



El universo diseñado

Ángel Mª Rojas, S.J.

El Universo Diseñado

Por Ángel María Rojas, S.J.

Introducción

Los distintos campos del saber humano son muy interesantes porque, a través de ellos, se va conociendo mejor el Universo, el hombre y a Dios.

Pero hay una Ciencia que resulta fascinante pues, a lo largo de su historia, y especialmente en la actualidad, ha dado pasos de gigante, con descubrimientos que abren la inteligencia a dimensiones inesperadas. Esta Ciencia es la Astrofísica.

Hoy ha abierto nuevas ventanas hacia el conocimiento del Cosmos, del ser humano y, quizás especialmente, de Dios. Quizás por esta razón en esta Ciencia haya cada vez menos ateos o incrédulos. No, ciertamente, porque la Ciencia “pruebe” la existencia de Dios (nunca lo hará, porque no es su competencia), sino porque presenta unas premisas que nos pueden ayudar a comprender mejor lo que la Revelación nos dice.

Hay diversas “vías” para conocer a Dios. No son “pruebas de la existencia de Dios” en el sentido de las pruebas propias de las ciencias naturales, sino en cuanto “argumentos convergentes y convincentes”, que permiten llegar a verdaderas certezas.¹ Una de estas “vías” es el Universo, a través del cual se puede conocer a Dios como su origen y su fin.²

S. Pablo afirma refiriéndose a los paganos: “Lo que de Dios se puede conocer, está en ellos manifiesto: Dios se lo manifestó. Porque lo invisible de Dios, desde la creación del mundo se deja ver a la inteligencia a través de sus obras: su poder eterno y su divinidad” (Rm 1,19-20; cf. Hch 14,15.17; 17,27-28; Sb 13,1-9).



¹ Cfr. Catecismo de la Iglesia Católica, 31.

² Cfr. Catecismo de la Iglesia Católica, 32.

Y S. Agustín: "Interroga a la belleza de la tierra, interroga a la belleza del mar, interroga a la belleza del aire que se dilata y se difunde, interroga a la belleza del cielo... interroga a todas estas realidades. Todas te responden: Ve, nosotras somos bellas. Su belleza es una profesión ("confessio"). Estas bellezas sujetas a cambio, ¿quién las ha hecho sino la Suma Belleza ("Pulcher"), no sujeto a cambio?" (serm. 241,2).

Los hombres de todos los tiempos se han formulado unas preguntas básicas: "¿De dónde venimos?" "¿A dónde vamos?" "¿Cuál es nuestro origen?" "¿Cuál es nuestro fin?" "¿De dónde viene y a dónde va todo lo que existe?" Las dos cuestiones, la del origen y la del fin, son inseparables. Son decisivas para el sentido y la orientación de nuestra vida y nuestro obrar.³

La cuestión sobre los orígenes del mundo y del hombre está siendo objeto de numerosas investigaciones científicas, que enriquecen nuestros conocimientos sobre estos campos. Estos descubrimientos nos invitan a admirar la grandeza del Creador, a darle gracias por todas sus obras y por la inteligencia y la sabiduría que da a los sabios e investigadores. Con Salomón, estos pueden decir: "*Fue él quien me concedió el conocimiento verdadero de cuanto existe, quien me dio a conocer la estructura del mundo y las propiedades de los elementos... porque la que todo lo hizo, la Sabiduría, me lo enseñó*" (Sb 7,17-21).⁴

Sin embargo, el enorme interés que despiertan estas investigaciones está muy estimulado por una cuestión de otro orden, y que supera el dominio propio de las ciencias naturales. No se trata sólo de saber cuándo y cómo ha surgido materialmente el cosmos, ni cuando apareció el hombre, sino más bien de descubrir cuál es el sentido de tal origen: si está gobernado por el azar, un destino ciego, una necesidad anónima, o bien por un Ser trascendente, inteligente y bueno, llamado Dios.⁵

La inteligencia humana puede ciertamente encontrar ya una respuesta a la cuestión de los orígenes. En efecto, el Concilio Vaticano I explica cómo la existencia de Dios Creador puede ser conocida con certeza por sus obras gracias a la luz de la razón humana (DS: 3024; 3026).⁶ S. Pablo escribe: "*Lo invisible de Dios, desde la creación del mundo se deja ver a la inteligencia a través de sus obras.*" (Rm 1,20)

Estas páginas no pretenden ser exhaustivas (no es posible en tan pequeño espacio) ni definitivas, pues los descubrimientos siguen realizándose, y cada vez con más rapidez, dados los avances espectaculares de la tecnología actual. Únicamente procuran abrir perspectivas en las tres dimensiones más capitales de nuestra existencia: el Universo, el ser humano y Dios.



La Tierra vista desde la luna.

³ Cfr. Catecismo de la Iglesia Católica, 282.

⁴ Cfr. Catecismo de la Iglesia Católica, 283.

⁵ Cfr. Catecismo de la Iglesia Católica, 284.

⁶ Cfr. Catecismo de la Iglesia Católica, 286.

Nuestro lugar en el Cosmos: ¿Vulgar? ¿Especial?

El puesto que ocupamos en el Universo no es un tema sin importancia. Y más aún hoy, que ha dejado de ser una mera especulación científica o curiosa, para convertirse en fundamento de concepciones metafísicas y religiosas, porque, tras los números y cálculos, se va entreviendo, cada vez más clara, la Creación del Universo por un Ser Inteligentísimo.

Se hace cada vez más necesario tener las ideas claras sobre lo que la Ciencia dice hoy, no sólo por motivos de erudición o cultura, sino como ayuda en la dimensión religiosa y apostólica.

Hoy podemos dar un paso más: La Astrofísica actual no solamente nos proporciona suficiente fundamento para creer en la existencia de Dios, sino que nos hace entrever que ese Dios ha creado el Universo para el hombre y con un Proyecto especialísimo.

Nuestro Universo: ¿es eterno o comenzó a existir en algún momento?

Desde siempre el hombre ha estado en la persuasión de que Dios creó el Universo. Nadie cuestionaba la frase inicial del Génesis “*al principio creó Dios el Cielo y la Tierra*”.

