

# Ajuste fino

Francisco José Soler Gil

Modo de citar:

Soler Gil, Francisco José. 2017. "Ajuste fino". En *Diccionario Interdisciplinar Austral*, editado por Claudia E. Vanney, Ignacio Silva y Juan F. Franck. URL=[http://dia.austral.edu.ar/Ajuste\\_fino](http://dia.austral.edu.ar/Ajuste_fino)

Esta voz presenta una visión de conjunto de los diversos temas relacionados con la pregunta de si las leyes y constantes de la naturaleza se encuentran en algún sentido «ajustadas» de cara a posibilitar la existencia de ciertos tipos de seres.

En el apartado 1. se discute el concepto de «ajuste fino» de las leyes y constantes de la naturaleza. En el apartado 2. se realiza un breve repaso de la historia de dicho concepto. En el apartado 3. se expone una breve clasificación de los tipos de posibles ajustes finos que se discuten actualmente, y se plantea también el problema de hasta qué punto cabe precisar cuantitativamente el ajuste fino. En el apartado 4. se esquematizan las principales explicaciones alternativas que se vienen ofreciendo frente a los indicios de ajuste fino. Y la voz concluye con unas indicaciones bibliográficas mínimas.

## 1 Definiciones básicas [↑](#)

Mediante la expresión «ajuste fino de las leyes y las constantes del universo», o simplemente «ajuste fino», se hace referencia usualmente al hecho de que las leyes físicas y las constantes de la naturaleza parecen pertenecer a un tipo muy peculiar, dentro del conjunto de las leyes y constantes que cabría concebir como determinantes de la dinámica de universos posibles. Y su peculiaridad radica en que, a poco que la combinación de leyes físicas y constantes de la naturaleza hubiera sido ligeramente diferente a como de hecho es, el cosmos constituiría un sistema físico del todo hostil al desarrollo de la vida —y en general hostil al desarrollo de estructuras físicas complejas—.

Se denomina por tanto «ajuste fino» al hecho de que la naturaleza se comporte siguiendo justo una de las (al menos en apariencia) escasas combinaciones hospitalarias de leyes y constantes.

La expresión «ajuste fino» sugiere una analogía entre el conjunto de las leyes y constantes que dan lugar a un universo interesante —poblado de seres complejos, y en particular de vida—, y el conjunto de frecuencias, en el dial de un antiguo aparato de radio, que se corresponderían con la señal de una emisora: Así como la mayor parte de las frecuencias del dial no registran otra cosa que ruido, también la mayor parte de las combinaciones de leyes y constantes naturales no producirían más que un universo carente de vida y de complejidad. De manera que tanto el oyente, en el caso de la radio, como el científico que trata de encontrar unas leyes que permitan el desarrollo de un universo interesante, tendrían que ajustar muy finamente —el dial, o la estructura de leyes y constantes— para obtener el resultado que se busca.

Con cierta frecuencia se emplea también la expresión «ajuste fino antrópico», que expresa la idea de que las leyes y las constantes de la naturaleza parecen estar dispuestas de tal modo que sea posible el desarrollo de entidades tan complejas como los seres humanos conscientes.

La acentuación del carácter «antrópico» del ajuste fino del universo está justificada en el sentido de que, por ejemplo, el cerebro humano es la entidad natural más compleja que se conoce (sobre este punto puede consultarse, por ejemplo: Goldberg 2008, 47), y por ello su desarrollo parece haber requerido un marco aún más específico que el que sería preciso para dar lugar a mundos con formas de vida primitivas. Pero lo cierto es que la mayor parte de los casos de ajuste fino que se discuten en la literatura especializada no solamente impedirían el desarrollo de vida inteligente,

sino de vida en general. O incluso en muchos de los casos impedirían el desarrollo de toda entidad mínimamente compleja. Lee Smolin, centrándose en el aspecto particular del ajuste fino de las constantes (no de las leyes) de la naturaleza, formula el este punto por ejemplo así:

«Nuestro universo es mucho más complejo que la mayor parte de los universos con las mismas leyes pero valores diferentes de los parámetros de dichas leyes. En particular posee una astrofísica compleja, que incluye galaxias y estrellas de larga duración, y una química compleja, que incluye la química del carbono. Estas condiciones necesarias para la vida se encuentran presentes en nuestro universo como consecuencia de la complejidad que es posible por los valores especiales de los parámetros» (Smolin 2007, 327).

Por tanto, si tenemos en cuenta los datos particulares que motivan el que se hable de la existencia de un ajuste fino de las leyes y constantes del universo, se puede entender que se trata de un ajuste fino «para el desarrollo de vida inteligente» (o sea: un ajuste fino antrópico), o simplemente de un ajuste fino «para el desarrollo de vida» (o sea: un ajuste fino biófilo), o incluso (de modo más general) de un ajuste fino «para el desarrollo de entidades complejas».

## 2 Historia [↑](#)

Al referirnos a la historia de las ideas sobre el ajuste fino del universo, conviene distinguir bien entre la noción de ajuste fino y la noción de diseño del universo. Como veremos en el apartado cuarto, la existencia de un diseño cósmico podría ser, en cierto sentido, una explicación del dato del ajuste fino. Pero mientras que la idea de que el orden en la naturaleza responde a un diseño o plan cósmico posee raíces muy antiguas en la historia de la filosofía (que se remontan, al menos, a Anaxágoras y Sócrates, si no más atrás incluso), la idea de que se da un ajuste fino de las leyes y constantes del universo no comienza a ser considerada y explorada hasta tiempos muy recientes. Hasta el punto de que cabe afirmar con justicia que el tema del ajuste fino forma parte del legado de la ciencia del siglo XX.

