas sin posibilidad de consenso o acuerdo.

La ciencia moderna irá ocupando los distintos campos de la controversia filosófica, reduciendo su tarea al mismo tiempo que inicia una continua diversificación del saber que, con el paso de los siglos, originará las diferentes ciencias que hoy conocemos.

## Del racionalismo a la Ilustración

Este paso es importante tanto científica como historia y filosóficamente. Dadas las relaciones existentes entre el conocimiento y la ciencia, esbozaremos las conclusiones esenciales en torno al debate científico del racionalismo, del empuje del pensamiento ilustrado kantiano, este último inseparable de los avances de Isaac Newton en el campo de la física.

### Racionalismo

René Descartes (1596 - 1650), filósofo y matemático francés, cuya vida se desarrolla durante la primera mitad del siglo XVII, siglo de crisis, pero también de apogeo científico y de afirmación de la racionalidad como la capacidad humana por excelencia que garantiza el progreso de la humanidad.

El auge de las matemáticas coincidió con el abandono de la notación numérica romana por la arábiga, el uso de logaritmos y los primeros esbozos del cálculo infinitesimal. Estos avances posibilitaron el progreso de la física al igual que el descubrimiento del microscopio propició el de las ciencias naturales y un mejor conocimiento del cuerpo humano.

Las matemáticas fascinaron a Descartes desde muy joven, pues la certeza y la evidencia de esta ciencia colisionaron con las enseñanzas filosóficas escolásticas que había recibido en su formación académica. La filosofía, a pesar de haber sido cultivada por mentes magníficas durante siglos, sólo había dado lugar a disputas.

Aunque nos pueda parecer poco riguroso, Descartes deslumbró en 1619, gracias a unos sueños, el fundamento de su propuesta filosófica: la utilización de un método que, conjugando el uso de la razón con el rigor de las matemáticas, diera lugar a verdades indudables, es decir, a verdades que no generarían nuevas disputas filosóficas porque serían verdades definitivas. Para Descartes, **la razón, la facultad de distinguir lo verdadero de lo falso**, es igual en todos los hombres. La disparidad de opiniones no depende de, por tanto, de que unos sean más inteligentes que otros, sino que es el resultado de dirigir los pensamientos por caminos distintos. De ahí, la importancia de elaborar ese método, cuyos detalles Descartes desarrolló en su *Discurso del método*.

¿Qué supone el pensamiento de Descartes, del racionalismo, en esta exposición del desarrollo de la ciencia? El afianzamiento de un método eminentemente matemático y racionalista para encontrar conocimiento cierto (verdadero) y la reafirmación, así, del carácter universal de la ciencia. Este método utilizará la **deducción** como la herramienta básica.

### Empirismo

El empirismo negará el carácter universal de la ciencia ya que la experiencia empírica es, por sí, particular y contingente. Solo cabe inferir probabilidades de que sean las cosas o de que ocurran de una determinada manera y, por tanto, resulta imposible una generalización absoluta, como pretende el racionalismo.

¿Supone el empirismo una desconfianza en las posibilidades de un conocimiento seguro al mantener tesis contrarias al racionalismo? Sostener que el conocimiento empieza y termina en la experiencia sensible no supone un rechazo del uso de la razón por parte de los empiristas. Este matiz es esencial para comprender esta discusión. El racionalismo asienta en la razón del conocimiento; el empirismo, en los datos provenientes de los sentidos. Sin embargo, eso no supone un abandono de ninguna de las dos herramientas cognoscitivas.

Si actuamos por ejemplo, a través del método de ensayo y error para saber cómo utilizar nuestro móvil, somos empiristas en nuestra manera de proceder. Pero eso no supone que no utilicemos la razón para aprender el uso de nuestro móvil. Experimentamos pero, al mismo tiempo, recurrimos a la razón para comprender cuáles son teclas correctas que debemos pulsar en nuestro móvil para llevar a cabo lo que pretendamos hacer.

Sin embargo, otro camino es posible. Leer el manual de instrucciones de manera concienzuda y, después, proceder a la puesta en marcha del aparato. Si actuamos así, seríamos racionalistas, aunque, lógicamente, también tendríamos que experimentar lo leído.

La cuestión clave en las aportaciones de estas dos escuelas filosóficas radica en lo que implican respecto a su visión de la ciencia. El racionalismo propugna el conocimiento cierto; el empirismo un conocimiento basado en las probabilidades.

### La física de Newton y la síntesis kantiana (implicaciones filosóficas)

La publicación, en 1687, de la obra de Isaac Newton, *Principios matemáticos de filosofía natural*, constituyó la culminación de todo el proceso que se inició con Cópernico y que significó el nacimiento de la ciencia moderna.