A partir del siglo XVIII, siglo “de la Ilustración” o “de las Luces”, la opinión científica entonces en boga defiende que el Universo no había tenido principio y, por lo tanto, no había tenido que ser creado. Se consideraba que era infinito en su materia y eterno en cuanto al tiempo.

Esta hipótesis tenía la “ventaja” de evitar cuestionarse el origen de la materia, del espacio, del tiempo y de las leyes naturales. Y, por lo tanto, de un Dios Creador.

Muchos científicos materialistas, esforzándose para “explicar” los datos científicos de modo que Dios no fuera necesario, intentaron presentar sus argumentos con capa científica, proponiendo varios “Principios”.

Quizás el principal sea el “**Principio Copernicano**”.

No me refiero al Principio así llamado que se utiliza en Ciencia –“No hay centro en el Universo”-, sino al filosófico, extrapolación del anterior, también conocido como “**Principio de Mediocridad**” o “**Principio de Indiferencia**”, que enuncia que ninguna parte del Universo es más privilegiada que otra, que la vida sobre la Tierra no es especial, y que las Galaxias probablemente están llenas de otras civilizaciones.

Este principio toma el nombre de Nicolás Copérnico (1473-1543).

Hasta entonces, la astronomía se fundaba en el sistema de Ptolomeo, que colocaba a la Tierra en el centro del Universo.

Copérnico intuyó que el astrónomo y matemático griego Aristarco de Samos estaba en lo cierto al afirmar que la Tierra no ocupaba el centro del Universo, sino que describía una órbita anual alrededor del Sol. Lo desarrolló con más datos en su obra “*De revolutionibus orbium coelestium*”.

Esta nueva concepción suponía un cambio tan radical en la imagen que se tenía del Universo, tanto en el terreno físico como en el ámbito de las creencias, que se suele llamar “**Giro copernicano**” o “**Revolución copernicana**”.

Las implicaciones sociales y religiosas se resistían a aceptar una idea tan revolucionaria. Por eso la idea tardó mucho en llegar al hombre de la calle, que vivía en la evidencia del sistema geocéntrico de

Ptolomeo, que veía intuitivamente: el Sol salía por el oriente, recorría su camino y se ponía en el occidente.

Desde Copérnico, siempre ha habido científicos que han insistido en la vulgaridad de la Tierra, pero fundamentalmente para evitar consecuencias religiosas.

Por ejemplo, Carl Sagan⁷, el famoso astrónomo ateo divulgador, insiste en que somos insignificantes en el esquema cósmico.

Algunos cosmólogos actuales, como John Rees, especulan con la posibilidad de que nuestro Universo sea sólo un elemento, un “átomo” de un conjunto de infinitos Universos, llamado “**Multiverso**”. Cada uno de estos Universos tendría sus propias leyes físicas y su propia evolución cósmica. Con ironía comentaba el Cardenal Martini: “Ya no podemos decir ‘en qué mundo vivimos’ sino ‘en qué Universo vivimos’”.

El Principio Copernicano establece que no hay nada especial sobre el tiempo o el lugar de la Tierra en el Cosmos, por lo que puede haber más lugares ordinarios que extraordinarios en los que encontrarse vida inteligente. Eso significa que muchas estrellas pueden tener planetas habitables en los que puedan surgir seres inteligentes.

Pero en realidad pretende otro paso más profundo: «No estamos aquí con un propósito predeterminado. El Cosmos no se ha organizado teniéndonos en cuenta. Nuestra situación metafísica es tan insignificante como nuestra ubicación astronómica». Esta negación de proyecto previo va acompañada de una concepción materialista: lo material es lo único que existe y no tiene ninguna finalidad. Existe por casualidad, por azar, porque sí, sin más sentido.

Aunque esta concepción ha tenido algunos seguidores desde la antigüedad, como los epicúreos, sólo en la época moderna ha gozado de status de mayoría oficial entre la élite cultural, especialmente porque pone una base aparentemente científica al ateísmo o indiferentismo religioso. En determinados ambientes, quien lo pone en duda públicamente se retrata como retrógrado fundamentalista.

Ahora bien, es lógico que, quien desee que el “Principio Copernicano” sea algo más que una mera hipótesis arbitraria, deba presentar pruebas experimentales, de la misma manera que Einstein no nos pidió que aceptáramos sin más su Teoría General de la Relatividad, sino que sugirió medios concretos para comprobarla empíricamente. No debemos presuponer el Principio Copernicano sin pruebas rigurosas.

Pero el Principio Copernicano tiene un problema decisivo: no está basado en datos científicos, sino en prejuicios, porque, de otro modo, tendrían que aceptar una Creación inicial.

Partiendo de la Astronomía, de la Cosmología o de la Física y Biología, se demuestra que el Principio Copernicano es falso. Veámoslo brevemente desde su ámbito natural: la Astronomía.

Entre 1915 y 1916, la Teoría General de la Relatividad le hizo deducir a **Albert Einstein** que el Universo estaba expandiéndose. Pero no le agradó esta conclusión, porque la idea que existía entonces era la de un Universo en equilibrio constante, apacible, inmutable, estático y eterno. Así no hacía falta plantear qué había ocurrido “en el comienzo”.

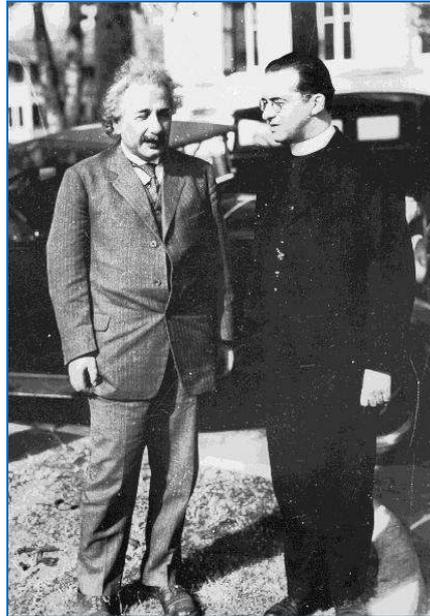
Para mantener la idea del equilibrio eterno, en 1917 introdujo, de forma arbitraria, una variable, la famosa “**Constante Cosmológica**” (λ). Pretendía demostrar que, en escalas muy grandes, el Universo es homogéneo e isotrópico, es decir, que la materia está igualmente distribuida y el Universo se presenta igual en cualquier dirección.