Varios son los factores que explican un desarrollo tan tardío:

En primer lugar hay que tener en cuenta que no tiene sentido considerar el grado de probabilidad o improbabilidad de un universo como el nuestro, en el conjunto de universos posibles, si se piensa que sólo hay un universo posible. Pero precisamente este pensamiento fue dominante en la filosofía griega, en la que por lo general no se distingue entre orden racional y necesidad lógica. (De ahí, por ejemplo, el carácter deductivo de la física aristotélica).

La distinción nítida entre ambos conceptos se formuló por primera vez en el contexto de la discusión en torno al aristotelismo en la Universidad de París, durante el siglo XIII. La condena en 1277, por parte del obispo Esteban Tempier, de la tesis de que Dios no podría crear más que un mundo, dará carta de naturaleza a las indagaciones acerca de estructuras racionales alternativas de la naturaleza, o mundos posibles:

«Aristóteles había intentado describir el mundo no simplemente como es, sino como debe ser. En 1277, Tempier declaraba, en oposición a Aristóteles, que el mundo es como su omnipotente creador elija hacerlo» (Lindberg 2002, 303).

Lo cual, a su vez, tendría gran importancia en el desarrollo del método experimental de la ciencia moderna. (Puesto que si Dios puede haber elegido entre varios órdenes racionales, sólo la evidencia empírica nos permitirá llegar a conocer cuál ha sido de hecho su elección).

No obstante, aunque a partir de ese momento se considere aceptable la idea de universos posibles, con estructuras de leyes naturales diferentes, la sospecha de que el orden natural que de hecho existe no es uno cualquiera, sino un orden muy especial, no iba a poder desarrollarse hasta que se adquiriera un conocimiento detallado de las leyes de la física, y hasta que llegara a conocerse, también con detalle, la estructura química de la vida.

Posiblemente fue el estudio del agua, y de la relación de las propiedades fisicoquímicas del agua con la química de la vida, el que dio lugar al primer alegato pormenorizado del carácter singularmente biófilo de las leyes de la naturaleza, a comienzos del siglo XX. La idea fue debida al químico de la Universidad de Harvard Lawrence Joseph Henderson, y

se encuentra en su obra (Henderson 1913). La conclusión de la obra de Henderson era novedosa, y en cierto sentido provocadora:

«Ahora se ve que las propiedades de la materia y el curso de la evolución cósmica están íntimamente relacionadas con la estructura del ser vivo y sus actividades; se vuelven por ello mucho más importantes para la biología de lo que se sospechaba anteriormente. Pues el proceso evolutivo en conjunto, tanto cósmico como orgánico es uno, y el biólogo puede ahora contemplar correctamente el universo en su misma esencia como biocéntrico (Henderson 1913, 312)».

A lo largo de los decenios siguientes, diversos estudios parciales en otros campos contribuyeron a reforzar esta idea. Uno de los más relevantes estudios que ayudaron a establecer el caso del ajuste fino fue, por ejemplo, el de la nucleosíntesis estelar de los elementos, a partir de mediados del siglo XX. Y específicamente el análisis del proceso que conduce a la nucleosíntesis del carbono y el oxígeno (elementos básicos para la vida). Sobre este particular puede consultarse, por ejemplo, la defensa por parte de Fred Hoyle —que fue uno de los principales investigadores en este campo— del ajuste fino biófilo del proceso de síntesis estelar del carbono en (Hoyle 1983, cap.9).

Pero el conocimiento decisivo para la formulación del tema del ajuste fino se alcanzó en la década de los setenta y primeros ochenta del pasado siglo, con el establecimiento de los modelos que aún actualmente se consideran estándar tanto en la física de partículas como en la cosmología. Pues, partiendo de ambos modelos, y dado el extraordinario desarrollo de las técnicas de computación por medio de ordenadores, resulta natural cuestionarse qué ocurriría con la formación de estructuras en el cosmos, si variamos de distintos modos ese marco básico constituido por la descripción de la dinámica de las partículas elementales y del universo como un todo.

Por eso, no sorprende que el primer amplio estudio de casos de ajuste fino que no se limita a considerar algún aspecto parcial del tema, sino que busca ofrecer una panorámica del mismo, date precisamente de mediados de la década de los ochenta del pasado siglo. Se trata del famoso libro de John Barrow y Frank Tipler sobre el principio cosmológico antrópico (Barrow y Tipler 1986). Este libro presentaba una muestra muy extensa de casos de posible ajuste fino de las constantes y las leyes físicas —ajuste que habría favorecido la aparición de la vida humana—, y dio un impulso decisivo al estudio de este campo.

Desde entonces se han multiplicado tanto los estudios de casos particulares como las exposiciones de conjunto de la temática del ajuste fino. (Una interesante introducción se encuentra por ejemplo en: Rees 2001). Algunos de los primeros ejemplos de ajuste fino propuestos han sido con el tiempo cuestionados, mientras que se han descubierto otros, siendo el balance total muy favorable a la conclusión —por supuesto provisional, dado que se trata de un campo de investigación abierto— de que, en efecto, las leyes y las constantes de la naturaleza parecen poseer gran número de ajustes finos biófilos (A nivel especializado pueden consultarse, por ejemplo, los siguientes textos de revisión: Hogan 2000; Cohen 2008; Barnes 2012 y Lewis — Barnes 2016).