El físico inglés expuso en esta obra las bases de la mecánica clásica y formuló las tres leyes de la dinámica que llevan su nombre:

- La ley de la inercia.
- La ley de la fuerza.
- La ley de la acción y la reacción.

A partir de estas, el propio Newton estableció la ley de la gravitación universal, que supuso un hito sin precedentes, pues permitió unificar la mecánica terrestre y la celeste.

Newton descubrió que una única ley, la ley de la gravitación universal, gobernaba el movimiento de todos los cuerpos, estuvieran en el firmamento o sobre la superficie de la Tierra. De esta forma, por primera vez se pudo hablar de verdad de un universo, en contraposición a los dos mundos aristotélicos (sublunar y supralunar).

La física newtoniana constituye el mejor ejemplo de paradigma científico porque la ley de la gravitación universal no sirve solo para explicar fenómenos como la caída de los cuerpos o las órbitas de los cuerpos celestes. Newton sostenía que, en el futuro, la fuerza gravitacional serviría para explicar fenómenos magnéticos, eléctricos, ópticos e, incluso, fisiológicos. Él mismo inició investigaciones en este sentido, en relación con la luz, y llegó a la conclusión de que esta tenía un carácter corpuscular.

Los estados de reposo y movimiento que explican las leyes de Newton solo pueden determinarse en relación con otros cuerpos que estén en reposo o en movimiento. A su vez, estos últimos habrán de determinarse en relación con otros cuerpos que estén, igualmente, en reposo o en movimiento. Como no podemos llevar hasta el infinito esta secuencia, las leyes del movimiento, a juicio de Newton, exigen la existencia de un espacio y un tiempo absolutos. Esta conclusión de la física newtoniana -junto con su afirmación del carácter corpuscular de la luz- será la que genere más problemas en su programa de investigación y la que, finalmente, abra paso a una nueva revolución científica a principios del siglo XX.

Las contribuciones del empirismo sobre la importancia de la observación y la experiencia empírica en el proceso del conocer cristalizan en la aportación científica de **Isaac Newton** (1643 - 1727). Este físico y pensador inglés encarnó el avance de la ciencia de acuerdo con las ideas esgrimidas por la **Ilustración**. Su obra constituye una crítica demoledora a los planteamientos racionalistas sobre la ciencia. Las ideas que no se obtienen mediante la experiencia no aportan ninguna explicación sobre la realidad. No es la realidad la que debe adaptarse a la teoría, sino que la teoría debe ser el resultado del estudio empírico de la realidad. Profundicemos en esta cuestión mediante un ejemplo que, aunque se aleje del tema propuesto, aclarará la tesis de Newton.

Supongamos que nos presentan a una persona. Casi de forma inevitable, nos formamos un juicio favorable o desfavorable de ella. Si aplicáramos la propuesta de Newton a este ejemplo, nuestro proceder sería diferente. Tendríamos que esperar a conocerla mejor, observar cómo actúa, qué decisiones toma, etc... -experiencia empírica, observación-, antes de enjuiciarla. No pretendamos que las personas que nos rodean sean un reflejo de nuestra manera de ver la realidad, sino que más bien debemos dejar que la realidad nos informe de lo que hemos de pensar sobre ellas.

Lo afirmado anteriormente es muy loable, pero ¿es posible acercarse a los demás de manera neutra, es decir, sin ideas preconcebidas? Llevando la cuestión al paradigma científico, ¿podemos

acercarnos a la realidad sin una teoría previa en la mente? La respuesta de Newton, como hemos visto, es clara. Sin embargo, la discusión no está cerrada de manera tan tajante, pues la reflexión filosófica sobre esta cuestión se enriquecerá en nuestra época contemporánea.

Si la obra de Isaac Newton brilla con luz propia entre los siglos XVI y XVII, no se queda a la zaga la figura de **Inmanuel Kant** (1724 - 1804) filósofo ilustrado por antonomasia y uno de los pensadores más influyentes de la historia.

Kant se plantea hasta dónde es posible el conocimiento, es decir, cuál es su límite. Su propuesta superará las tesis antagónicas esgrimidas por racionalistas y por empiristas (superación de la división). La conclusión kantiana es clara. Solo podemos conocer aquello que se nos presenta por los sentidos (tesis empirista) y gracias a la estructuración que de esa información realiza la razón (tesis racionalista).

La tesis sobre el conocimiento de Kant supone una superación de las dos escuelas filosóficas mencionadas anteriormente. La ciencia no puede pretender obtener ningún conocimiento de realidades que no se presenten y puedan ser recogidas por los datos que los sentidos proporcionan. Sin embargo, esto no significa que no sea posible alcanzar un conocimiento cierto. La ciencia es capaz de obtener certezas y no solo probabilidades.