⁷ Carl Sagan: “Un Punto Azul Pálido”, 1994. *Editorial Planeta*.

Posteriormente, identificaron la “**Constante Cosmológica**” de Einstein con el “**Principio Copernicano**”.

En torno a 1920, el ruso **Aleksandre Friedmann**, estudiando la Teoría General de la Relatividad, se dio cuenta de que, si dejaba a un lado la “Constante Cosmológica”, todos los resultados eran de un Universo en expansión, lo cual implicaba que «en algún momento del pasado, entre diez y veinte mil millones de años, la distancia entre las Galaxias debía de haber sido cero».

Einstein admitió que sus ecuaciones de campo eran matemáticamente correctas, pero no quiso aceptar las consecuencias.



*El sacerdote católico belga,
Georges Lemaître, en un
encuentro con **Albert Einstein***

En 1931, el sacerdote católico belga, **Georges Lemaître**, sin conocer los estudios de Friedmann, y basándose también en las ecuaciones de Einstein, describió cómo el Universo se originó en la explosión de lo que él llamó un «**Átomo primitivo**» o «**Huevo cósmico**».

El Universo había comenzado en un “estado singular”, en medio de una gran “**explosión**” (**Bang**) creadora.

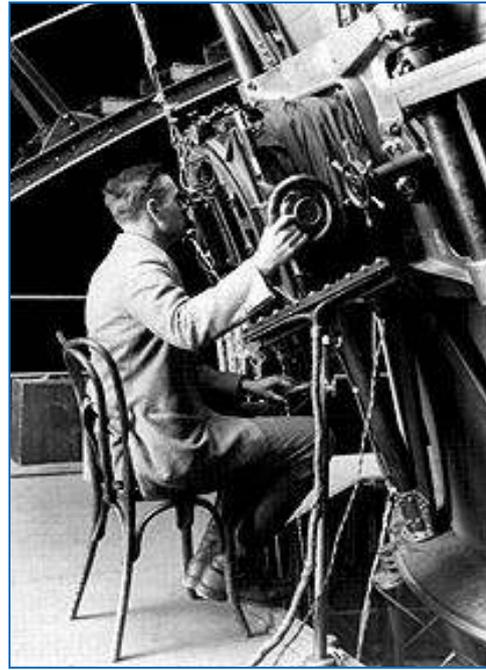
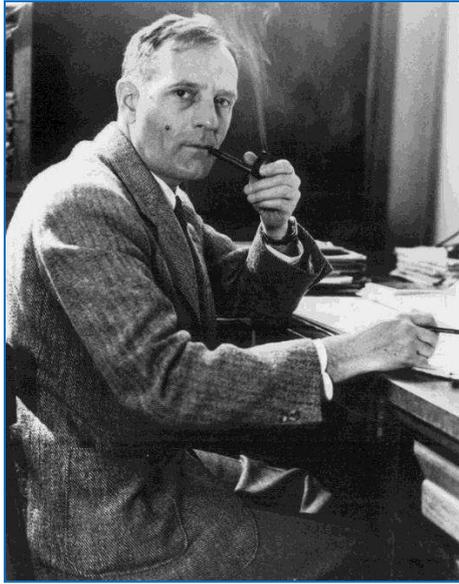
Lo explicaba utilizando la imagen de unos grandiosos fuegos artificiales: "La evolución del mundo puede ser comparada a una exhibición de fuegos artificiales que acaba de finalizar: algunos residuos rojos, cenizas y humo. Puesto en funcionamiento a partir de estas enfriadas cenizas, vemos el lento desvanecimiento de innumerables soles y tratamos de recordar el desaparecido fulgor que dio origen a los mundos".

También predijo que se podría detectar la radiación remanente de la explosión de ese “Átomo Primitivo”. Lemaître publicó el resultado de sus estudios en la revista inglesa “Nature”, en un artículo que ha sido llamado "*La Carta Magna de la teoría del Big Bang*".

Por ser sacerdote católico e insinuar que tendría que haber habido una Creación, fue muy mal recibida su teoría.

Lemaître comunicó sus resultados a Einstein, pero éste estuvo brusco y seco con él: "*Sus cálculos son correctos, pero su visión física es abominable. Eso recuerda demasiado al Génesis: ¿se nota que es Vd. sacerdote?*".

Edwin Hubble, en el telescopio Hooker del Observatorio Monte Wilson.



Edwin Hubble, utilizando el telescopio Hooker del Observatorio Monte Wilson, el más potente del mundo en aquella época, descubrió que muchas estrellas no formaban parte de nuestra Galaxia como se pensaba, sino que se trataba de Galaxias distintas de la Vía Láctea. Logró medir distancias, ampliando los límites del Universo conocido hasta entonces.

En 1929, estudiando el desplazamiento al rojo en las rayas del espectro de la luz, descubrió que cuanto más lejos de nosotros está una Galaxia, se aleja a más velocidad, por lo que nos llega su luz más enrojecida, en un "Corrimiento al rojo".

Estableció la relación entre la velocidad a la que se alejan las Galaxias y la distancia, conocida como "Ley de recesión de Galaxias", o "Ley de Hubble", evidencia de la expansión del Universo y una de las más importantes de la teoría del origen del Cosmos.

Al comprobar experimentalmente que las Galaxias se alejaban en todas direcciones, demostró que la teoría de Lemaître era cierta.

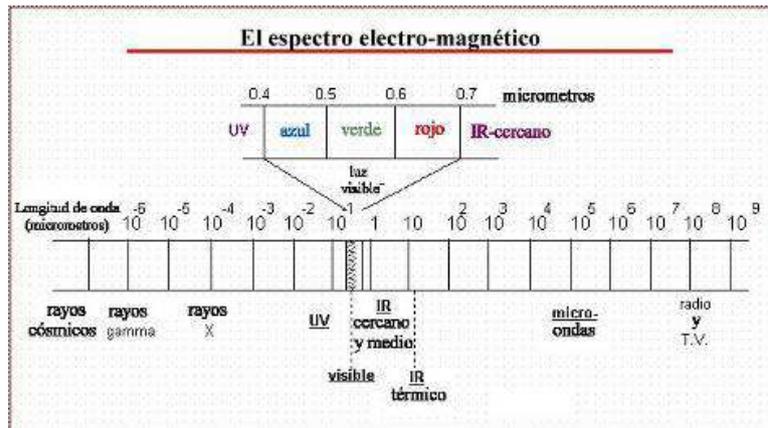
Al conocer el descubrimiento de Hubble, **Einstein** realizó un viaje a California para comprobarlo por sí mismo.