### 3 Tipos y ejemplos de ajuste fino. El problema de la cuantificación [↑](#)

Un análisis del tema del ajuste fino requiere considerar, al menos, los tres aspectos siguientes: la clasificación de los distintos tipos de ajustes que pueden tener lugar en las leyes de la naturaleza, la discusión relativa a la posibilidad de precisar cuantitativamente el ajuste fino, y la cuestión de las posibles explicaciones de dicho ajuste. En este apartado se van a esbozar brevemente los dos primeros asuntos, mientras que en el apartado cuarto nos ocuparemos del último de ellos.

#### 3.1 Tipos de ajuste fino [↑](#)

Las leyes de la naturaleza se expresan en general por medio de ecuaciones, que contienen funciones (con diversos tipos de variables) y constantes. Esas ecuaciones describen la conexión existente entre los valores de las distintas magnitudes de los sistemas físicos que pueblan el mundo.

Por tanto, la exploración de cómo sería la naturaleza si estuviera regida por otras leyes pasa por introducir cambios en esas ecuaciones. Y puesto que dichos cambios pueden introducirse en elementos diferentes de las mismas, esto da lugar a distintos tipos de posible ajuste fino.

La distinción más básica es la referida a las funciones y a las constantes:

(a.) *Ajuste fino en las constantes de la naturaleza:* Cabe dar por supuesta la estructura funcional de las leyes de la naturaleza, pero cuestionar qué ocurriría si los parámetros constantes que aparecen en dicha estructura fueran diferentes. En ese caso aparecen indicios de ajuste fino en las constantes de la naturaleza: es decir, indicios de que, si tales constantes fueran algo distintas de lo que de hecho son, el mundo resultante resultaría inhóspito (para el ser humano, para la vida en general, y en muchas ocasiones para la formación de cualquier clase de entidades complejas).

Dentro de este tipo de ajustes, cabe a su vez distinguir entre:

(a.1) *Ajustes en las constantes que determinan la intensidad de las fuerzas de la naturaleza.* (Por ejemplo la constante gravitacional  $G$ , o la constante de permitividad eléctrica).

(a.2) *Ajustes en otros parámetros constantes.* (Por ejemplo en las masas de las partículas elementales, o la constante cosmológica).

(b.) *Ajuste fino en las funciones que describen las leyes de la naturaleza:* Cabe plantearse en este caso qué ocurriría si algunos aspectos de las funciones que aparecen en las leyes fueran diferentes. De lo que se siguen otras formas posibles de ajuste fino, en este caso de ajuste fino formal. El cual, a su vez, puede subdividirse al menos en tres tipos:

(b.1) *Ajuste fino en la dimensionalidad de las leyes de la naturaleza.* (Es decir, consecuencias negativas para la formación de estructuras como los seres vivos que se siguen de cambios en el número de dimensiones temporales o espaciales en las leyes).

(b.2) *Ajustes finos en el tipo de funciones que se aplican en las leyes de la naturaleza.* (Es decir, por ejemplo, consecuencias de sustituir en la ley de la gravitación universal la dependencia inversa de la fuerza con el cuadrado de la distancia por otra función cualquiera con la misma dimensionalidad, etc.)

(b.3) *Ajustes finos relacionados con la adición o eliminación de leyes de la naturaleza.* (Es decir, por ejemplo, consecuencias que se seguirían de añadir nuevas fuerzas atractivas o repulsivas etc.)

Al estudiar el ajuste fino en cualquiera de los tipos mencionados, la situación más sencilla que puede analizarse es el resultado de alterar una constante o una función, dejando el resto de las leyes naturales tal y como están. Sin embargo, también se suele explorar el caso de que se alteren varias constantes u otros aspectos de la descripción física, con objeto de averiguar hasta qué punto unos cambios podrían compensar el efecto negativo de otros, por lo que se refiere a crear un marco natural biófilo (Consúltase, por ejemplo: Tegmark, Aguirre, Rees y Wilczek 2006; y Barr y Khan 2007).

Como resultado de estas indagaciones, se ha ido encontrando un número bastante amplio de casos de ajuste fino. Si bien cada uno de ellos permanece siempre en una situación de provisionalidad, a la espera de que pudiera hallarse algún factor que alterara nuestra visión del mismo (mostrando, por ejemplo, que el ajuste no es realmente fino, o que tal o cual aspecto biófilo es en realidad inevitable). En el subapartado siguiente se presentan, a modo de ejemplo, algunos de estos casos.

### 3.2 Ejemplos de ajuste fino [↑](#)

Para que la discusión del tema del ajuste fino no quede únicamente en un plano abstracto, conviene, antes de proseguir el desarrollo de los puntos que restan, descender a mencionar algunos casos concretos, de entre los muchos

casos de ajuste que gozan de una aceptación bastante amplia. Considérense, por ejemplo, estos casos sencillos (y no muy controvertidos), tomados de la bibliografía actual, y que ejemplifican diversos tipos de ajuste fino mencionados en el subapartado anterior:

### 3.2.1 El valor de la constante cosmológica [↑](#)

«La pequeñez de la constante cosmológica es considerada por muchos como el mayor problema concreto al que se enfrentan la física y la cosmología actuales. [...] Dejando a un lado algún tipo de ajuste fino extremadamente preciso, o un nuevo principio físico, las teorías actuales de física fundamental y cosmología nos llevan a esperar [...] una efectiva constante cosmológica extraordinariamente grande, tan grande que, de ser positiva, provocaría que el espacio se expandiera a una velocidad tan enorme que prácticamente cada objeto del universo se alejaría de cualquier otro, mientras que, de ser negativa, provocaría que el universo colapsara de nuevo en sí mismo casi instantáneamente. Esto claramente imposibilitaría la evolución de vida inteligente.

