

En contexto (Pág. 107)

- a) En la actualidad, la ciencia y la religión son disciplinas independientes entre sí. Si bien ambas intentan explicar determinados aspectos de la realidad, su objetivo, dominio de explicación y metodología difieren. Sin embargo, a nivel personal, pueden llegar a compatibilizarse. La religión ofrece explicaciones sobre la fe y las creencias humanas, que se dan en el ámbito natural y más allá. La ciencia, en cambio, elabora teorías entendidas como el mejor intento de explicar algún aspecto del mundo natural basándose en los conocimientos que se tiene hasta el momento. Mediante pruebas o evidencias, confirman o refutan las hipótesis hechas a partir de la teoría (método científico). Las interferencias entre ambas disciplinas se producen cuando, a nivel conceptual, se intenta aplicar un tipo de explicación o metodología en el ámbito equivocado.

El alumno/a debe diferenciar la religión de fundamentalismos religiosos extremos, que se enfrentan frontalmente con la ciencia e incluso con las propias doctrinas de las religiones.

En la época de Bruno y Galileo, la lectura de la Biblia era literal y todo lo que la contradijera era sinónimo de herejía, por ello fueron perseguidos por la Inquisición. En 1992 el Papa Juan Pablo II rehabilitó a Galileo reconociendo que su condena había sido injusta, por lo tanto es obvio que actualmente la relación entre ciencia y religión no es la misma que en la época de Galileo. Pero a pesar de que hoy en día sigue habiendo cierta oposición de la Iglesia católica a determinadas investigaciones científicas, en la mayor parte de las cuestiones no se aprecia contradicción entre las posiciones de la ciencia y las del Vaticano. Por ejemplo, el papa Francisco afirma que es perfectamente compatible la teoría de la evolución y la hipótesis del Big Bang con la defensa de un Dios creador.

- b) No, que una teoría científica sea falsa no significa que no sea científica. Una teoría científica es un conjunto de ideas, conceptos y proposiciones interconectadas que, partiendo de una visión sistemática de los fenómenos, intenta explicarlos y predecirlos a partir de los conocimientos de que se dispone en ese momento. Por lo tanto, cualquier teoría que cumpla estos requisitos es científica independientemente de si es o no verificada por la realidad. Una teoría es científica si cumple estos requisitos: tiene ideas interconectadas, tiene una visión sistemática de los fenómenos e intenta predecirlos mediante la observación y la comprobación empírica.

La pregunta que se plantea tiene una respuesta muy abierta pero hay que tener cuidado: la teoría de la gravedad está superada a nivel macroscópico al eliminar el éter del universo, el Big Bang no está superado, pero tampoco verificado; el Big Crunch y la expansión infinita no se pueden demostrar, la teoría de cuerdas está aún sin comprobar... En realidad, la teoría científica más antigua que no se ha superado es el darwinismo.

El alumno/a responderá, razonando y argumentando la respuesta, esta cuestión sobre la vigencia que puedan tener en el futuro las teorías científicas actuales. Tendrá en consideración lo que se expone en el siguiente punto.

- c) El alumno/a deberá tener en cuenta que en la actualidad, lo científico ya se considera verdadero de antemano. En realidad, una teoría solo se puede reconocer como verdadera cuando se comprueba empíricamente. De todos modos, la verificación de la teoría nunca se puede dar por definitiva, pues nuevos descubrimientos siempre pueden llevar a reconsiderar las posiciones vigentes.

La pregunta parte de una trampa, ya que no todas las ciencias tienen el mismo criterio de verdad, por lo tanto su credibilidad variará dependiendo del concepto de verdad que utilicemos. Las ciencias formales (lógica y matemática) alcanzan un grado de certeza absoluto, son ciencias deductivas con un criterio de verdad basado en la validez lógica. Las ciencias empíricas, en cambio, dependen de la contrastación empírica, y dentro de ellas todavía tenemos que distinguir entre ciencias naturales (física, química y biología) y sociales (psicología, sociología, economía...). La respuesta debe tener en cuenta estas distinciones, pues no debemos aplicar criterios de verdad de unas ciencias a otras, ya que ahí es donde se produce el descrédito de muchas ciencias: una ciencia social no puede ser comprobada de la misma manera que una natural. De esta comparación proviene la creencia de que las ciencias naturales tienen mayor credibilidad que las sociales al ser más fácilmente comprobables.

Sí, el descubrimiento de nuevos datos modifica, sin ningún género de duda, las teorías científicas. Si los datos contradicen una teoría que se consideraba verdadera, entonces hay que considerar que dicha teoría ya no es verdadera o que tiene que ser revisada en los puntos que fue refutada por los nuevos datos. Si los nuevos datos no contradicen la teoría, entonces seguirá siendo considerada verdadera y quedará más asentada todavía (hay que recordar que una teoría científica nunca es definitivamente verdadera, por eso que unos datos nuevos la corroboren la fortalece aún más).

1 LA FILOSOFÍA DE LA NATURALEZA Pág. 125

1. c) A una rama de la filosofía que surge del asombro ante el mundo físico o natural.
2. a) Falso. Cosmovisión significa «visión del mundo», esta puede cambiar según la cultura y la época. Alude a la manera que tienen de percibir la realidad un grupo de personas y no a su verdad o falsedad.
 - b) Verdadero. Tanto las cosmovisiones míticas como las científicas intentan explicar el origen del mundo. Las míticas ofrecen una imagen del universo, de su origen y del lugar que ocupa el ser humano en él. Las científicas dan forma al mundo. Son como piezas de un puzzle cuyo conjunto compone una visión del universo y de la posición que ocupa el ser humano en él.
 - c) Verdadero. Las cosmovisiones míticas se caracterizan por su naturaleza simbólica y por personificar los fenómenos naturales, representados como manifestaciones de seres poderosos y fantásticos.