Como resultado de los trabajos teóricos de Lemaître y los descubrimientos experimentales de Hubble, se arrepintió de su "Constante Cosmológica", y la llamó de un modo que se hizo famoso: la «gran metedura de pata» de su carrera.

El viejo profesor de Lemaître, **Sir Arthur Eddington**, probablemente el científico más influyente de la época, tampoco estaba dispuesto a hablar de comienzos cósmicos: "*Filosóficamente, la noción de un principio para el presente orden de la Naturaleza es repugnante*". En su lugar, proponía un Universo eterno con una cosmología constante.

Pero su teoría planteaba tantos problemas, que muchos astrónomos fueron aceptando el modelo de Lemaître.

En 1932, Eddington rectificó su actitud publicando un manuscrito que le había entregado Lemaître, lo que constituyó un signo definitivo de aprobación.



Como Einstein y Eddington, muchos astrónomos del comienzo del siglo XX creían en un Universo eterno y estático.

- Cuando Hubble descubrió la relación entre los corrimientos al rojo y las distancias de las Galaxias y dedujo de ello la expansión del Universo, surgió el “**Modelo Cosmológico del Big Bang**”, que implica que el Universo y el Tiempo tienen un principio y filosóficamente lleva a la conclusión de que debe tener una causa externa que lo traiga a la existencia. Muchos científicos, ante las observaciones experimentales de Hubble y la rectificación de Einstein, aceptaron que el Universo se estaba expandiendo, lo que implicaba un comienzo.
- Otros no quisieron aceptar las consecuencias de un Universo en expansión y continuaron defendiendo un pasado eterno, sin aceptar la posibilidad de un comienzo, con sus consecuencias lógicas. Siguió defendiendo el Principio Copernicano.

Sus prejuicios contra un comienzo del Universo, y basándose siempre en el “Principio Copernicano”, les impulsaron a pensar otras hipótesis, formulando el “**Modelo estándar de Universo Estacionario**”, que tratan de presentar soluciones a las ecuaciones de campo de Einstein describiendo un Universo sin cambios significativos cuando se mide a lo largo de largas escalas de tiempo.

Iremos viendo los tres “Modelos” posibles, para determinar cuál es el que mejor explica el estado del Universo en el marco de los últimos descubrimientos.

En 1948, **Hermann Bondi** (quien decía que la religión era “un vicio pernicioso”), **Thomas Gold** y **Fred Hoyle** (sus padres, comunistas, murieron en el ateísmo más radical; en la vida de Hoyle Dios no tenía sitio), formularon el modelo de “**Estado Estacionario**”, “**Steady-state**”, también llamado “**Universo Isotrópico**”, según el cual, el Universo era eterno, sin principio ni fin.

Teniendo que admitir la expansión del Universo, introducen un “Principio Cosmológico Perfecto”: El Universo debe mostrar siempre el mismo aspecto, por lo que en cualquier volumen cósmico importante debe existir siempre el mismo número de masa.

Como por la expansión se alejan las Galaxias, este Principio Cosmológico exige que se ‘reponga’ la materia huída. Para ello continuamente deben ‘aparecer’ átomos de hidrógeno (H) -salidos de la nada-, para que se puedan ir convirtiendo en Galaxias, estrellas, etc., llenando así los huecos dejados por las que se alejan.

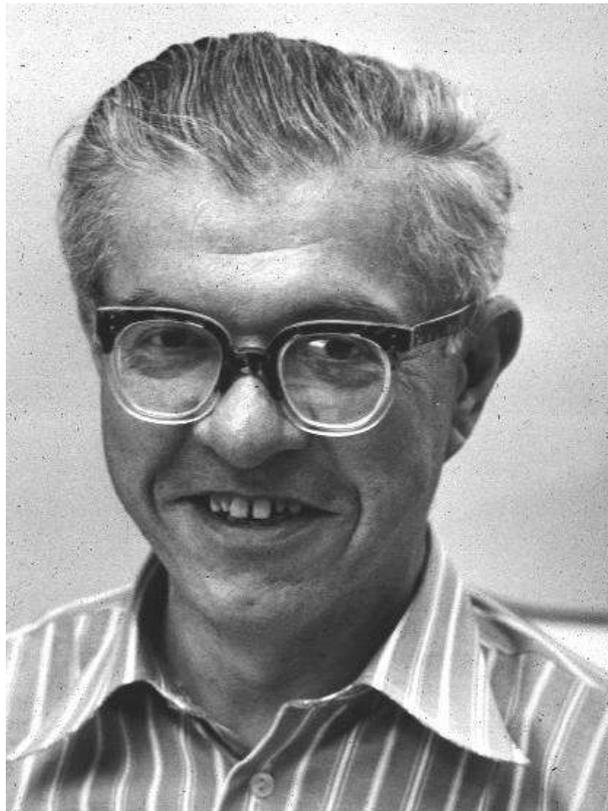
De esa nueva materia se organizan nuevas Galaxias, que llenan los huecos que dejan las que huyen en la expansión.

Deberá aparecer un átomo de H por litro de espacio cada mil millones de años. Algo así como un átomo por año en un volumen como el del Palacio Real de Madrid. En el Universo tendría que aparecer el equivalente de 50.000 soles por segundo.

Fred Hoyle⁸ (Univ. de Cambridge), lo explicaba así: "De vez en cuando pregunta la gente de dónde viene la materia creada. Pues bien, no viene de ninguna parte. La materia simplemente aparece, es creada. En un momento dado, los átomos que componen la materia no existen, y en el momento siguiente existen. Esta puede parecer una idea extraña, y concedo que lo es, pero en la ciencia no importa lo extraño de una idea, con tal que las consecuencias sean aprovechables y estén de acuerdo con la experiencia..."