Lo que hace tan difícil evitar el postulado de alguna clase de ajuste fino altamente preciso de la constante cosmológica es que casi cada tipo de campo en la física actual –el campo electromagnético, los campos de Higgs asociados con la fuerza débil, el campo inflatón postulado por la cosmología inflacionaria, el campo dilatón postulado por la teoría de supercuerdas, y los campos asociados con partículas elementales tales como los electrones– contribuye [a la constante cosmológica]. Aunque nadie sabe cómo calcular[la] [...] cuando los físicos realizan estimaciones de la contribución de estos campos [...], obtienen valores [...] que son entre 10<sup>53</sup> y 10<sup>120</sup> veces mayores que el máximo valor de entre los que permiten la vida» (Collins 2005, 25).

### 3.2.2 La intensidad de la fuerza fuerte y la fuerza electromagnética [↑](#)

«Una disminución de un 50 por ciento en la intensidad de la fuerza fuerte minaría la estabilidad de todos los elementos esenciales para la vida basada en el carbono, mientras que una disminución ligeramente superior eliminaría todos los elementos salvo el hidrógeno. [...]

Un incremento en torno a las catorce veces de la fuerza electromagnética tendría el mismo efecto sobre la estabilidad de los elementos que una disminución de un 50 por ciento en la fuerza fuerte» (Collins 2005, 28-29).

### 3.2.3 La diferencia de masa entre el protón y el neutrón [↑](#)

Si la masa del neutrón fuera 1,4 MeV mayor de la que es (y un incremento así es menor que una parte entre 700 de su masa real), mientras que la masa del protón siguiera siendo la misma, entonces no se podría producir deuterio en las estrellas, y por tanto tampoco helio, ni ninguno de los elementos más pesados. Aún podrían, eso sí, formarse estrellas de helio primordial, en las que se generaran otros elementos. Pero la vida de tales estrellas es demasiado breve como para generar entornos biófilos. Y además, si el incremento de la masa del neutrón fuera un poco mayor de la mencionada, no habría ningún tipo de estrellas (Véase por ejemplo: Collins 2005, 33-34).

### 3.2.4 El número de dimensiones espaciales y temporales [↑](#)

Max Tegmark ha estudiado el caso de que el número de dimensiones espaciales y temporales del universo fuera diferente, y encuentra que sólo en el caso que se da de hecho en el universo es posible que puedan existir observadores conscientes capaces de calcular y predecir en parte el transcurso de los acontecimientos naturales. Puesto que si, por ejemplo, mantenemos una única dimensión temporal, entonces, si hubiera menos de tres dimensiones espaciales, el universo resultante sería demasiado simple, mientras que con más dimensiones espaciales

no podrían existir átomos estables. En cambio si reducimos a cero la dimensión temporal, sea cual fuere el número de dimensiones espaciales las ecuaciones resultantes serían elípticas, y por tanto el comportamiento de la naturaleza resultaría completamente imprevisible (y lo mismo si reducimos a cero las dimensiones espaciales, ampliando arbitrariamente las temporales). Y, por último, para el caso de existir dos o más dimensiones temporales y dos o más dimensiones espaciales, todas las ecuaciones resultarían ser ultrahiperbólicas, dando por tanto también lugar a la impredecibilidad. (Véase, por ejemplo: Tegmark 1997).

### 3.2.5 El efecto de suprimir algunas de las fuerzas de la naturaleza [↑](#)

Si elimináramos cualquiera de las fuerzas de la naturaleza que existen de hecho en el universo, no habría forma de obtener estructuras complejas, o al menos no estructuras biológicas (y en general químicas):

«Desconecte la gravedad y no habrá nada que lleve a la materia a colapsar en galaxias, estrellas y planetas, o en realidad en ninguna estructura. Desconecte el electromagnetismo y no habrá química ni nada que mantenga a los electrones ligados a los núcleos. Desconecte la fuerza fuerte y no habrá núcleos, y por tanto se habrá condenado de nuevo a la química. [...] los análisis más detallados de producción de los elementos en las estrellas y supernovas han llegado a la conclusión de que la eliminación de la fuerza débil daría lugar a un universo sin oxígeno, y por tanto sin agua» (Lewis y Barnes 2016, 91-93).

### 3.3 El problema de la cuantificación del ajuste fino [↑](#)

El hecho del ajuste fino es admitido actualmente por la mayoría de los cosmólogos, astrofísicos y físicos de partículas. Pero hay una cuestión mucho más controvertida que es la de si cabe precisar numéricamente cuán fino es el ajuste de cada uno de los parámetros de la estructura del universo. O qué probabilidad hay de encontrar una estructura de leyes que genere un universo complejo dentro del conjunto de estructuras que pueden ser las leyes de un universo.

Se han realizado algunas propuestas sobre este particular, pero todas ellas requieren asumir hipótesis adicionales cuya verosimilitud no está garantizada.