- d) Falso. Las cosmovisiones científicas en lugar de recurrir a seres poderosos y fuerzas sobrenaturales, como las míticas, buscan explicaciones racionales basadas en la observación y la experimentación.
- e) Falso. Aunque las cosmovisiones científicas se sustentan en la aplicación del método científico y en argumentos sólidos (observación, experimentación...) no todas las ideas y creencias que forman parte de una cosmovisión han sido experimentadas y comprobadas.
- 3.** Cosmología: Parte de la astronomía que estudia las leyes generales, el origen y la evolución del universo.
Cosmogonía: Relato mítico relativo a los orígenes del mundo.
La cosmogonía explica los orígenes del universo a partir de los relatos míticos tal y como vimos en las cosmovisiones míticas.
La cosmología estudia las leyes que rigen el universo tal y como vimos en las cosmovisiones científicas.
- 4.** — El alumno/a debe buscar información sobre algún mito griego o romano y explicarlo.
Por ejemplo el mito de Pandora, en el que Hefesto, dios del fuego, modela a la primera mujer para castigar a la raza humana porque Prometeo había robado el fuego de los dioses para dárselo a los hombres. Zeus (el padre de los dioses) le entrega una caja, con todos los bienes dentro, para que se la regale a Epimeteo (el hermano de Prometeo) el día de su boda, pero Pandora la abre y se escapan todos los bienes menos la esperanza. Por eso los hombres tienen todos los males y el único consuelo de la esperanza.
— Se busca que en la respuesta se perciba a los dioses Olímpicos como poderosos y fantásticos, y también como los causantes de todo lo que ocurre en nuestro mundo. Por último, el alumno/a debería resaltar las características humanas que tenían: envidia, celos, generosidad...
— El alumno/a debe buscar información sobre la obra *Teogonía* de Hesíodo así como de diferentes personajes de este mito. Debe explicar las relaciones de parentesco y luchas que se producen entre ellos.
Respuesta: *Teogonía* significa 'el origen de los dioses'. En la obra del mismo nombre de Hesíodo se explica el origen de los dioses griegos y como todo el cosmos (orden) se originó a partir del caos (desorden).
Gea: la gran madre Tierra, surgió tras el caos y de ella nacieron Urano, las montañas y el mar.
Urano: es el dios del cielo, hijo y esposo de Gea, sus hijos son los titanes. Es un tirano que maltrata a Gea, su madre y esposa.
Cronos: hijo de Gea y Urano. Castró a su padre con una hoz que le da su madre y se convirtió en un tirano que dominó el universo. Devoró a sus hijos para que no le derrocaran, como él hizo con su padre. Engañado por su madre es derrotado por su hijo Zeus.
- 5.** En la redacción del alumno/a no pueden faltar los siguientes elementos:
— Una visión general del universo. No debe confundirse nuestro planeta con el universo, por eso tiene que hablar de la Tierra como una parte del universo, no como el universo en su totalidad. «El universo está compuesto por 30 planetas y todos tienen...»
— Explicación de cómo comenzó todo en el universo imaginado. Debe ser mítica, por lo tanto el alumno/a no puede

utilizar conocimientos científicos. Puede estar basada en la observación, pero debe usar la imaginación para relatar el comienzo del universo planteado. «Todo comenzó cuando los dos hermanos se pelearon entre ellos...»

- Debe personificar la naturaleza o los fenómenos que se pretenden explicar. También vale utilizar dioses o seres poderosos imaginarios para dar coherencia al relato. «En la pelea los rayos del hermano menor crearon los volcanes...»

- 6.** El alumno/a debe hacer un resumen del relato de la torre de Babel que tendrá, como mínimo, estos elementos que se citan aquí:

El relato de la torre de Babel (Génesis 11:1-9) dice lo siguiente: «los hombres se reunieron para construir una ciudad y una torre que llegara hasta el cielo, entonces Yaveh descendió para ver la ciudad y pensó que si los hombres seguían juntos podrían hacer lo que se propusieran, por eso confundió sus lenguas y los dispersó por toda la Tierra. A esa ciudad la llamó Babel porque fue donde confundió sus lenguas».

El alumno/a leerá las teorías presentadas en el enlace indicado para comparar un mínimo de dos de ellas con el origen de las lenguas según la Biblia. Por ejemplo: «En el relato de la torre de Babel el hombre ya hablaba antes de que Yaveh confundiera las lenguas dando lugar a distintos lenguajes. Sin embargo en la teoría Bow-wow el lenguaje comienza como imitación de sonidos naturales. En la teoría Eureka el lenguaje es conscientemente inventado y en eso se parece un poco a la idea de Yaveh de crear las diferentes lenguas, pero mientras la teoría Eureka dice que se crea el lenguaje para entendernos, en el caso de Babel fue para todo lo contrario».

- 7.** a) *Cosmos* significa 'armonía', 'belleza' y 'orden'.

b) Anteriormente definimos cosmología como 'la parte de la astronomía que estudia las leyes generales, el origen y la evolución del universo'. Por lo tanto, Popper quiere decir que toda ciencia trata sobre el universo, ya sea en un sentido general o en aspectos más concretos. La ciencia trata de buscar una explicación de la totalidad, una teoría que dé cuenta de los componentes de belleza, armonía y orden que están presentes en la etimología del término cosmos.

c) El alumno/a debe resumir el texto de Popper con el siguiente sentido: todas las ciencias y las civilizaciones han intentado explicar el universo y el papel del hombre en él a fin de obtener una imagen coherente e inteligible de lo que nos rodea.

2 LAS COSMOVISIONES ANTIGUAS Pág. 125

- 8.** Los pitagóricos, en el siglo V a. C., dedujeron que la Tierra era esférica a partir de una serie de observaciones, como que al alejarse un barco por el horizonte, lo primero que dejamos de ver es el casco y lo último, las velas. Además, los eclipses lunares permiten comprobar que la sombra que proyecta la Tierra sobre la Luna tiene un contorno circular.