Aclaremos esta cuestión con un ejemplo sencillo para comprobar que la argumentación no es tan complicada como parece. ¿Cómo puedo saber si estoy enamorado de una persona? Usemos la exageración como herramienta pedagógica explicativa. Si somos racionalistas puros, nos encerraremos en nuestro cuarto y pensaremos hasta conseguir saber con plena certeza si estamos o no enamorados. Si somos empiristas puros, saldremos a la calle y comprobaremos si sentimos algo cada vez que nos cruzamos con esa persona. Eso dirimirá la cuestión.

Claramente, ninguna de las dos opciones parece recomendable. Si reflexiono sobre si estoy o no enamorado, este pensamiento surgirá de la realidad y no del vacío. Posiblemente, cuando estoy con esas personas me pongo nervioso, emocionado, feliz, etc... Estos datos empíricos -empirismo- son prueba clara del hecho. Sin embargo, los datos por sí mismos no bastan. Debo reflexionar y aclarar estas señales sensibles -racionalismo- para obtener alguna conclusión definitiva. Una manera de proceder kantiana.

### Implicaciones filosóficas

Si el cambio experimentado por la ciencia en los siglos XVI y XVII se ha denominado revolución o giro copérnico, es porque sus consecuencias trascendentes en el terreno puramente científico, dando lugar a una nueva visión del universo humano. Las características de esta nueva cosmovisión son las siguientes:

- **Simplicidad:** Explicación de toda la realidad a partir de unas pocas leyes son válidas para explicar tanto los movimientos terrestres como los movimientos celestes de cualquier cuerpo.
- **Mecanicismo:** El éxito de la mecánica newtoniana en la explicación de fenómenos físicos fundamentales tan diversos como el movimiento de los cuerpos del Sistema Solar, la caída de los cuerpos, las mareas... fue tal que instituyó como paradigma de explicación científica, y dio la base matemática que consagraba definitivamente la nueva perspectiva de comprensión de la realidad: la idea del mundo como una gran máquina perfecta, comparable a un mecanismo de relojería. Por ello, para explicar la realidad se tendrá en consideración tan solo lo que se puede medir y cuantificar, y, por tanto, que puede explicarse mediante leyes formuladas matemáticamente. En consecuencia, todos aquellos **aspectos cualitativos** que no se puedan medir, quedaran **relegados**.
- **Determinismo:** El universo es teóricamente predecible: como todo fenómeno de la naturaleza es un proceso mecánico; las leyes newtonianas determinan completamente su evolución, la cual podemos predecir en la medida en la que dispongamos de datos exactos y podamos tratar toda la información.

- **Reducción del papel de Dios en la cosmología:** La ciencia resultante del giro copernicano no niega la existencia de Dios, pero desvincula el estudio del Universo del estudio de la existencia de la divinidad. Los científicos reducen el papel de Dios al de creador y diseñador de la máquina del mundo y de sus leyes.
- **Importancia de la naturaleza:** Durante la Edad Media, tan solo Dios y el ser humano ocupaban una posición privilegiada en conjunto de la realidad. Ahora esta posición la ocupa también la naturaleza. Desde el momento en que Dios la creó y le dio sus leyes, evoluciona por sí de manera **autosuficiente** sin necesidad de la intervención divina. Hasta cierto punto, el ser humano depende de ella, pues, como mínimo, está sometido a sus leyes físicas.
- **Inseguridad con respecto a la situación del hombre en el cosmos:** El ser humano comprende que ocupa un **diminuto rincón** en un Universo tal vez infinito. Este universo no tiene de una finalidad global evidente. La ausencia de una finalidad global evidente causa en las personas un sentimiento de inseguridad muy similar al expresado por Blaise Pascal al confesarse asustado en «el eterno silencio de estos espacio infinitos».
- **Poder de la razón:** Se considera que el más alto destino humano es hacer uso de la razón, que es considerada ilimitada. Esta confianza en el poder de la razón atenúa el sentimiento de inseguridad ante la inmensidad del universo.

### La cosmovisión actual:

Hasta el siglo XIX la ciencia se desarrollará a partir del esquema conceptual proporcionado por Galileo y por Newton. El optimismo y la confianza en este modelo eran tales que numerosos científicos tuvieron la sensación de que estaba cerca del momento de afirmar que no quedaba ninguna ley relevante por descubrir.

#### El positivismo.

El siglo XIX supuso el el progreso definitivo de las ciencias y su diversificación en las distintas ramas del saber que hoy conocemos. Los avances científicos y técnicos produjeron, en contraposición, un desinterés cada vez mayor hacia la especulación teórica o filosófica. Este marco histórico dio lugar al **positivismo**.

Para el positivismo, el único saber es científico. Todo lo que queda fuera de las posibilidades del conocimientos de la ciencia y de su metodología, es posible que tenga interés para algunas personas, pero nunca podrá considerarse un autentico saber.