Por ejemplo, ha habido autores, como Robin Collins (consúltese: Collins 2009 y 2005), que han propuesto medir el ajuste fino de las constantes asociadas a las fuerzas fundamentales partiendo de la observación de que la fuerza fuerte es 1040 veces mayor que la fuerza gravitatoria. Este número nos daría un rango mínimo de variación de las fuerzas de la naturaleza, que podríamos usar para contrastarlo con el rango de intensidad de cada una de ellas compatible con la existencia, por ejemplo, de la vida. Sin embargo, lo cierto es que no sabemos realmente si todas las fuerzas de la naturaleza podrían tomar cualquier valor dentro de ese rango, o no. Por lo que la medida que propone Collins no constituye más que un punto de apoyo heurístico.

Por otra parte las estructuras permisibles como leyes de un universo podrían venir determinadas por el marco físico fundamental. Por ejemplo, si la teoría de cuerdas fuera realmente la clave arquitectónica de la naturaleza, entonces se calcula actualmente que hay un número de entre 10500 y 101000 posibles realizaciones de ese escenario. (Sobre este particular consúltese por ejemplo: Linde 2007 y Susskind 2007). Lo cual nos proporcionaría una base sobre la que plantear la cuestión de cuántos de esos universos posibles permiten la existencia de estructuras complejas. Sin embargo, como realmente no sabemos si la teoría fundamental es la teoría de cuerdas, proponer ese marco como base para calcular la probabilidad o improbabilidad de la existencia de un universo como el nuestro no pasa de ser otra opción especulativa.

En definitiva, cuando tratamos de pensar variaciones de la estructura de las leyes de nuestro universo, comprobamos que la mayor parte de las veces obtenemos un universo inerte y monótono, carente de complejidad. Y a este hecho lo llamamos «ajuste fino» de las leyes y constantes de nuestro universo. Sin embargo, el intento de cuantificar cómo de fino es ese ajuste tiene que apoyarse en afirmaciones sobre cuál es el rango posible de variación de los distintos parámetros o aspectos estructurales que se pretende modificar. Y este paso sólo puede llevarse a cabo sobre la base

de conjeturas más o menos plausibles.

## 4 Posibles explicaciones del ajuste fino [↑](#)

Ante la acumulación creciente de casos de posible ajuste fino biófilo de las leyes de la naturaleza, se plantea la cuestión de cómo explicar el dato del ajuste fino. En este apartado se resumen brevemente las principales propuestas discutidas hasta el momento.

### 4.1 ¿Falacia? [↑](#)

Según un pequeño grupo de autores, de entre los que destaca ante todo Victor Stenger, todo el tema está mal planteado. De forma que, si se analiza y calcula bien, en ninguno de los casos que se han propuesto de ajuste fino se requiere tal ajuste. (Véase al respecto: Stenger 2011).

Lo que Stenger, y otros, sugieren, es que, por lo común, los ejemplos de ajuste fino que se proponen sólo tienen en cuenta la variación de un parámetro, sin considerar que con frecuencia las variaciones de otros parámetros a la vez pueden compensar el efecto estudiado. Asimismo argumentan que muchos detalles de la dinámica cósmica que parecen finamente ajustados en realidad se explican por la física que subyace a ellos. De manera que en realidad no hay ajuste posible, porque la física no deja otras opciones abiertas.

Este tipo de resolución «desenmascaradora» del enigma del ajuste fino, cuenta hoy sin embargo con pocos partidarios. Principalmente porque sus argumentos han sido objeto de pormenorizadas críticas, con abundante propuesta de contraejemplos. (Consúltese al respecto por ejemplo: Barnes 2012 o Lewis y Barnes 2016).

### 4.2 ¿Azar? [↑](#)

Aceptado el ajuste fino de las leyes y constantes del universo como un dato real, entonces la propuesta explicativa más sencilla tal vez podría ser el recurso al azar:

Se afirmará entonces que el universo tenía que estar regulado de alguna manera, y la que observamos ha sido la regulación afortunada con la existencia.

De manera que, a la pregunta sobre por qué precisamente se rige la naturaleza por unas leyes tan marcadamente biófilas, se responderá que hemos tenido suerte, simplemente. Si hubieran sido otras las leyes agraciadas, probablemente el universo sería estéril. Pero entonces no habría nadie preguntándose por el porqué de las mismas.

No obstante, muchos autores no se sienten conformes con esta explicación. Y la razón la explica por ejemplo el cosmólogo Martin Rees con las siguientes palabras:

«A mí esta respuesta no puede satisfacerme realmente. En este contexto quiero mencionar una reflexión del filósofo canadiense John Leslie: Suponga que se encuentra usted frente a un pelotón de cincuenta tiradores de precisión, que apuntan todos contra usted, pero todos fallan el tiro. Si alguno de los tiradores no hubiera fallado, usted no habría sobrevivido, y no podría pensar más sobre este problema. Sin embargo, usted seguramente no se conformaría con eso. Estaría sorprendido, a pesar de todo, y buscaría razones más profundas de su suerte. Pues bien, justo en ese mismo sentido deberíamos también nosotros continuar preguntándonos y reflexionando sobre por qué las leyes y condiciones únicas del mundo físico permiten las consecuencias tan interesantes que observamos (y de las cuales somos una parte)» (Rees 2003, 173-174).

### 4.3 ¿Necesidad? [↑](#)

Otra posibilidad a considerar es la de que, en realidad no exista ninguna alternativa a las leyes de la física que realmente se dan. En cuyo caso tampoco habría ajuste de ningún tipo: existiría simplemente lo que puede existir.