De este modo conservaban un Universo en expansión, evitando la necesidad de un principio. Naturalmente, esta teoría fue muy bien acogida por el marxismo ateo.

Fred Hoyle formuló el modelo de "Estado Estacionario", "Steady-state", también llamado "Universo Isotrópico", según el cual el Universo era eterno, sin principio ni fin.



Crítica del "Estado Estacionario".-

Este modelo del "Estado Estacionario" tiene dificultades graves que conducen a su falsedad:

- ♦ El helio (He) que se forma en las estrellas no basta para explicar la enorme cantidad que existe en el Universo (1/4, frente a 3/4 de hidrógeno)
- ♦ Pocos días después de que Hoyle lanzara su teoría, Marin Ryle publicaba los datos que había ido acumulando durante dos años con observaciones de más de 2.000 estrellas radiofuentes: su distribución en el espacio distaba enormemente de la supuesta homogeneidad predicha por Hoyle.

⁸ "The Nature of the Universe", Oxford, 1951, pg. 105.

- ♦ Los astrónomos J. Stebbins y A.E. Whitford estudiaron nebulosas en cúmulos de Galaxias lejanas. Comprobaron que tenían un enrojecimiento mucho mayor del que correspondía al mero efecto Doppler, y que aumentaba con la distancia. Este exceso había que atribuirlo a un exceso de estrellas gigantes rojas en las Galaxias más alejadas.
El "Efecto Stebbins-Whitford" encaja muy bien con la teoría de la expansión del Universo, pero no con la hipótesis de Hoyle en su "Principio Cosmológico", que exigiría un espectro igual para todas las Galaxias. Posteriores observaciones dieron los mismos resultados.
G.J. Whitrow⁹: "Si el trabajo de Whitford se confirma, la teoría del Estado Estacionario habrá de ser rechazada".
- ♦ Además, ¿de dónde saldría la materia creada continuamente?
H. Dingle (Profesor de Historia y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Londres): "La hipótesis de la creación continua de materia nos exime de postular un único milagro inicial (el de la Creación de nuestro dogma), pero a condición de que admitamos una serie continua de ellos". Para negar una creación inicial, defendían la creación continua y, además, ¡de la nada!".

Los astrofísicos que no estaban influenciados por conceptos previos, veían el modelo de "Estado Estacionario" como algo ridículo, que resultaba más difícil de aceptar que el hecho de la Creación por un Ser superior.

George Gamow¹⁰ escribió irónicamente: "*En el principio Dios creó la radiación y el ylem. [Entonces Dios empezó a dar nombre a los elementos] y con la excitación del momento, Dios olvidó crear el número cinco, y por eso no pudieron formarse elementos más pesados.*

Dios estaba muy contrariado y primero quiso contraer el Universo de nuevo, y empezarlo todo desde el principio. Pero eso sería demasiado simple. Así que, siendo todopoderoso, Dios decidió corregir su error de la manera más imposible.

Y Dios dijo: "Hágase Hoyle". Y allí apareció Hoyle. Y Dios miró a Hoyle... Y le dijo que fabricara los elementos de cualquier forma que a él le complaciera.

Y Hoyle decidió fabricar los elementos pesados en las estrellas y esparcirlos a todos los lugares mediante las explosiones de supernovas."

Fracaso del "Estado Estacionario"

Hoyle y sus colaboradores intentaron repetidamente modificar su teoría, para incluir los nuevos datos, cada vez de manera más artificial, hasta que al final tuvieron que conceder su derrota, abandonando esta teoría.

⁹ Brit. Jour. Phil. Sc. 5(1954-55), 225.

¹⁰ En su autobiografía My World line.

En el mismo empeño de defender un tiempo eterno, otros científicos propusieron un segundo “**Modelo Cosmológico**”, que se denominó “**Universo Pulsante**”, **Cíclico, Oscilante, Cerrado o Hiperbólico**.

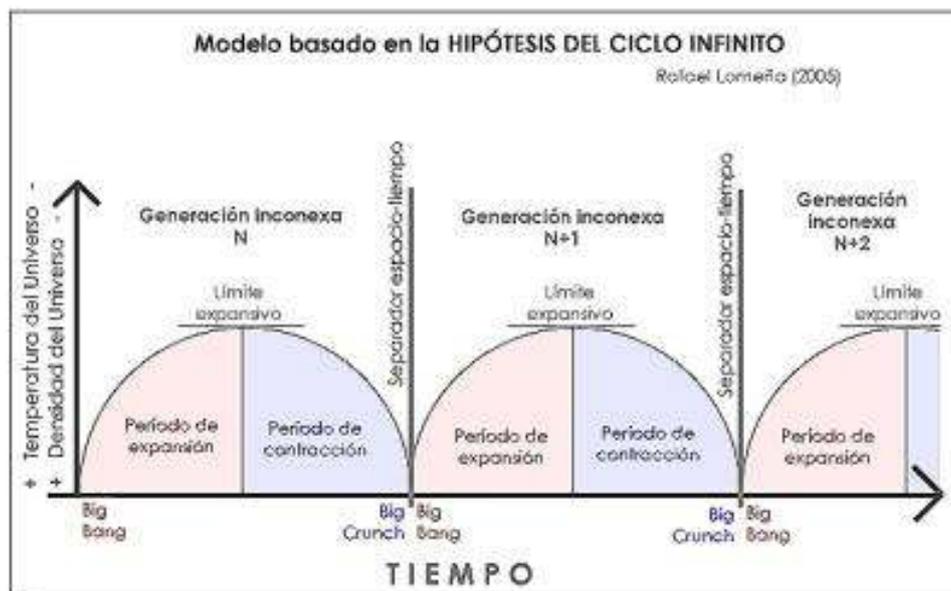
El primero en formularlo fue el físico **Richard Tolman**, del Instituto Tecnológico de California, que publicó sus propuestas en 1934.

Nuestro Universo en expansión está sometido a dos fuerzas opuestas: de expansión, debido a la Gran Explosión, y la gravitatoria.

Partiendo de la hipótesis de que vencerá la fuerza gravitatoria a la de expansión, propusieron que la velocidad inicial de la explosión inicial tenderá a disminuir, de modo que las Galaxias irán frenando su velocidad hasta detener su velocidad y separación, momento en el que, venciendo únicamente la fuerza de la gravedad, se cambiará el sentido del movimiento, tendiendo a que las Galaxias comiencen a moverse en sentido opuesto, yendo a su encuentro mutuo, hasta el punto y momento cero, en que todas estarían en el punto inicial, tras un colapso total (Big Crunch, en oposición al Big Bang).