Para afirmar que la Tierra permanece inmóvil y en el centro del universo, los pitagóricos se basaban en que al mirar las estrellas apreciamos que todas se mueven alrededor de un mismo eje. Si nos dejamos guiar por los sentidos, pensaríamos que no es la Tierra, sino la bóveda celeste la que se mueve a nuestro alrededor. Por lo tanto, la Tierra se encuentra estática y en el centro, pues el universo se organiza en torno a ella.

9. — El mundo sublunar está constituido por los cuatro elementos (aire, agua, tierra y fuego) que tienen un movimiento natural de carácter rectilíneo en dos sentidos: ascendente (aire y fuego por su condición ligera) y descendente (agua y tierra por su condición pesada).
- El mundo supralunar está compuesto por éter, que es perfecto, puro, inalterable y no pesa. Es el elemento que forma las esferas celestes.
- El movimiento de las esferas es circular y uniforme, y se transmite por rozamiento de una esfera a otras. El origen del movimiento es un Primer Motor Inmóvil que mueve sin ser movido, y es la causa final de todo el movimiento que se produce en el universo.
- Además de ser el origen y causa de todo movimiento, el Primer Motor Inmóvil cumple la función de mantener el orden cósmico en perfecto equilibrio, pues todos los cambios que tienen lugar en el mundo obedecen a una finalidad que es dispuesta por esta divinidad.
- El alumno/a tiene que ser capaz de dar una respuesta en la cual incluya la importancia de la observación en la concepción aristotélica del cosmos. Para Aristóteles, la observación o experiencia sensible es el punto de partida de todo conocimiento, por supuesto también en su concepción del cosmos.
10. — El alumno/a procederá a resumir el modelo cosmológico aristotélico: la Tierra se mantiene en el centro, las estrellas fijas, en el fondo, y los siete planetas rodean la Tierra.
- En su defecto también pueden presentar un dibujo que represente dicho cosmos.
- Se procederá a indicar el nombre de los siete planetas citados en el texto: la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno. La respuesta es variable, debe indicar que faltan algunos planetas que hoy conocemos y que algunos de los citados, como el Sol y la Luna, no son planetas.
- El alumno/a debe indicar que existe un efecto óptico que parece que las hace girar en torno a un eje y que este movimiento lo hacen todas las estrellas al mismo tiempo. El efecto visual nos hace creer que están fijas en una estructura (esfera de las estrellas fijas) que se mueve alrededor de la Tierra, pero ellas permanecen inmóviles.
11. Las implicaciones filosóficas que se derivan de la cosmología aristotélico-ptolemaica son las siguientes:
- La realidad está perfectamente ordenada y cada cosa tiene una finalidad propia dentro del todo.
- El movimiento es algo inherente a la materia, no algo que le sobreviene desde fuera.
- La realidad es totalmente cognoscible por medio de la razón.
- El mundo se contempla desde el punto de vista del ser humano. La perspectiva es antropocéntrica.
- Al alumno/a se le pide que nombre solo tres de estas cuatro implicaciones. Para la segunda parte de la pregunta debe razonar la respuesta sobre la base de que ninguna de las cuatro implicaciones que acabamos de ver se mantiene en las cosmovisiones actuales. No lo conocemos todo, la realidad no está ordenada ni se le conoce una finalidad, el movimiento lo suscitan fuerzas externas y el mundo intenta ser contemplado asépticamente, aunque las teorías modernas parecen negar el principio de la objetividad.

3 LA VISIÓN MODERNA DEL UNIVERSO Pág. 126

12. El alumno/a debe citar la experimentación y el formalismo matemático como los elementos que incorporó la física para constituirse como ciencia en el sentido moderno.
- La experimentación es necesaria para comprobar empíricamente las hipótesis que se formulan mediante la observación. Depende del formalismo matemático porque las teorías van a ser formuladas en lenguaje matemático.
13. La expresión giro *copernicano* se refiere al cambio del geocentrismo por el heliocentrismo. Es decir, Copérnico situó el Sol en el centro del universo en lugar de la Tierra, a diferencia de lo que sucedía en las cosmovisiones antiguas. Así, Copérnico propuso un cambio de perspectiva al modificar los supuestos sobre los que se sostenía la anterior cosmovisión.
- El alumno/a debe incidir en la idea que se expone a continuación: Copérnico consideraba que el sistema ptolemaico era excesivamente complejo, y estaba convencido de que sustituyendo la tesis geocéntrica por la heliocéntrica se lograría otro modelo del universo mucho más simple y armónico.
14. La respuesta a este texto de Freud debe fundamentarse en la humillación que sufre el orgullo humano con la teoría heliocéntrica. La humillación es la siguiente: hasta la llegada del heliocentrismo el ser humano se consideraba el centro de todo lo existente, pero en el momento en que la teoría heliocéntrica demuestra que la Tierra ya no está en el centro del universo, y que además gira alrededor del Sol, el ser humano pierde el lugar central del universo y pasa a ser un habitante de un planeta más, dejando de ser *el habitante* del lugar que ocupaba el corazón del universo.
15. El alumno/a elaborará un cuadro con las contribuciones de Bruno, Brahe y Kepler. Entre ellas deben aparecer:
- De Giordano Bruno: la eliminación de la esfera de las estrellas fijas por un espacio ilimitado donde estarán otros planetas, estrellas e incluso seres vivos (infinitud y eternidad del universo).
- De Tycho Brahe: la teoría geo-heliocéntrica en la cual el Sol y la Luna giraban alrededor de la Tierra y el resto de planetas, alrededor del Sol.
- De Johannes Kepler: las tres leyes sobre las órbitas de los planetas que dan por sentado el heliocentrismo.
16. Las leyes de Kepler son científicas en el sentido moderno porque son puramente descriptivas, suponen una simplificación de las anteriores y surgen directamente de la observación.
- Las características de las leyes de Kepler se resumen en que acabaron con la creencia de que el movimiento circular era el propio de los planetas por ser el más perfecto, y que la fuerza que impulsaba a los astros en el cosmos ya no era animica, sino puramente motriz y podía explicarse enteramente por las leyes de la física y la matemática, sin requerir otro tipo de explicación. Este modelo dará lugar a la representación del mundo por excelencia en la época moderna: el universo-máquina, un modelo del universo que permitió efectuar nuevas predicciones sobre la realidad.
17. Según el principio de inercia los cuerpos tienden a permanecer en reposo o bien a velocidad uniforme a no ser que actúe sobre ellos una fuerza externa. Fue establecido por Galileo