La ciencia posee un carácter descriptivo, pues puede representar los fenómenos de la naturaleza y la relación entre ellos. Este carácter descriptivo se opone al **carácter reflexivo** propio de la metafísica, ya que para qué vamos a plantearnos el sentido de la gravedad. Lo que nos interesa son sus consecuencias. Ese es el marco científico y el único saber posible; lo demás son sólo meras especulaciones.

El positivismo reafirma el campo de estudio propio de la ciencia y, por tanto, qué tipo de saber ha de ser considerado científico: la ciencia se limita al estudio de aquello que puede ser observado y experimentado. La verdad solo es alcanzable por la ciencia.

Finalmente, recuperando en cierta manera los ideales ilustrados, el positivismo apuesta por la ciencia como garante del progreso ilimitado del género humano gracias a las mejoras constante de progreso que traerán consigo sus avances y sus descubrimientos.

**Augusto Comte** (1798 - 1857), pensador francés, está considerado el máximo representante del positivismo. Este movimiento filosófico -filosofía positiva- reserva para la filosofía un único camino posible: la reflexión e interpretación de los conocimientos obtenidos por la ciencia. En 1830 publicó *Curso de filosofía positiva*, obra en la que desarrolló su propuesta de los **tres estadios** del desarrollo humano.

Comte, en su análisis del progreso de la actividad intelectual del hombre, descubrió una ley fundamental que hace que los conocimientos humanos pasen por diferentes estadios teóricos: el **teológico**, el **metafísico** y el **científico o positivo**.

- En el **estadio teológico**, el individuo interpreta los diferentes fenómenos de la naturaleza como una acción directa de fuerzas sobrenaturales, divinas, que se siguen por la pura **arbitrariedad**. En cierta manera, este estadio recuerda a la situación mitológica que Comte lo circunscribe exclusivamente al ámbito religioso.
- El **estadio metafísico** es una modificación del anterior, pues lo sobrenatural, representado por Dios, es sustituido por la complejidad de las propuestas abstractas propias de la metafísica como rama principal de la metafísica.
- Finalmente, en el **estadio positivo**, el espíritu humano renuncia a pretender descifrar las causas últimas de los fenómenos para centrarse, exclusivamente, en descubrir las leyes que los originan. Este estadio dará lugar a la **filosofía positiva**.

### El positivo lógico o neopositivismo

El positivismo supone un nuevo afianzamiento de la ciencia como saber capaz de explicar la realidad y de proporcionar el progreso humano; al mismo tiempo, el método científico, fundamentado en la **experimentación** y en la **verificación**, se impone como único camino posible para alcanzar certezas. La filosofía solo tendrá cabida si se atiene al material que le proporcione la ciencia para sus reflexiones.

El **neopositivismo**, conocido como **positivismo lógico** en el siglo XX, reforzará estas premisas. Sus planteamientos articulados por los miembros del **Círculo de Viena**, supondrán una síntesis del empirismo, positivismo y la lógica matemática.

Del **empirismo** tomaron la necesidad de desvincular el conocimiento de toda visión metafísica; del **positivismo**, la concepción del conocimiento científico como único medio posible para descifrar la realidad; de los avances de la lógica de **Gottlob Frege** (1848 - 1952) y **Bertrand Russell** (1872 - 1970), asumirán «la estructura lógica del mundo que posibilita su plasmación en proposiciones lógicas». Esta última afirmación necesita una aclaración que facilite la completa comprensión del neopositivismo.

Según el positivismo lógico, el mundo y el lenguaje (las proposiciones) poseen la misma estructura lógica. Una proposición lógica es un enunciado que tiene como base de su formulación la experiencia empírica. Por ejemplo, la segunda ley de Newton afirma que la fuerza es igual a la masa por la aceleración.

Para ser científicas, las proposiciones, además, deben superar lo que los neopositivistas denominada «**criterio de verificación**». Este criterio otorga sentido a una proposición y una proposición tiene sentido cuando se puede indicar qué circunstancias la hacen verdadera para cualquier observador externo.

En el ejemplo propuesto,  $F = m \times a$ , esta ecuación física cumple este criterio, pues su afirmación es comprobable. Este criterio debe ser aplicado a todo saber que quiera ser considerado como ciencia. La herramienta para esa verificación será la **inducción**.

Sin embargo, y como veremos después con más detenimiento, la inducción no ofrece garantía absoluta sobre la validez de las generalizaciones efectuadas.