Al volver a contraerse en un mismo núcleo, la enorme velocidad y la fuerza de su compresión originaría tal presión y temperatura, que volverían a explotar en una nueva Gran Explosión, para, a su vez, volver a implosionar de nuevo, y así sucesiva e indefinidamente en un movimiento cíclico de muy largos períodos.

Antes del ciclo que estaríamos viviendo ahora, habrían existido muchos Universos muy semejantes al actual que, después de haberse expandido, se contrajeron y formaron el «ylem» o gran átomo primigenio.



El modelo de un “Universo Pulsante” alcanzó su máxima popularidad entre los finales de los años 50 y comienzo de los 60.

Según esta hipótesis el Universo no necesitaría haber tenido principio ni tendría fin, armonizando con la doctrina de una materia eterna.

Dicke comenzaba un famoso artículo en el *Astrophysic Journal* en 1965 afirmando que un Universo pulsante, con su eterna existencia, "nos libera de la necesidad de comprender el origen de la materia en cualquier punto finito en el pasado".

Crítica del “Universo Pulsante”.-

A primera vista esta teoría es posible, pero... ¡es falsa!

- ♦ Este modelo cosmológico presenta una dificultad evidente: la segunda ley de la termodinámica, Ley fundamental de la Física, que indica que cualquier sistema aislado tiende a adquirir un grado de desorganización cada vez mayor, hasta alcanzar un estado de máximo desorden. Después de numerosos ciclos, un Universo pulsante sería totalmente caótico, cosa que no coincide con el que observamos.
- ♦ Por otra parte Roger Penrose y Stephen Hawking, de la Universidad de Cambridge, probaron que no existía ningún mecanismo capaz de producir pulsaciones. Demostraron que el Universo debía haberse originado a una densidad muchísimo mayor de la que se había contemplado y propuesto para el «rebote» de cada ciclo de un Universo pulsante.
La densidad crítica que permitiría la expansión de las Galaxias hasta frenarlas completamente en un tiempo infinito, corresponde a unos tres protones por m³. Si la densidad real fuera superior, las Galaxias se pararían y la gravedad invertiría su movimiento hasta juntarlas todas nuevamente. Si es menor, la expansión seguiría indefinidamente.
Sumada toda la masa (visible e invisible) sólo da un 10% de la densidad crítica. Repetidas mediciones confirman que no hay suficiente masa para cerrar el Universo en su expansión.
Desde Hubble se han descubierto velocidades galácticas que parece que superan con mucho el mínimo crítico. Por ejemplo, el Cúmulo de Boyero viaja a 136.000 Km/segundo; el Quasar 3C 9 a 240.000 Km/segundo.
- ♦ En el mismo año de 1934 **Richard Tolman** hacía notar que una infinitud de ciclos era inaceptable: La energía producida por las estrellas aumenta la **entropía** de cada ciclo, y el Universo tiene fases cada vez de mayor duración y alcanza mayor diámetro.
El filósofo de la ciencia **Stephen Meyer** indica dos problemas graves para esta teoría: “Tal y como Allan Guth mostró, nuestro conocimiento de la entropía sugiere que la energía disponible para el trabajo decrece con cada ciclo sucesivo. Así, es de suponer que el Universo habría alcanzado un equilibrio inerte hace tiempo, si hubiese existido durante una infinita cantidad de tiempo.
Pero hay más: medidas recientes sugieren que el Universo tiene solamente una fracción de la masa requerida para crear una contracción gravitacional.”
- ♦ Si el Universo fuera cerrado, al colapsarse las Galaxias y caer sobre sí mismas, formarían un **agujero negro** con toda la masa del Universo, sin posibilidad de un nuevo rebote, y más “ordenado”.
- ♦ La hipótesis del “Universo Pulsante” fue rechazada por muchos científicos de primera línea, como Sir Arthur Eddington, James Jeans, Steven Weinberg, John A. Wheeler, etc.
- ♦ El mismo Allan Rex Sandage, que había sido defensor de esta teoría, reconoció que retractaba su opinión, ante un Congreso Internacional. Confesó que no había pruebas suficientes para ella, y que “las observaciones astronómicas iban contradiciendo su teoría”. Sandage era de origen judío, pero a los 60 años se convirtió al cristianismo. A la pregunta de “¿Puede alguien ser científico y cristiano a la vez?”, respondió: “Sí. El mundo es demasiado complejo y sus partes están demasiado interconectadas como para que todo sea debido al azar.”
- ♦ Los más recientes datos (de Gunn, Tinsley, Oke, etc) excluyen todos los modelos que lleven a un nuevo colapso.

- ♦ La prueba final de su falsedad la proporcionó el descubrimiento de la radiación de fondo.
- ♦ Hoy podemos añadir otra dificultad para un “Universo Oscilatorio”: la evidencia de una reaceleración de la expansión cósmica. La expansión del Universo no está ralentizándose como para pensar en una posible contracción, sino que está acelerándose.
- ♦ Hoy esta teoría está totalmente descartada.

Ante la realidad de los datos, la extrapolación filosófica del “Principio Copernicano” cae por su base. La evidencia muestra un Universo único, en expansión, ajustado con precisión y con un pasado finito.



Se descubre el eco de la creación

En 1948, el físico ruso **George Gamow**, y los norteamericanos **Ralph Alpher** y **Robert Herman**, habían continuado desarrollando la teoría de Lemaître, considerando las consecuencias del nacimiento del Universo en una gran explosión.

*George Smoot y
el satélite COBE,
(COsmic Background Explorer o
Explorador de Fondo Cósmico).*



Calcularon que, yendo hacia atrás en el tiempo, podríamos llegar a un momento en el que la densidad de la materia evitaría el libre flujo de fotones, en el que materia y radiación estuviesen en «equilibrio térmico».

La temperatura y la presión serían suficientemente elevadas para ionizar la mayor parte del hidrógeno, el elemento más abundante. Antes de esto, los fotones no viajarían lejos antes de ser dispersados por electrones libres.