Galilei. El principio de inercia justifica que los planetas no se mueven por el impulso de un Primer Motor Inmóvil, sino porque no había ninguna fuerza que los frenara. El alumno/a también podría justificar la relación entre el principio de inercia y el Primer Motor Inmóvil de Aristóteles, ya que el principio de inercia explica cómo un cuerpo está en reposo o en movimiento inercial si no actúa una fuerza sobre él, pero no explica quien dotó a este cuerpo de reposo o movimiento inercial.

- 18.** El alumno/a debe indicar que en el texto aparecen las siguientes ideas de la cosmovisión antigua que Galileo considera erróneas: «los cuerpos celestes y la Luna no tienen superficies lisas, uniformes ni de una esfericidad perfecta». Debería completar la respuesta con una conclusión en la cual integra este punto de la unidad: estas observaciones las realizó gracias al telescopio. De esta forma pudo comprobar que en la Luna había cavidades y prominencias y por lo tanto quedaba eliminada la cosmovisión aristotélica de los cielos compuestos de un material perfecto e inmutable, como definían el éter.
- 19.** La mayor aportación de Isaac Newton es la ley de la gravedad. La definió como una fuerza directamente proporcional al producto de las masas de los cuerpos e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa sus centros de gravedad.
El alumno/a debe establecer la importancia de la ley de la gravedad nombrando esta idea: se puede aplicar tanto para la caída de una piedra como para el movimiento de los planetas. Esto significa que en todo el universo rigen las mismas leyes, de modo que la distinción entre mundo supralunar y mundo sublunar carece de sentido. La ley de la gravedad significa la superación final de la cosmovisión aristotélica.
- 20.** La respuesta podría comentar que el texto de Laplace representa el determinismo: si conocemos en un instante cómo funciona el universo, podemos escribir una fórmula que nos permita conocer todo el universo para siempre. Las leyes que gobiernan la materia, según el determinismo, son de tal manera que siempre a una determinada situación inicial le puede seguir un único acontecimiento posible. Si pasa A, a continuación necesariamente sucederá B.
El alumno/a debería comentar a continuación que la ley de la gravedad de Newton es el mejor ejemplo de una ley determinista y universal. La ley de la gravedad se puede aplicar sobre todos los cuerpos en cualquier tiempo y espacio. Se podría decir, salvando las distancias, que es la fórmula de la cual habla Laplace en su texto.
- 21.** Cuando hablamos de un universo-máquina nos referimos al modelo cosmológico que será la representación del mundo por excelencia en la época moderna. El universo entendido como un reloj, un gran mecanismo regular, predecible y sin alma, una gran máquina perfecta, comparable con un mecanismo de relojería. El mundo se concibe como un sistema de engranajes perfectos en el que todo está interconectado y todo sucede por causas controladas y predecibles. El papel de Dios queda reducido al de Creador y Diseñador del universo-máquina.
- 22.** Primero se hace un breve resumen de las implicaciones filosóficas de las cosmovisiones antiguas: realidad perfectamente ordenada, movimiento inherente a la materia, realidad totalmente cognoscible y perspectiva antropocéntrica.

Después, se continúa con las implicaciones filosóficas de las cosmovisiones modernas: simplicidad, mecanicismo, determinismo, papel de Dios como Creador y Diseñador de la máquina del mundo, importancia de la naturaleza, el hombre ocupante de un rincón del universo y el poder de la razón, que todo lo puede conocer.

Por último se procede a la comparación. Ambas cosmovisiones coinciden en su concepción de la realidad ordenada y en creer en el poder de la razón para conocerlo todo, e incluso comparten el objetivo de intentar fundar leyes generales para el universo, aunque las antiguas separen la Tierra de los cielos y la moderna nos hable de solo un universo sin distinción.

En cambio se encuentran grandes diferencias, por ejemplo en el momento de considerar el universo, mientras uno lo conciben como un órgano, otros lo ven como una máquina. También difieren estas dos cosmovisiones en la importancia que le conceden a la naturaleza y, sobre todo, en la situación del hombre respecto al universo, ya que en la antigüedad ocupaba el centro y en la cosmovisión moderna pasa a situarse en un diminuto rincón en un universo tal vez infinito.

4 LA COSMOVISIÓN ACTUAL Pág. 127

- 23.** Las dos nuevas ramas de la física que llevaron a la revisión de la disciplina y transformaron completamente nuestra visión del mundo fueron la teoría de la relatividad y la física cuántica.
La teoría de la relatividad se ocupa del macrocosmos, esto es, al universo entendido como espacio intergaláctico. La física cuántica se ocupa del microcosmos, por lo tanto se aplica al mundo subatómico. En cuanto a su relación podemos decir que actualmente ambas teorías son incompatibles entre sí. Sin embargo, se trabaja para lograr una teoría que sea capaz de unificarlas.
- 24.** La fórmula de Einstein para calcular la energía de un cuerpo es la siguiente: $E = m \cdot c^2$. Donde E es la energía, m es la masa del cuerpo y c es la velocidad de la luz. Por lo tanto, lo que esta fórmula explica es que la masa de un cuerpo se convierte en energía si se desplaza a la velocidad de la luz al cuadrado.
Para responder a la cuestión de por qué es tan complicado explicar la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica, el alumno/a debería incidir en que tanto la mecánica cuántica como la teoría de la relatividad se alejan del sentido común. Nada tienen que ver estas teorías con nuestras percepciones y nuestras intuiciones habituales, por lo que resultan poco comprensibles para los que no son expertos.
- 25.** Un rayo de luz procedente de la Luna tarda exactamente 1,282 segundos en alcanzarnos. La explicación es la siguiente:
a) 384.403 km es la distancia de la Tierra a la Luna,
b) 299.792,458 km/s es la velocidad de la luz.
Por lo tanto, dividimos la distancia por la velocidad y nos da la respuesta: 1.282 segundos.
Cualquier respuesta del alumno/a que cambie los valores de distancia (por ejemplo 384.000 km o 385.000 km) o los valores de la velocidad de la luz (por ejemplo 300.000 km/h) sería igualmente válida siempre y cuando haga la división entre distancia y velocidad.