Recordamos el ejemplo de los cisnes. La proposición «Todos los cisnes son blancos» provoca demasiadas objeciones que harán necesaria una reformulación del citado «**criterio de verificación**». ¿Y si hubiera un cisne -ya que es imposible observarlos todos (incluyendo a los casos futuros)- que fuera de color negro? Aceptemos, no obstante, que hasta entorno al año 1697, cuando los colonos ingleses vieron y trajeron consigo en los barcos cargado de cisnes negros provenientes de Australia; que todos los cisnes registrados eran de color blanco.

El neopositivista **Alfred J. Ayer** (1910 - 1989) solventó esta dificultad metodológica de la inducción distinguiendo entre «**verificación fuerte**» y «**verificación débil**». La verificación fuerte



coincidiría con el criterio de verificación ya descrito, y por tanto, debe ser sustituida por una nueva verificación en su sentido débil.

**Verificación débil:** siempre que la verificación no pueda ser delimitada en un conjunto finito de casos será suficiente, para determinar dicha verificación, que esta se efectúe sobre un número importante de observaciones. La verificación débil pasará así **verificabilidad débil**, ya que solo será posible determinar la probabilidad de una proposición y no su certeza absoluta. **Karl Popper** somete a crítica este intento revisionista del neopositivismo.

Aun así, las implicaciones filosóficas del neopositivismo son claras. Nuevamente, la metafísica quedará fuera del paradigma científico y será considerada como una ciencia absurda porque sus proposiciones, al no poder ser verificadas, carecen de sentido.

El neopositivismo, centrado en la inducción, propondrá un método científico caracterizado por dar primacía a los hechos observables a través de la experiencia empírica.

De estas observaciones, y mediante la inducción, se extraen enunciados generales que, tras ser sometidos a diversas comprobaciones experimentales, se convierten en leyes científicas. Un conjunto de leyes científicas constituirá una **teoría científica**.

### La crisis de la mecánica clásica

Durante los siglos XVIII y XIX, algunos estudios científicos arrojaron resultados que no encajaban en los moldes del modelo de Newton.

- En termodinámica, al estudiar la transformación del calor en energía mecánica, se comprobó que nunca se puede comprobar íntegramente una cantidad determinada de energía térmica en energía mecánica. Esto sirvió para formular el segundo principio de la termodinámica: el **principio de entropía**, que apunta a un desorden creciente e irreversible en el universo y, por tanto, se opone al principio de la mecánica clásica, que sostiene que todos los procesos físicos son reversibles.
- En el ámbito de la óptica, se realizaron experimentos que mostraban a la luz comportándose como una onda. Al mismo tiempo, otros ensayos parecían corroborar la tesis de Newton.
- En cuanto a la electricidad y el magnetismo, Maxwell desarrolló su teoría del campo electromagnético donde la fuerza actúa en una dirección distinta a la recta que une los dos cuerpos. Esto estaba en contra del presupuesto básico de la mecánica de Newton según el cual las fuerzas siempre actúan en línea recta.

A diferencia de lo ocurrido tras la revolución científica del siglo XVI, en la que se sustituyó el paradigma aristotélico-ptolemaico por el que proponían Copérnico, Galileo, Kepler y Newton, ahora serán dos los paradigmas propuestos para reemplazar a la mecánica clásica:

- La **teoría de la relatividad de Einstein** fue especialmente fructífera en lo referido a velocidades y magnitudes astronómicas.
- La **mecánica cuántica** se centró en el estudio de los fenómenos microscópicos.

Desde el punto de vista de estos dos paradigmas, la mecánica clásica proporciona magníficas aproximaciones cuando se trata de magnitudes ajustadas a nuestra vida cotidiana; pero, en cuanto salimos de esos estrechos límites, los cálculos obtenidos con las leyes de Newton se alejan de lo que realmente ocurre.

### La teoría de la relatividad

#### **Revolución en el macrocosmos**

El físico alemán Albert Einstein (1879 - 1955) presentó la primera versión de su teoría de la relatividad especial en 1905. Esta teoría se basa en dos ideas principales:

- El espacio y el tiempo son **magnitudes relativas**.

- La luz se propaga en el vacío a una **velocidad constante** e independiente del estado en que se encuentra el cuerpo que la emite.

Por ejemplo, si viajamos en un coche a 80 km/h y lanzamos una pelota a 20 km/h en la misma dirección, para nosotros se moverá a 20 km/h, pero para un observador que esté parado a pie de carretera, la pelota se moverá a 100km/h.

Pero Einstein comprobó que esto, que es válido para cualquiera de los dos objetos, no es válido para la luz. Toda medición que hagamos de la velocidad de la luz -ya sea estando en reposo o moviéndonos en el mismo dirección o en dirección opuesta- dará siempre el mismo valor: 299793 km/s.