Al expandirse, el Universo se iría enfriando paulatinamente y hoy, unos quince mil millones de años después de la explosión, la “reliquia” de la radiación calorífica primigenia debería haber bajado hasta - 268 grados centígrados, es decir cinco grados por encima del cero absoluto, la temperatura mas baja permitida por la Naturaleza.

En 1950 Gamow predijo que si la teoría de la Gran Explosión era cierta, sería posible detectar el residuo fósil de tal radiación. Su energía radiante debería encontrarse hoy, bajo formas de ondas de radio, con una longitud de onda de aproximadamente 7 cms. y con unas características como si su origen fuese un cuerpo a unos pocos grados sobre el cero absoluto.

Desgraciadamente dudaron que esta radiación primigenia pudiera haber sobrevivido hasta nuestra época y ser detectada. Por lo tanto, la predicción de un fondo cósmico de radiación de cinco grados fue echada al olvido.

De hecho, durante varias décadas, no hubo evidencia directa que permitiese a los astrónomos decidir entre el Big Bang y el modelo de “Estado Estacionario”.



*Arno Penzias y Robert Wilson,
dos ingenieros estadounidenses
de la compañía Bell Telephone.*

En **1964**, dos ingenieros estadounidenses, de la Compañía Bell Telephone, **Arno Penzias** y **Robert Wilson**, descubrieron un exceso de ruido en una antena de radio, correspondiente a siete centímetros de longitud de onda, procedente de todas las direcciones del espacio y con la misma intensidad.

Este espectro de radiación de fondo equivalía al de un cuerpo oscuro emisor a 2,7 grados Kelvin, es decir, 273'15° C bajo cero.

No logrando entenderlo, y sin saber atribuirlo a ninguna fuente conocida de radiación, dedujeron que el origen del exceso de ruido era del espacio exterior.

Penzias y Wilson decidieron ir a la Universidad de Princeton, a unos pocos kilómetros de distancia, y discutir este asunto con un brillante físico, Robert Dicke.

Éste, no se había dado por satisfecho con la explicación de que la radiación de fondo hubiera desaparecido y había continuado buscando este fondo de radiación.

Precisamente **Robert Dicke** y sus colaboradores **Peebles**, **Roll** y **Wilkinson**, preparaban un artículo sugiriendo que las elevadas temperaturas de la Gran explosión debían haber causado una radiación universal con una temperatura de 3° K.

¡Cuál debió ser la sorpresa de Dicke cuando Penzias y Wilson le presentaron el descubrimiento fortuito del eco distante de la Gran Explosión! Aquella débil Radiación Cósmica de Fondo era vestigio del violento nacimiento del Universo. Era como el eco de aquella gigantesca explosión inicial. "El grito del Universo al nacer"

En un famoso número del "Astrophysical Journal Letters" de 1965 apareció un breve artículo de Penzias y Wilson con el modesto título de "Una medición de exceso de temperatura de antena a 4.080 MHz", anunciando un exceso de ruido en su antena equivalente a una radiación isotrópica de 3,5±1 K de temperatura, medida a una longitud de onda de 7 cm.

En el mismo número se publicaba un artículo de Dicke explicando el profundo significado de este hallazgo.

Este descubrimiento fue uno de los hechos más importantes de la Ciencia del siglo XX. Por eso, trece años después, en 1978, Penzias y Wilson recibieron el premio Nobel de Física.

Los cosmólogos comprendieron que con este hallazgo se había captado la reliquia del ruido de fondo procedente de la explosión inicial, del Big Bang que Lemaître había predicho, y les daba argumentos para aceptar la Teoría de la Gran Explosión.

Este descubrimiento inclinó el debate de aquel entonces entre las dos teorías cosmológicas más plausibles: la del “Estado Estacionario” y la de la “Gran Explosión”, asestando el golpe final al modelo del “Estado Estacionario”.

Los astrónomos “objetivos”, que no actuaban con prejuicios metafísicos o religiosos lo aceptaron.

En 1983, **Hoyle**, en un libro titulado “El Universo Inteligente”, reconoció la verdadera razón por la que en la década de los cincuenta se discutían aún estos temas: “estábamos aludiendo a cuestiones que amenazaban la cultura teológica sobre la que se fundamenta la civilización occidental”.

En dicho libro reconoció la existencia de una Inteligencia superior “que se acerca mucho a la idea judeocristiana de una inteligencia exterior al Universo”.

En 1990 se produjo la espectacular confirmación del espectro de la Radiación Cósmica de Fondo. Es uno de los más hermosos ejemplos jamás encontrados en la Naturaleza de la confirmación práctica de especulaciones teóricas: El 18 de noviembre de 1989 fue lanzado el satélite **COBE** (COsmic Background Explorer o Explorador de Fondo Cósmico), con el poco modesto objetivo de revolucionar nuestro conocimiento observacional en cosmología. Y lo consiguieron.

El 23 de abril de 1992, George Smoot, Director científico del proyecto, localizó energía-materia a unos 14.000 millones de años-luz de la Tierra, muy cerca de los confines del Cosmos. Se dijo que había podido “ver” el origen del Universo.

Con el Satélite COBE observó ligerísimas variaciones o irregularidades térmicas en la radiación cósmica de fondo descubierta por Penzias y Wilson.

Tras un detallado análisis de los datos proporcionados por este satélite, se pudo fijar la temperatura actual de la RCF con gran precisión en $2,728 \pm 0,02$ K.

Stephen Hawking calificó este hallazgo como “el más importante del siglo, quizá de todos los tiempos”.

El descubrimiento de las “arrugas” (variaciones térmicas en la radiación de fondo) apoyó definitivamente la teoría del Big Bang. Para Smoot “mirar el mapa (dibujado por el COBE) es como mirar a Dios”.

Después de presentar la primera medida directa de las fluctuaciones de la radiación cósmica de fondo, George Smoot, terminaba su libro "Wrinkles in Time" ("Arrugas en el tiempo") con las siguientes palabras: “El concepto religioso de la creación surge del asombro ante la existencia del Universo y el lugar que ocupamos en él. El concepto científico trasluce un asombro similar: estamos impresionados por la simplicidad última, el poder creativo de la naturaleza física y por su belleza en todas las escalas”.