La respuesta a cuándo veríamos desde la Tierra una luz encendida en la Luna es al cabo de 1,282 segundos de encenderse. Si un rayo de luz tarda 1,282 segundos en llegar desde la Luna hasta la Tierra, el mismo tiempo tardaríamos en percibir la luz del foco. Cualquier acontecimiento en la Luna llega a la Tierra 1,282 segundos después.

26. Max Born defiende que hay que abandonar no solo el determinismo (el alumno/a puede recordar aquí el principio del determinismo: siempre que pase A, a continuación necesariamente sucederá B) sino también el concepto de realidad en el que se sustentaba (la realidad es observable y se puede explicar a partir de unas pocas leyes). El determinismo parte de la premisa que podemos predecir el comportamiento de los fenómenos si tenemos conocimiento de los factores que intervienen en ese suceso. El principio de incertidumbre sostiene que, aunque tuviéramos conocimiento de todos los factores que afectan a un suceso, no podríamos determinar su comportamiento futuro porque existen elementos que se comportan, intrínsecamente, de manera probabilística. Es decir, la incertidumbre no es una cuestión referente a las limitaciones humanas sobre el conocimiento, sino que se refiere al comportamiento de la realidad, del mundo.
27. Lorenz expresa el efecto mariposa de la siguiente manera, «el aleteo de una mariposa en Brasil puede causar un tornado en Texas». Decimos que esta idea se relaciona con la teoría del caos en el sentido de que esta última nace como descripción de ciertos fenómenos de la realidad que, a pesar de poder expresarse mediante una formulación matemática, escapan a la previsibilidad. Por su parte, el efecto mariposa pone de manifiesto que pequeñas variaciones en las condiciones iniciales de un sistema hacen que estas se amplifiquen a lo largo de la evolución del sistema y produzca grandes efectos con el paso del tiempo.
- La teoría del caos no supone que la realidad no está regida por ninguna ley en absoluto. Se trata de una teoría matemática que estudia cómo las condiciones iniciales afectan al comportamiento de ciertos sistemas dinámicos. Así, una pequeña perturbación en las condiciones iniciales puede traducirse en una gran diferencia de comportamiento en el futuro (efecto mariposa), aun tratándose de sistemas determinísticos.

28. a) Cosmovisión antigua. En la respuesta debe constar que el universo compuesto por esferas y el límite del cosmos lo formaba la esfera de las estrellas fijas. Así como la separación Tierra (movimiento rectilíneo) y cielos (movimiento circular perfecto), en la que la Tierra se sitúa en el centro del universo (geocentrismo) y diferentes elementos componen la Tierra y los cielos.
- b) Cosmovisión moderna. El alumno/a deberá exponer que el Sol ocupa el centro del universo (heliocentrismo) y el universo puede ser infinito, también que la Tierra y el cielo están compuestos de la misma materia y que los planetas se desplazan alrededor del Sol en órbitas elípticas. Los movimientos se explican por fuerzas externas mediante la ley de la inercia y ley de la gravedad.
- c) Cosmovisión contemporánea. En la exposición tendrán que estar estos puntos: espacio y tiempo forman un continuo cuatridimensional, la velocidad de la luz, la máxima del universo y la idea del campo gravitatorio que provoca el espacio curvado en las proximidades de una gran masa. El uni-

verso en expansión y su pasado (el *big bang*) y futuro (expansión infinita y *big crunch*).

29. a) Cosmovisión antigua. Se considera falsa en la actualidad porque Kepler demostró que las trayectorias de los planetas eran elípticas y que el movimiento circular y perfecto no era más que una creencia.
- b) Cosmovisión moderna. Falsa. La teoría de la relatividad nos dice que el espacio es relativo. Es una medida que obtiene un observador y que depende, entre otras variables, de la velocidad.
- c) Cosmovisión antigua. Falsa. Actualmente se acepta que el universo está en expansión y no se puede saber cuál es su centro. Desde la cosmovisión moderna ya se demostró que la Tierra giraba alrededor del Sol.
- d) Cosmovisión contemporánea. Verdadera. Según la física cuántica tanto la energía como la materia se comportan como partículas y como ondas. De manera que toda partícula tendrá asociada una onda, y viceversa.
- e) Cosmovisión contemporánea. Verdadera. La famosa fórmula de Einstein ($E = m \cdot c^2$) nos dice que la masa se convierte en energía cuando viaja a la velocidad de la luz al cuadrado, así que la energía se convierte en masa dividiendo la energía por la velocidad de la luz al cuadrado. El problema es que se necesita muy poca masa para generar mucha energía, pero muchísima energía para generar muy poca masa.
- f) Cosmovisión moderna. Falsa. El Sol no es más que el centro de nuestra galaxia, pero ello no quiere decir que sea el centro del universo.
- g) Cosmovisión antigua. Falsa. Eterno significa que no tiene cambio, ni principio ni fin. Esta definición niega la posibilidad que el universo sea eterno, como defendía Aristóteles.
- h) Cosmovisión moderna. Verdadera (la respuesta no está

made clear). Las modernas cosmovisiones nos dicen que el universo está en expansión y no niega la posibilidad de que el universo sea infinito. Einstein lo llamó relativo, la teoría de cuerdas postula infinitos universos paralelos y algunos científicos, apoyándose en la teoría del *big bang* defienden que es infinito en el espacio y finito en el tiempo.