Esta característica especial de la luz lleva a conclusiones que se oponen al sentido común y que, sin embargo, se pueden probar como, por ejemplo, que a grandes velocidades, la masa del cuerpo aumenta, el tiempo se dilata o los objetos se acortan; esto es, que, en última instancia, que no existe el espacio y el tiempo absolutos independientes del sujeto que los experimenta. Espacio y tiempo son medidas que obtiene un observador y que, entre otras variables, dependen de la velocidad a la que se halle. De esto se desprende el espacio y el tiempo forman un continuo cuatridimensional (las tres dimensiones del espacio más la dimensión del tiempo).

En 1915, once años después de su primera formulación, Einstein propuso su **teoría de la relatividad general**. Esta nueva teoría incluye la anterior y añade el campo gravitatorio a los factores que deben tenerse en cuenta. Uno de los principios que sustenta la teoría de la relatividad es que nada puede ir más rápido que la luz, ni siquiera la interacción gravitatoria. Por tanto, era necesario elaborar, de nuevo, la teoría de la gravitación teniendo en cuenta este límite. Para lograrlo, Einstein introdujo la idea de campo gravitatorio, del cual Einstein afirmó que el **campo gravitatorio**, es decir, aquel en que se hacen notar las fuerzas de atracción por efecto de la masa de los cuerpos, se considera como una deformación del espacio que se vuelve curvo. Esto es, según el campo gravitatorio, la materia deforma la geometría de espacio que la rodea, influyendo sobre los cuerpos que se encuentran en él.

Así, aunque la tendencia natural de los planetas, y en general de todos los los cuerpos celestes, sea recorrer la distancia que se encuentra entre dos puntos por el camino más corto, si el espacio en el que se mueven está curvado, el planeta acabará trazando una órbita a su alrededor. de esta manera, la teoría de la relatividad explicaba los movimientos orbitales de los planetas. pero, además, se deducen de ella consecuencias imprevistas como que el universo se encuentra en un proceso de expansión.

### **La expansión del universo**

Desde la Antigüedad se tenía la idea de que el Universo es estático, es decir, que se mueven los planetas (rotación y translación), pero que el universo en su conjunto, como sistema, permanece en reposo. Esta idea no fue cuestionada por la física newtoniana. De hecho, en tiempos de Einstein seguía siendo una creencia tan arraigada, que el propio Einstein pensó que debía haber algún error en su teoría, si de ella se desprendía que el universo no está estático, si no que se encuentra en un proceso continuo de expansión.

Fue el astrónomo **Edmund Hubble** (1889 - 1953), quién le demostró a Einstein, y al resto de los científicos, que no había ningún error: efectivamente el Universo se está expandiendo. En 1924, este científico descubrió que la Vía Láctea no es la única galaxia del Universo, como se creía, sino una más entre la infinidad de galaxias repartidas, como islas por el espacio. Además Hubble se dió cuenta de que las galaxias más alejadas de nuestro sistema se alejan también más de prisa. Estos descubrimientos obligaban a los científicos a considerar cuestiones como las **dimensiones del universo** y su carácter estático.

La confirmación de la expansión del universo generaba, a su vez, nuevos interrogantes. Así, si el cosmos no es un sistema estático, sino **dinámico** y, por lo tanto, está afectado por el cambio nos debemos preguntar: ¿Cómo era en el pasado? ¿Cómo será en el futuro?

### **El pasado del universo: La Teoría del Big Bang**

Si teóricamente retrocedemos en el tiempo, parece que la expansión del Universo se invierte en un proceso de contracción de toda su masa en un punto de máxima densidad. La Teoría del Big Bang considera que el Universo se formó a partir de una gran explosión que debió ocurrir hace quince mil millones de años. A partir de esta explosión se pudieron formar los átomos de hidrógeno, de helio, de litio... que formarían las galaxias que se pueden observar en la actualidad. Esta teoría quedó confirmada al detectarse desde la Tierra los restos que dejara esta explosión inicial, en forma de radiación de fondo.

### **El futuro del universo: ¿La teoría del Big Crunch?**

Según la teoría del Big Bang, la historia del universo es la minoración de un proceso de expansión que se inició con una gran explosión. Ahora bien, ¿Esta minorización será suficiente para detener la expansión del universo?, los científicos barajan dos posibilidades:

- La acción gravitacional detendrá la expansión del Universo y originará un proceso de contracción (Big Crunch) que conducirá de nuevo al momento inicial, a partir del cual se producirá un nuevo Big Bang, y así sucesivamente.
- La expansión del universo continuará indefinidamente y el Universo «morirá» por enfriamiento al dispersarse la materia y la energía en un espacio cada vez más grande y frío.

## La física cuántica

### **Revolución en el microcosmos**

Al mismo tiempo que el universo adquiriría nuevas dimensiones y aparecerían nuevas teorías que podían explicar su formación y su origen, el mundo atómico empezó a revelar características sorprendentes e paradójicas desde el punto de vista de la física clásica o newtoniana.