En la versión más fuerte de este planteamiento, se conjetura que tal vez no haya más que una combinación consistente de leyes de la naturaleza. Lo que supondría un regreso a la identificación entre orden natural y necesidad lógica, tan común en el pensamiento griego clásico. El problema principal de esta opción es que, de entrada, cabe realmente definir muchas estructuras matemáticas consistentes, y muy diferentes entre sí, que podrían ser interpretadas como legislación de un universo posible.

Un escenario más débil (pero inicialmente quizás menos problemático) es por ello el que se daría si las leyes de una hipotética teoría física final fueran tales que no contuvieran parámetros libres (con lo que se eliminaría al menos la pregunta de por qué las constantes de la naturaleza adoptan unos valores y no otros). Sin embargo, todos los esfuerzos que se han realizado hasta ahora en busca de un escenario así han sido en vano. El último de los intentos en este sentido ha sido, posiblemente, el de la teoría de cuerdas. En palabras de Vilenkin:

«La esperanza de los teóricos de cuerdas era que al final la teoría proporcionaría una única compactificación que describiría nuestro mundo, y podríamos tener finalmente una explicación de los valores observados de los parámetros físicos. [...] Pero gradualmente comenzó a emerger una imagen muy diferente: la teoría parecía permitir miles de compactificaciones diferentes» (Vilenkin 2006, 160).

Por ello, a estas alturas ya no quedan apenas físicos que alberguen la esperanza de que se pueda concluir que la forma de ser del mundo es inevitable. Ni siquiera en la versión más modesta de mostrar que los parámetros, ya que no las leyes fundamentales, han de ser necesariamente como son.

### 4.4 ¿Multiverso? [↑](#)

Una posible explicación del ajuste fino de las leyes y constantes de la naturaleza que se ha discutido mucho en los últimos años es la hipótesis del multiverso (Sobre la hipótesis del multiverso y sus variantes principales consúltese, por ejemplo, Carr 2007).

La sugerencia central de esta propuesta consiste en interpretar el hecho del ajuste fino constatado en las leyes de la naturaleza como un efecto de perspectiva antrópica. En otras palabras: Se afirma que la realidad física es mucho más vasta de lo que nunca habíamos sospechado, y que contiene ante todo numerosos universos dotados de diferentes leyes, constantes y condiciones de contorno. Seguramente la mayor parte de ellos son incompatibles con nuestra existencia. Pero está claro que nunca observaremos tales universos, puesto que no podemos vivir en los mismos. Obviamente habitamos uno de los (con toda probabilidad escasos) dominios de la realidad en los que se dan las condiciones adecuadas para la existencia de vida como la nuestra. De forma que no debemos extrañarnos del carácter biófilo de las leyes de la naturaleza, puesto que nosotros hemos de hallarnos por fuerza en uno de los oasis favorables a la vida dentro de la inmensa pléyade de universos.

En definitiva: el ajuste fino constituiría un efecto de nuestra peculiar situación dentro del multiverso.

Sin embargo, tampoco esta explicación se encuentra libre de problemas. (Acercas de la explicación del ajuste fino por medio del multiverso, y sus problemas, puede consultarse por ejemplo: Soler Gil 2013, cap.3; Soler Gil y Alfonseca 2014; y Soler Gil 2016, cap.4).

Para empezar, y si exceptuamos el escenario del multiverso matemático propuesto por Max Tegmark (consúltese Tegmark 1998; Tegmark 2004; Tegmark 2007), que contendría universos cuyas leyes realizan todas las estructuras matemáticas consistentes, los modelos del multiverso que se han propuesto hasta ahora realizan un número muy pequeño de estructuras, dentro del conjunto de todas las estructuras físicas posibles. De manera que el hecho de que al menos una de las realizadas sea un universo apto para la vida no deja de resultar sorprendente. (Consúltese al



respecto, por ejemplo: Stoeger 2007). La pregunta que se plantea en ese caso es la de por qué existe un multiverso biófilo. O, en palabras de Davies: «Los multiversos solamente desplazan el problema a un nivel más alto» (Davies 2007, 497).

El multiverso matemático de Tegmark resuelve, ciertamente, esta dificultad, puesto que en él se realizan todas las estructuras. Pero el problema que surge entonces es que, si habitáramos en tal multiverso, ¿cómo dar cuenta del hecho de que vivamos concretamente en un universo de estructura mucho más sencilla de lo que sería preciso para que pudiéramos habitarlo, siendo así que la mayor parte de los universos habitables poseen leyes más complicadas que el nuestro?

Paul Davies explica el nuevo problema del modo siguiente:

«La explicación del multiverso nos llevaría a esperar que habitáramos un universo que posee el grado mínimo de orden consistente con la existencia de observadores. Por consiguiente, deberían estar permitidas las desviaciones del orden, o de la legalidad, que no constituyen una amenaza desde el punto de vista biológico. Por poner un ejemplo sencillo, consideremos la ley de conservación de la carga eléctrica. La carga del electrón podría fluctuar alegremente en, digamos, una parte entre 10<sup>6</sup> sin perturbar la bioquímica. Pero de hecho la medida del momento magnético anómalo del electrón determina la carga eléctrica hasta once decimales significativos —una estabilidad mucho mayor que la requerida para garantizar la viabilidad de los organismos vivos—. De manera que, o bien la carga eléctrica resulta fijada por una ley de la naturaleza, en cuyo caso el multiverso no puede ser invocado para explicar este aspecto particular del orden cósmico, o hay alguna profunda ligadura entre la carga del electrón y algún aspecto de la física del que depende la existencia de la vida de modo mucho más sensible. Pero es difícil ver cuál podría ser» (Davies 2007, 492-493).