5 ACTIVIDAD DE SÍNTESIS

Pág. 127

30. El alumno/a deberá hacer un resumen de las tres cosmovisiones vistas en la unidad. A continuación, un resumen de los puntos más importantes que se tienen que tratar.
- Las cosmovisiones científicas son aquellas que buscan explicaciones racionales basadas en la observación y la experimentación y están sometidas a crítica y revisión. Su conjunto compone una visión del universo y de la posición que ocupa el ser humano en él. A lo largo de la historia las tres cosmovisiones más importantes han sido:
- La cosmovisión antigua (siglo IV a. C. - primera mitad del XVI).
- Resalta que la Tierra y los cielos eran mundos diferentes. Al hablar de la Tierra trataban de explicar la forma del planeta que habitamos y dar justificación racional de su diversidad. Querían explicar la forma de la Tierra (los primeros filósofos creían que era plana, pero escuelas como la pitagórica defendían que era esférica) y los principios de la realidad con teorías como el principio básico o elemental (todas las sustancias derivaban de un principio único y natural: el *arkhé*) o la de los cuatro elementos (todo deriva de la mezcla de cuatro elementos: tierra, aire, agua y fuego).

Para explicar lo referente a los cielos tenían en cuenta que el movimiento de los cuerpos celestes debía ser circular, ya que es el movimiento más perfecto. También consideraban que la Tierra era inmóvil y estaba en el centro del universo (geocentrismo) y pensaban que el universo estaba limitado por la esfera de las estrellas fijas. Uno de los filósofos más destacados, Aristóteles, creía que el cosmos era un todo organizado en dos mundos de naturaleza distinta: el mundo sublunar o terrestre (con la Tierra en el centro del universo y limitada por la esfera de la Luna) y el supralunar o celeste (eterno e inmutable, limitado por la esfera de las estrellas fijas y cuyos cuerpos celestes están formados por éter). Ptolomeo fue uno de los primeros astrónomos en introducir modelos matemáticos para tratar de solucionar los problemas del modelo aristotélico (movimientos celestes circulares y regulares).

La cosmología moderna (siglos XVI al XIX). En esta época se produjo la revolución científica y se sentaron las bases de la física clásica. Sustituye el «cosmos griego» por un universo sin jerarquías. Con astrónomos como Copérnico surge el heliocentrismo (el Sol está en el centro del universo y todos los planetas, incluida la Tierra, giran a su alrededor); con Bruno apareció la idea de un espacio ilimitado (eternidad e infinitud del universo); Brahe propuso un modelo geo-heliocéntrico (el Sol y la Luna giraban alrededor de la Tierra y los demás planetas, alrededor del Sol); Kepler y sus leyes acabaron con la creencia de que el movimiento de los planetas era circular e introdujo la idea del mundo como una máquina; Galileo sentó las bases de la física moderna y estableció el principio de inercia y, finalmente, Newton estableció la ley de la gravedad y la idea de que las mismas leyes regían en todo el universo.

La cosmología contemporánea (a partir del siglo XX). Está formada por tres grandes teorías, dos incompatibles entre sí y una tercera que examina los comportamientos aleatorios o impredecibles en distintas áreas.

La teoría de la relatividad echa por tierra la física clásica (el espacio y el tiempo dejan de ser absolutos e independientes del observador). Está basada en la idea de que espacio y tiempo forman un continuo cuatridimensional y que la velocidad de la luz es la máxima del universo. Además introduce el concepto de campo gravitatorio y la idea de que el universo se expande (E. Hubble).

La física cuántica destruye la oposición tradicional entre materia y energía (ambas se comportan como una partícula y como una onda) y cuestiona nuestra capacidad de acceder a la auténtica realidad. Formula el principio de incertidumbre (toda medición implica una interacción entre el observador y el objeto observado que altera las condiciones de este último) y la superposición cuántica (dos realidades diferentes y opuestas pueden llegar a superponerse simultáneamente).

Y por último, en la cosmología contemporánea destaca también la teoría del caos, que describe fenómenos expresados en una fórmula matemática pero que escapan a la previsibilidad. Es decir, existe una ley pero no puede hacer completamente predecibles los fenómenos.

COMENTARIO DE TEXTO

Pág. 128

A. Comprensión del texto (Pág. 128)

1. Revoluciones. En el texto Galileo habla de las revoluciones de las esferas celestes, que es el título de la obra de Copérnico. El sentido que le da a la palabra *revolución* es el astronómico: 'movimiento orbital periódico de un cuerpo móvil en torno a

un cuerpo central'. En el caso del texto, se refiere al movimiento de la Tierra alrededor del Sol.

Sistema ptolemaico. Es un sistema en el cual la Tierra ocupa el centro del universo y los astros giran alrededor de ella en órbitas circulares y con un movimiento uniforme. Este sistema, conocido como sistema geocéntrico, fue el dominante hasta el siglo XVI.

Refutación. Significa 'dar argumentos o pruebas para demostrar que la opinión del contrario no es válida'. En el texto, Galileo se refiere a presentar pruebas que demuestran que los argumentos de Aristóteles y Ptolomeo no son válidos.

Descubrimientos celestes. Son los hallazgos realizados por Galileo con el telescopio que demostraban, por ejemplo, que Júpiter contaba con un grupo de satélites que giraban a su alrededor, que el Sol tiene manchas en su superficie, o que la Luna tiene cráteres. Estos descubrimientos invalidaron la teoría de que todos los astros giraban alrededor de la Tierra y la existencia del material perfecto e inmutable de los cielos de la cosmología antigua.