### **La dualidad onda-partícula**

A partir de las investigaciones de Einstein y de Max Planck, **se destruye** la oposición tradicional entre materia y energía, puesto que ambas pueden ser interpretadas y estudiadas atribuyéndoles naturaleza corpuscular y ondulatoria.

Tradicionalmente se había considerado que la materia era discontinua y de naturaleza corpuscular (formada por partículas indivisibles o átomos); la energía, en cambio, se consideraba continua y de naturaleza ondulatoria. Contrariamente, según la física cuántica, tanto la materia como la energía se comportan como partículas y como ondas, hecho profundamente paradójico, ya que las propiedades corpusculares y ondulatorias son incompatibles.

En 1900, **Max Planck** descubrió que la energía no se emite de manera continua, si no en «paquetes» o cuantos, de naturaleza discontinua. Poco después, Einstein identificaba los cuantos de la luz, a los que denominó **fotones**. Por otro lado, Louis de Broglie propuso que no solo los fotones, sino también los electrones se comportan como partículas y como ondas. Experimentos posteriores demostraron que, de hecho, todas las partículas materiales presentan un comportamiento ondulatorio.

En este aspecto, la ciencia abría un inesperado problema filosófico que se iría acrecentando: ¿Cómo es la realidad, entonces? Max Born respondía así: «Las descripciones corpuscular y ondulatoria han de considerarse solamente como modos complementarios de imaginar un único proceso objetivo, pues está más allá de nuestro poder probar que sean realmente corpúsculos u

ondas». De esta manera, se cuestionaba, nuestra capacidad para acceder a la auténtica realidad; de hecho, tiempo después se cuestionaría incluso su existencia.

En consonancia con esta dualidad de la realidad, en el seno de la física cuántica se elaboraron dos **teorías alternativas**, pero equivalentes:

- **Mecánica matricial de Werner Heisenberg**: Esta formulación prefiere la interpretación de los procesos físicos como procesos discontinuos de naturaleza corpuscular, ya que así son nuestras observaciones y el conocimiento que podemos tener de ellas.
- **Mecánica ondulatoria de Schrödinger**: Esta formulación prefiere la interpretación de los procesos físicos continuos y, por ello, destaca el comportamiento ondulatorio de la materia.

Estas teorías estaban basadas en el **principio de incertidumbre**, y de ellas se desprendían algunas consecuencias que resultaron descorazonadoras, no sólo desde la perspectiva de la física clásica, sino incluso para científicos como Einstein, que se resistían a aceptar implicaciones filosóficas sobre la realidad que generaba la nueva física.

### **Principio de incertidumbre**

La mecánica cuántica no puede establecer, simultáneamente y con precisión, la posición y la velocidad de una partícula como el electrón. Una de las causas de esta imposibilidad es la inevitable interrelación entre el observador y el objeto observado, ya que no puede haber observación sin intervención del observador.

Dicho de otro modo, toda **medición** implica una **interacción** entre el **observador** y el **objeto observado**, que altera las condiciones de este último. Esto ocurre en todos los casos: por ejemplo, al medir la temperatura del agua de una bañera, introducimos un termómetro que altera precisamente la temperatura que tratamos de medir. Este hecho, que en procesos cotidianos es imperceptible e irrelevante, se convierte en problemático cuando hablamos de fenómenos subatómicos, puesto que cualquier alteración, por mínima que sea, resulta significativa y determinante. Así, por ejemplo, para conocer exactamente la posición de un electrón, debemos iluminarlo con un fotón de luz, que al chocar con el modificará de manera imprevisible su velocidad.

### **La superposición cuántica**

Una de las consecuencias más sorprendentes de la mecánica cuántica se derivan de las ecuaciones de Schrödinger, que llegan a predecir que dos realidades diferentes y opuestas pueden llegar a superponerse simultáneamente.

La teoría predice que, por ejemplo, si tomamos un naipe y lo colocamos sobre una mesa verticalmente y en equilibrio, la carta caerá simultáneamente de los dos lados. ¿Por qué razón en la vida cotidiana nunca observamos esta clase de superposiciones? La mayoría de los físicos considera que es el propio observador el que decanta la observación en en uno u otro sentido.

Por lo tanto, en la realidad se dan los dos estados superpuestos; es decir, la **realidad** se encuentra **indeterminada**, pues se encuentra en todos los estados posibles al mismo tiempo, hasta que nuestra observación la obliga a determinarse y adoptar un estado o otro. El propio Schrödinger fue uno de los primeros en darse cuenta de las sorprendentes consecuencias de su teoría, tal y como se pone de manifiesto en la paradoja conocida como *el gato de Schrödinger*: ¿Puede un gato estar vivo y muerto al mismo tiempo en una caja de experimentación?.