En general, la reflexión acerca de las leyes de la naturaleza pone de manifiesto, no sólo su carácter posibilitante de la aparición de estructuras complejas, y particularmente de la vida, sino también la inusitada sencillez de dichas leyes. Una sencillez mucho mayor de lo que cabría esperar viviendo en un multiverso, y sobre todo en el multiverso matemático. De nuevo en palabras de Davies:

«[...] hay muchas vías para que las leyes de la física que observamos pudieran ser más complejas sin amenazar la existencia de la biología: leyes no computables, fuerzas que varían en el tiempo de una forma complicada sin afectar en su mayor parte a la química, legiones de fuerzas débiles adicionales que no afectan sustancialmente la formación de galaxias, estrellas y planetas, millones de especies de neutrinos, etc. De hecho, la física del universo es extremadamente especial, en tanto que es simple y al mismo tiempo comprensible para la mente humana» (Davies 2007, 494).

De lo que se sigue, en suma, que los multiversos nunca tienen el tamaño adecuado para explicar el ajuste fino de las leyes y las constantes de nuestro mundo, sino que necesariamente son o demasiado grandes o demasiado pequeños para semejante tarea: Si el multiverso se concibe tan grande como para explicar el carácter biófilo de las leyes, sin trasladar el enigma del ajuste fino al propio multiverso, entonces resulta demasiado grande para explicar la simplicidad de dichas leyes. Si, por el contrario, se concibe lo suficientemente pequeño como para descartar la existencia de buena parte de las variantes más complicadas de nuestro mundo, entonces sí que cabe entender la simplicidad de las leyes, pero en cambio no su carácter biófilo.

#### 4.5 ¿Diseño? [↑](#)

Por último, cabría considerar el ajuste fino del universo como un indicio de la existencia de una inteligencia diseñadora del cosmos: El universo parece como si estuviera diseñado para que en algún estadio de su despliegue fuera posible la vida inteligente. Y una explicación bastante sencilla de este hecho es que las leyes y las constantes de la naturaleza parecen concebidas a propósito, porque realmente han sido concebidas a propósito.

De hecho, el libro «Universos» de John Leslie —que constituye un clásico entre los estudios filosóficos del ajuste fino— concluye del modo siguiente:

«Es mucho lo que apunta a que sería sorprendente que se pudieran cumplir en alguna parte los requisitos para la vida, a no ser que sea verdadero lo siguiente:

que Dios existe o que existe una enorme cantidad de universos muy diferentes» (Leslie 1996, 204).

Más aún, a la vista de las notorias insuficiencias explicativas reconocidas entretanto por lo que se refiere a la hipótesis del multiverso, lo mismo que a las demás alternativas mencionadas en este apartado, la idea de la existencia de un plan cósmico gana en verosimilitud: Después de todo, bien podría ser que el aparente diseño del universo (o del multiverso) no sea aparente, sino real.

Ahora bien, conviene en todo caso no perder de vista que al proponer el diseño del cosmos como explicación del ajuste fino no estamos ofreciendo realmente una explicación científica, sino una interpretación metafísica de los datos que nos proporciona la ciencia: Es decir, lo que hacemos de este modo es mostrar la consistencia del dato científico con un marco interpretativo particular, teleológico.

Sobre este particular escribe, por ejemplo Gingerich:

«¿Fue planeado el universo?» [...] Esta pregunta planteada por mí no tiene ninguna respuesta en un sentido científico. Es una pregunta metafísica, cuya respuesta sólo puede proceder del pensamiento metafísico. [...] En el transcurso del tiempo desde la revolución científica se ha desarrollado una impresionante imagen global del mundo, extraordinariamente exitosa en sus explicaciones de cómo funciona el universo, según lo que Aristóteles llamaría una causa agente. Hoy en día los científicos, en tanto que científicos, juegan un juego de consistencia, y producen una imagen global que muestra cómo funciona todo, sin recurrir a causas finales o sobrenaturales. [...] Pero afirmo que no existe ninguna contradicción entre una fe firme en la existencia de un plan sobrenatural y el trabajo como científico creativo [...] La fe en un universo planeado requiere aceptar la teleología y la finalidad, y si esa finalidad incluye la llegada a la existencia de un ser inteligente que se asombre ante el universo y pueda examinar sus secretos, entonces el cosmos debe poseer propiedades que favorezcan la vida. Si bien se necesita el ojo de la fe para aceptar este pensamiento. [...] La ciencia sigue siendo un método explicativo neutral [...], pues no tiene otra posibilidad de proceder». (Gingerich 2008, 80-89).

Esto quiere decir que el científico, en tanto que científico, debe seguir en todo caso intentando buscar explicaciones «mecánicas» del dato del ajuste fino. Aunque como filósofo de la naturaleza sospeche que lo que está contemplando es el despliegue de un inmenso y hermoso plan cósmico. (Sobre la explicación del diseño como lectura metafísica en clave teísta del dato del ajuste fino puede consultarse, por ejemplo: Polkinghorne 2005 y Soler Gil y López Corredoira 2008).