Falacias. Es un argumento incorrecto que se presenta como válido, normalmente para inducir a error o engaño. En el texto, Galileo dice que se utiliza la religión y las Sagradas Escrituras para defender los falsos argumentos de Ptolomeo y Aristóteles.

2. El alumno/a deberá hacer una síntesis del texto basándose en las siguientes ideas: Galileo defiende su postura alegando que el tiempo le va dando la razón y negándose a sus adversarios, que solo pueden criticarle a él y no a su trabajo. Defiende el heliocentrismo y refuta los argumentos de Aristóteles y Ptolomeo. Concluye que sus argumentos son sólidos y que sus enemigos se refugian en la Biblia para refutarlos ante la imposibilidad de hacerlo con argumentos.
3. Pregunta abierta con infinitud de opciones. La respuesta debe contener la postura de Galileo y/o la postura refutada de los defensores del sistema ptolemaico. «Refutación del geocentrismo», «defensa del heliocentrismo»...

B. Análisis del texto (Pág. 128)

4. La concepción defendida por Aristóteles pertenece a la cosmología heliocéntrica tal y como se aprecia en esta parte del texto: «yo en mis trabajos de astronomía y filosofía sostengo, sobre la construcción de las partes del mundo, que el Sol, sin cambiar de lugar, permanece ubicado en el centro de las revoluciones de las esferas celestes, y que la Tierra, que se mueve sobre sí misma, gira en torno a él».
5. Galileo dice, al inicio del texto, que los que están familiarizados con las ciencias astronómicas quedaron persuadidos de la exactitud de su posición. Se lamenta, al final del primer párrafo, de que los que se negaban a reconocer su posición se hallaban mal dispuestos, no tanto hacia las cuestiones que exponía, sino contra su autor.
6. Galileo sostiene que los que están en contra del heliocentrismo justifican sus posiciones desprestigiándole a él y a sus cosas por todos los medios posibles. También utilizan discursos falaces apoyándose en una fingida religión y en las Sagradas Escrituras.

C. Relación (Pág. 128)

7. El alumno/a citará dos descubrimientos celestes de Galileo que desacrediten la posición geocéntrica. En la unidad se mencionan estos dos: las manchas solares y los satélites de Júpiter. También podría citar las imperfecciones de la superficie lunar.
8. La posición heliocéntrica necesitaba una nueva física porque la física aristotélica no podía dar respuesta a las observaciones que se hacían en la época de Galileo. El alumno/a debe mencionar los puntos que se exponen a continuación, aunque no necesariamente todos:
 - Explicar el movimiento refutando la teoría del Primer Motor Inmóvil y los movimientos del mundo sublunar y supralunar.
 - Dotar a todo el universo de los mismos principios y eliminar estos dos mundos.
 - Priorizar la experimentación y la observación sobre el dogmatismo.
 - Formular los principios en leyes matemáticas.
9. Cosmovisión heliocéntrica. En su respuesta el alumno/a debería mencionar que el Sol ocupa el centro del universo y que los planetas, incluida la Tierra, giran a su alrededor; que la Tierra, además, gira sobre sí misma; que el material que forma todo el universo es el mismo y que las leyes que explican su movimiento, también; que el universo no está limitado, por lo tanto puede ser infinito, y por último, que las órbitas de los planetas no son circulares (leyes de Kepler).

Sobre la cosmovisión geocéntrica, el alumno/a debe explicar que la Tierra ocupa el centro del universo y los astros giran a su alrededor, que el material del que está formada de la Tierra es diferente al de los cielos, que existen dos movimientos (rectilíneo, en el espacio sublunar y circular-perfecto en el supralunar) y que el universo está limitado por la esfera de las estrellas fijas, que es su último horizonte y lo convierte en finito y eterno.

D. Valoración crítica (Pág. 128)

10. El alumno/a podría comentar la separación entre religión y ciencia. La religión y la ciencia se ocupan de dos aspectos diferentes. Cuando se contradicen, se debe entender que la ciencia comprueba empíricamente sus hipótesis y, una vez comprobadas, pasan a ser teorías científicas con las que convivimos. La religión se ocupa del campo de la fe y de las creencias, no puede limitar el conocimiento científico pero puede dar unas pautas a aquellos científicos que sean religiosos (Einstein es un claro ejemplo) y defenderse de ataques supuestamente científicos (hipótesis sin comprobar que ataquen sus cimientos).

SÍNTESIS

Pág. 129

Mapa conceptual (Pág. 129)

Completar el mapa de arriba abajo, y de izquierda a derecha: Míticas, Objetividad, Movimiento circular, Moderna, Heliocentrismo, Leyes de Kepler, Física cuántica.

48

El mundo de las ideas (Pág. 129)

1. *Cosmovisión* significa 'visión del universo' y alude al conjunto sistemático de creencias y concepciones que influyen en la manera de percibir la realidad de un grupo de personas. Existen dos tipos de cosmovisiones: las míticas y las científicas.
2. Las cosmovisiones míticas se caracterizan por su naturaleza simbólica y por personificar los fenómenos naturales, representados como manifestaciones de seres poderosos y fantásticos.
3. Las cosmovisiones científicas buscan explicaciones racionales basadas en la observación y la experimentación y están sometidas a crítica y revisión. Su conjunto compone una visión del universo y de la posición que ocupa el ser humano en él.
4. Las podemos resumir en:
 - La cosmovisión antigua, que estuvo vigente desde la antigua Grecia (s. iv a. c.) hasta la primera mitad del siglo xvi.
 - La cosmovisión moderna, que se forjó a partir de las ideas nacidas de la revolución científica, se desarrolló entre los siglos xvi y xix.
 - La cosmovisión contemporánea, cuyas principales ideas se han desarrollado desde principios del siglo xx hasta la actualidad.
5. Aristóteles dividía el cosmos en dos mundos de naturaleza distinta: el mundo sublunar o terrestre y el supralunar o celeste.