### La teoría del caos

Junto a la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica, la teoría del caos constituye el tercer gran paradigma científico actual. Esta teoría comienza a gestarse a principios del siglo XX en el campo de la matemática a partir de los trabajos de Henry Poincaré y Aleksandr Liapunov, si bien

no llega a desarrollarse plenamente hasta la década de los 60, con la contribución del meteorólogo **Edward Lorenz** sobre el efecto mariposa y otros destacados investigadores como Stephen Smale y ya más recientemente Ilya Prigogine o René Thom.

La teoría del caos nace como descripción de ciertos fenómenos de la realidad, que a pesar de poder expresarse mediante una formulación matemática, escapan a la previsibilidad. De hecho, en un sentido amplio, la palabra **caos** nos remite a conceptos como «confusión» o «desorden». Y la teoría toma este nombre, justamente, porque surge de la observación de que es precisamente el caos el rasgo característico de muchos procesos naturales.

Lo que caracteriza a los fenómenos que estudia esta teoría es su **gran sensibilidad a las condiciones iniciales**. En todos ellos, se trata de sistemas dinámicos en los que pequeñas desviaciones en las condiciones de partida derivan de resultados enormemente divergentes. Se trata, pues, de fenómenos para los que existe una ley (que puede ser expresada en lenguaje matemático) y, por tanto, no pueden decirse que sean completamente aleatorios. Ahora bien, la existencia de la ley (y en esto se diferencia de la ciencia tal y como se ha comprendido hasta ahora) no los hace completamente predecibles.

El problema radica en que la evolución del sistema que deseamos explicar adquiere una **complejidad creciente** de forma exponencial hasta el punto de que pasado cierto tiempo se hace imposible decir cómo va a continuar en adelante.

La teoría del caos frecuentemente se relaciona con la **geometría fractal**, pues algunos científicos consideran que es la herramienta adecuada para abordar el estudio de los fenómenos caóticos, dado que puede darnos la clave para ver cómo es posible que surja orden a partir del caos. Los fractales generados por ordenador han permitido desarrollar modelos en los que a partir de estados iniciales aparentemente caóticos observamos que estos despliegan una tendencia a evolucionar hacia una determinada estructura ordenada. Cada vez más la teoría del caos muestra aplicaciones en distintas áreas: biología, economía, sociología, etc...

### **Implicaciones filosóficas**

Relatividad, mecánica cuántica y teoría del caos dan lugar a algunas consecuencias que dejan insatisfechos a los científicos que se resisten a abandonar la concepción tradicional de la física, según la cual es posible una explicación exacta y precisa de la realidad. Y es que estas nuevas teorías a menudo parecen desfasar nuestras intuiciones más básicas sobre la misma. Veamos cuáles son algunas de estas implicaciones:

- **Imposibilidad de separación sujeto-objeto.** Según el principio de incertidumbre, para observar algo, hay que interactuar con ello. Cuando lo observado es de un tamaño suficientemente pequeño, esa interacción condiciona el resultado del experimento. Por lo tanto, la física cuántica llega a poner en entredicho la creencia (procedente de la herencia griega) de que el mundo es una realidad objetiva que el ser humano puede llegar a conocer.
- **Indeterminismo e imprevisibilidad.** Tanto la mecánica cuántica como la teoría del caos cuestionan gravemente la imagen determinista del mundo. Según la primera, solamente se pueden establecer leyes estadísticas que no predicen con exactitud el resultado de una observación, sino que tan solo calculan sus **probabilidades**. Y la teoría del caos nos enseña que incluso si partiéramos de un enfoque determinista, los fenómenos muy sensibles a las condiciones iniciales impiden que se puedan hacer predicciones fiables a partir de un cierto tiempo. Un ejemplo de este indeterminismo es la radiación o la desintegración atómica que se produce espontáneamente y sin que haya una causa que la determine. Este hecho viola el principio de causalidad, según el cual todo fenómeno natural debe tener una causa exterior que lo produzca. Para algunos científicos, esta indeterminación no sería un rasgo de nuestras leyes para describir la realidad, sino una característica inherente a la realidad misma, que permanece

indeterminada mientras no haya una observación que la obligue a decidir en un sentido o en otro.

- **Alejamiento respecto al sentido común.** La teoría de la relatividad, la física cuántica y la teoría del caos se distancian de nuestras intuiciones y percepciones habituales, por lo que resultan poco comprensibles para los que no son expertos. Contribuye a ello el hecho de que las nuevas teorías se apliquen, básicamente, en ámbitos de la realidad distantes a los que nos son más cotidianos: en el macrocósmico y en lo subatómico. Y es que, en el ámbito de la escala humana en el que nos movemos, siguen siendo válidas las leyes de la física clásica.