## 5 Bibliografía [↑](#)

- Barnes, Luke. 2012. "The fine-tuning of the universe for intelligent life". *Publications of the Astronomical Society of Australia* 29, Issue 4: 529-564.
- Barrow, John y Tipler, Frank. 1986. *The Anthropic Cosmological Principle*. Oxford: Oxford University Press.
- Carr, Bernard (ed.). 2007. *Universe or Multiverse?* Cambridge: Cambridge University Press.
- Cohen, Bernard. 2008. "Understanding the fine tuning in our universe". *The Physics Teacher* 46, Issue 5: 285-289.
- Collins, Robin. 2005. "La evidencia del ajuste fino". En: *Dios y las Cosmologías Modernas*, editado por Francisco José Soler Gil, 21-47. Madrid: BAC.
- Collins, Robin. 2009. "The teleological argument: An exploration of the fine-tuning of the universe". En *Natural theology*, editado por William Lane Craig y John Moreland, 202-281. Oxford: Blackwell.

- Davies, Paul. 2007. "Universes galore: where will it all end?". En *Universe or Multiverse?*, editado por Bernard Carr, 487-505. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gingerich, Owen. 2008. *Gottes Universum*. Berlin: Berlin University Press.
- Goldberg, Elkhonon. 2008. *El cerebro ejecutivo. Lóbulos frontales y mente civilizada*. Barcelona: Crítica.
- Hogan, Craig. 2000. "Why the universe is just so". *Rev.Mod.Phys.* 72: 1149-1161.
- Hoyle, Fred. 1983. *The Intelligent Universe*. Londres: Michael Joseph Limited.
- Leslie, John. 1996. *Universes*. Londres: Routledge.
- Lewis, Geraint y Barnes, Luke. 2016. *A fortunate universe, Life in a finely tuned cosmos*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lindberg, David. 2002. *Los inicios de la ciencia occidental*. Barcelona: Paidós.
- Linde, Andrei. 2007. "The inflationary multiverse". En *Universe or Multiverse?*, editado por Bernard Carr, 127-149. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rees, Martin. 2001. *Our Cosmic Habitat*. Princeton: Princeton University Press.
- Rees, Martin. 2003. *Das Rätsel unseres Universums. Hatte Gott eine Wahl?*. Munich: Beck.
- Smolin, Lee. 2007. "Scientific alternatives to the anthropic principle". En *Universe or Multiverse?*, editado por Bernard Carr, 323-366. Cambridge: Cambridge University Press.
- Soler Gil, Francisco José. 2013. *Mitología Materialista de la Ciencia*. Madrid: Ediciones Encuentro.
- Soler Gil, Francisco José. 2016. *El Universo a Debate. Una Introducción a la Filosofía de la Cosmología*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Soler Gil, Francisco José y Alfonseca, Manuel. 2013. "Fine tuning explained? Multiverses and cellular automata". *Journal for General Philosophy of Science* 44: 153-172.
- Soler Gil, Francisco José y López Corredoira, Martín. 2008. *¿Dios o la Materia?*. Barcelona: Áltera.
- Stoeger, William. 2007. "Are anthropic arguments, involving multiverses and beyond, legitimate?". En *Universe or Multiverse?*, editado por Bernard Carr, 445-457. Cambridge: Cambridge University Press.
- Susskind, Leonard. 2007. "The anthropic landscape of string theory". En *Universe or Multiverse?*, editado por Bernard Carr, 247-266. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tegmark, Max. 1997. "On the dimensionality of spacetime". *Class.Quant.Grav.* 14 L69-L75.
- Tegmark, Max. 1998. "Is 'the theory of everything' merely the ultimate ensemble theory?". *Annals of Physics* 270 (1): 1-51.
- Tegmark, Max. 2004. "Parallel universes". En *Science and Ultimate Reality: from Quantum to Cosmos*, editado por John D. Barrow et al., 459-491. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tegmark, Max. 2007. "The multiverse hierarchy". En *Universe or Multiverse?*, editado por Bernard Carr, 99-125. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tegmark, Max; Aguirre, Anthony; Rees, Martin y Wilczek, Frank. 2006. "Dimensionless constants, cosmology and other dark matters". *Physical Review D* 73: 023505.

## 6 Cómo Citar [↑](#)

Soler Gil, Francisco José. 2017. "Ajuste fino". En Diccionario Interdisciplinar Austral, editado por Claudia E. Vanney, Ignacio Silva y Juan F. Franck. URL=[http://dia.austral.edu.ar/Ajuste\\_fino](http://dia.austral.edu.ar/Ajuste_fino)

## 7 Derechos de autor [↑](#)

DERECHOS RESERVADOS Diccionario Interdisciplinar Austral © Instituto de Filosofía - Universidad Austral - Claudia E. Vanney - 2017.

ISSN: 2524-941X

## 8 Herramientas académicas [↑](#)

### Recursos adicionales en línea

Número monográfico de la revista de filosofía «Naturaleza y Libertad» dedicado al ajuste fino de la naturaleza: [http://www.uma.es/naturalezaylibertad/Revista/Revista/Vol\\_5\\_2015.html](http://www.uma.es/naturalezaylibertad/Revista/Revista/Vol_5_2015.html)

Blog del astrofísico Luke Barnes dedicado al tema del ajuste fino: <https://letterstonature.wordpress.com/>

## 9 Agradecimientos [↑](#)

El autor quiere agradecer a los profesores Juan Arana, Francisco Rodríguez Valls, Concha Diosdado, Javier Hernández Pacheco y al resto de los componentes del seminario permanente «Naturaleza y Libertad», por las numerosas discusiones relacionadas con los temas de este artículo.