El mundo sublunar o terrestre es el mundo que habita el ser humano. La Tierra es esférica, reducida y está en el centro del universo. Este mundo está limitado por la esfera de la Luna, que constituye la frontera entre las dos regiones: sublunar y supralunar. Está constituido por los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego) y se caracterizan por tener un movimiento natural de carácter rectilíneo que puede ser ascendente o descendente.

El mundo supralunar o celeste es el mundo que está más allá de la esfera de la Luna y que tiene su límite en la esfera de las estrellas fijas. Más allá de esta no hay nada. Está compuesto por un quinto elemento: el éter, de naturaleza divina, perfecto, puro, inalterable y sin peso; por eso el mundo supralunar es eterno e inmutable. Las esferas de esta región están compuestas de éter y se mueven con un movimiento circular uniforme, transmitido por rozamiento de unas esferas a otras. Este movimiento lo sostiene el Primer Motor Inmóvil, causa final de todo el movimiento del universo y que obedece a una finalidad: provocar la mezcla de los cuatro elementos en el mundo sublunar.

6. Llamamos *giro o revolución copernicana* al cambio experimentado por la ciencia en los siglos xvi y xvii y que dio lugar a una nueva visión del universo y del ser humano. Copérnico afirmó que el Sol se encontraba en el centro del universo y que el resto de los planetas, incluida la Tierra, giraban a su alrededor. Esto es lo que se conoce como *heliocentrismo*.
7. La principal aportación de Newton a la física fue la teoría de la gravedad. La definió como una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional

al cuadrado de la distancia que separa sus centros de gravedad. Esto implicaba que las mismas leyes regían en todo el universo y que el mundo se podía concebir como una gran máquina explicada a partir de unas pocas leyes.

8. Las ideas en las que se basa la física moderna son las siguientes:

- Simplicidad: explicación de la realidad a partir de unas pocas leyes válidas para todo.
- Mecanicismo: defiende la idea de que el mundo es como máquina perfecta, comparable a un mecanismo de relojería. Solo se considerarán los aspectos que se puedan medir y cuantificar, quedan relegados los aspectos cualitativos.
- Determinismo: afirma que siempre que suceda A, a continuación necesariamente sucederá B. El azar queda eliminado y, si tuviéramos toda la información, con las leyes físicas podríamos predecir cualquier fenómeno con absoluta seguridad.

9. Las principales teorías que explican la cosmovisión actual son tres:

- La teoría de la relatividad, que echa por tierra la física clásica (el espacio y el tiempo dejan de ser absolutos e independientes del observador). Está basada en la idea de que espacio y tiempo forman un continuo cuatridimensional y que la velocidad de la luz es la máxima del universo. Además, introduce el concepto de campo gravitatorio y la idea de que el universo se expande (E. Hubble).
- La física cuántica, que elimina la oposición tradicional entre materia y energía (ambas se comportan como una partícula y como una onda) y cuestiona nuestra capacidad de acceder a la auténtica realidad. Formula el principio de incertidumbre: toda medición implica una interacción entre el observador y el objeto observado, que altera las condiciones de este último y la superposición cuántica (dos realidades diferentes y opuestas pueden llegar a superponerse simultáneamente).
- La teoría del Caos, que describe fenómenos expresados en una fórmula matemática pero que escapan a la previsibilidad. Es decir, existe una ley pero no puede hacer completamente predecibles los fenómenos.

10. Las principales implicaciones filosóficas de las teorías físicas actuales son:

- La imposibilidad de separar sujeto-objeto. Para observar algo, hay que interactuar con ello. La física cuántica llega a poner en entredicho la creencia de que el mundo es una realidad objetiva que el ser humano puede llegar a conocer.
- El indeterminismo y la imprevisibilidad. Según la mecánica cuántica solo se pueden establecer leyes estadísticas que no predicen con exactitud el resultado de una observación, sino que solo calculan sus probabilidades. La teoría del caos nos dice que los fenómenos muy sensibles a las condiciones iniciales impiden poder hacer predicciones fiables después de cierto tiempo.
- 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.

Evaluación (Pág. 130)

1. b)
2. a)
3. a)
4. c)
5. b)
6. d)
7. a)
8. b)
9. b)
10. c)

ZONA +

Pág. 131

Audiovisual. Un paseo por la historia

El razonamiento de Eratóstenes para calcular el diámetro terrestre se encuentra en el capítulo 1, «*El océano cósmico*». El enfrentamiento entre la cosmovisión antigua y la revolución copernicana está en el capítulo 3, «*La armonía de los mundos*».

Thoughts. Ciencia y paz

El alumno/a responderá de una manera razonada a la pregunta sobre si la ciencia está al servicio o no de toda la humanidad. Para ello deberá tener en cuenta los siguientes aspectos: si considera que la ciencia está al servicio de toda la humanidad, puede basar su respuesta apelando a la neutralidad tecnológica, es decir, referirse a que un avance científico puede ser usado para el bien o para el mal, pero los científicos ponen su descubrimiento para el provecho de toda la humanidad. Si opta por considerar que la ciencia está al servicio de unos pocos, entonces puede argumentar que el empleo que hacemos de la tecnología y de los descubrimientos científicos solo atiende a la rentabilidad económica o a intereses particulares.

Innovations. El juego de la ciencia

El alumno/a propondrá ejemplos de «ideas audaces» que hayan hecho avanzar la ciencia y que no estén en la lista de la página web recomendada. Por ejemplo: Frederick Banting y la insulina, Wilhelm Roentgen y los rayos X, Marshall Nirenberg y el código genético, Dmitry Mendeléyev y la tabla periódica de los elementos químicos, William Harvey y la circulación de la sangre...

El alumno/a expondrá, de una manera argumentada y razonada, si otros ámbitos de la actividad humana (el arte, la política...) también funcionan siguiendo este principio de las «ideas audaces» o si estos campos avanzan más por la acumulación de datos u otros aspectos, como la disciplina, la técnica...