El 12 de febrero de 2003, un satélite artificial fotografiaba con más perfección el Universo y deducía con más precisión que **el Big-Bang ocurrió hace 13.700.000.000 años**.

El descubrimiento de la expansión del Universo, junto con la aplicación de la Teoría General de la Relatividad, dio lugar en Cosmología al concepto de Creación en un pasado, calculable por los datos de Hubble.

Así nació la teoría del BIG-BANG o Gran Explosión, propuesta por el sacerdote belga Lemaître.

Esta teoría -con sus puntualizaciones posteriores- tiene como idea central que el Universo actual evoluciona con el tiempo, partiendo de un momento "Cero" en que toda la masa se encuentra en un volumen muy reducido y en condiciones extremas de temperatura y densidad.

Esto hizo que se reforzara otro modelo cosmológico: “**Universo Abierto**”, en expansión indefinida.

Crítica del “Universo Abierto”.-

Hay varias pruebas claves que apoyan la Teoría del Big-Bang:

- Por exclusión de las otras teorías: No hay más que tres alternativas para el Universo: Estacionario, Pulsante y Abierto. Es así que las dos primeras se han demostrado como falsas, luego la del “Universo Abierto” es la verdadera.
- La recesión real de las Galaxias, en la que la velocidad de expansión supera a la 'velocidad de fuga'.
- Recientes observaciones de supernovas que explotan en lejanas Galaxias han comprobado la aceleración de la expansión del Universo.
- La Radiación de fondo ha sido el argumento más fuerte desde 1965.
- El estudio de radiofuentes y de cuasares indica que su abundancia en el pasado era muy distinta de la que hoy detectamos en nuestras cercanías: los cuasares ya han apagado sus faros.
- Abundancia de helio (25% de la masa del Universo), que se encuentra en proporción idéntica en estrellas jóvenes y antiguas: tuvo que ser material primordial antes de que se formasen y evolucionasen las estrellas.
Lo mismo del deuterio (isótopo pesado del H): su abundancia de un átomo por cada 100.000 de H no puede explicarse por mera evolución estelar.
- Esta hipótesis concuerda con muchos datos ya establecidos.
Este modelo teórico es muy completo y está de acuerdo en todo detalle con los datos experimentales.
El gran cosmólogo ruso Jacob Zel'dovich exclamó: “la teoría de la Gran Explosión está tan firmemente establecida como la Mecánica de los cuerpos celestes”.
- Física nuclear: Si hubiera habido un Big-Bang debería hallarse una proporción concreta de deuterio y de helio, conforme a las predicciones de la teoría. Esta proporción se da.
- El descubrimiento de la "Radiación de fondo" fue el argumento definitivo.



“**Era fotónica**”: Es la época que abarcó desde cuando el Cosmos cumplía los cien segundos de edad hasta los 300.000 años. En ella se formaron los núcleos de los átomos más ligeros (H y He) y fotones (luz). Pero eran fotones muy energéticos, que colisionaban constantemente con los electrones libres, impidiéndolos situarse en órbita alrededor de los núcleos y formar los átomos. A su vez, la luz estaba aprisionada por los núcleos de H y He, por lo que durante los primeros trescientos mil años de existencia no había luz.

300.000 años después, la temperatura había descendido a unos 6.000°C.

Los fotones, menos energéticos, ya no podían impedir a los electrones estar en sus órbitas, y éstos se acoplaron a sus correspondientes protones del núcleo, dando lugar a los **átomos** más simples: H y He, que componen hoy el 99,9% de todo el Universo.

Quarks, protones, neutrones y electrones se acoplaron, porque eran las partículas idóneas en masa, densidad y carga y porque los unieron dos fuerzas fundamentales: **fuerza nuclear fuerte** y **fuerza nuclear débil**.

Sin esa doble circunstancia, no habría existido el Universo, tal como lo vemos.

Tras 300.000 años de dominio de la radiación, comienza el dominio de la materia.

Los fotones quedan liberados y el Universo se hace de repente transparente. Comenzó a emitirse la luz.

Microfísica: Los parámetros de las partículas elementales tuvieron que estar sujetos a límites muy estrictos.

- Un cambio de sólo el 2% en la fuerza nuclear fuerte habría hecho imposible la formación de protones a base de quarks, o volvería inestables los átomos esenciales para la vida.
- Cualquier mínimo cambio en las fuerzas electromagnéticas o en la carga del electrón haría imposible la existencia de estrellas con planetas, y la química orgánica base de la vida.
- Si la intensidad de fuerza que mantiene unidos a quarks, protones y neutrones en el núcleo (fuerza nuclear fuerte) hubiera sido ligeramente mayor o menor, tampoco se hubieran podido unir, formando átomos.
- La carga eléctrica de los electrones fue exactamente la misma que la de los protones, pero de signo contrario. Gracias a eso se formaron los átomos y la materia fue neutra, sin carga.

A esta igualdad y exactitud de cargas no le encuentran explicación los físicos.

Antes de continuar, es necesario hacer notar que, desde el primer momento de su existencia, el Universo comenzó a expandirse con un orden maravilloso y conforme a unas leyes enormemente ajustadas.

La tendencia natural debería ser la de nacer con un desorden caótico. Pero nació exquisitamente ordenado y estable.

Si hubiera que hacer la lista de Universos posibles, no cabría en una hoja de papel del tamaño del Universo observable. ¿Cómo pudo resultar éste tan ordenado?

El Big Bang fue un acontecimiento de sorprendente fidelidad, puesto que el Cosmos actual, tan altamente estructurado, no hubiera surgido si el Universo no hubiera estado exactísimamente ajustado desde un principio.

Paul Davies afirma: “El Big Bang no fue un simple estallido, sino una explosión de magnitud exquisitamente calculada. Una creación accidental (al azar) habría producido un Universo totalmente desordenado.”

Galaxias

En el espacio, a una temperatura de unos 263 °C bajo cero, se van formando nubes de H y He, con un 1% de polvo cósmico.

Esas nubes se aglomeran en estructuras que, contrayéndose por la fuerza de la gravedad, van formando Galaxias.

Una Galaxia es un conjunto de estrellas, nubes de gas y polvo y materia oscura unidos gravitacionalmente.

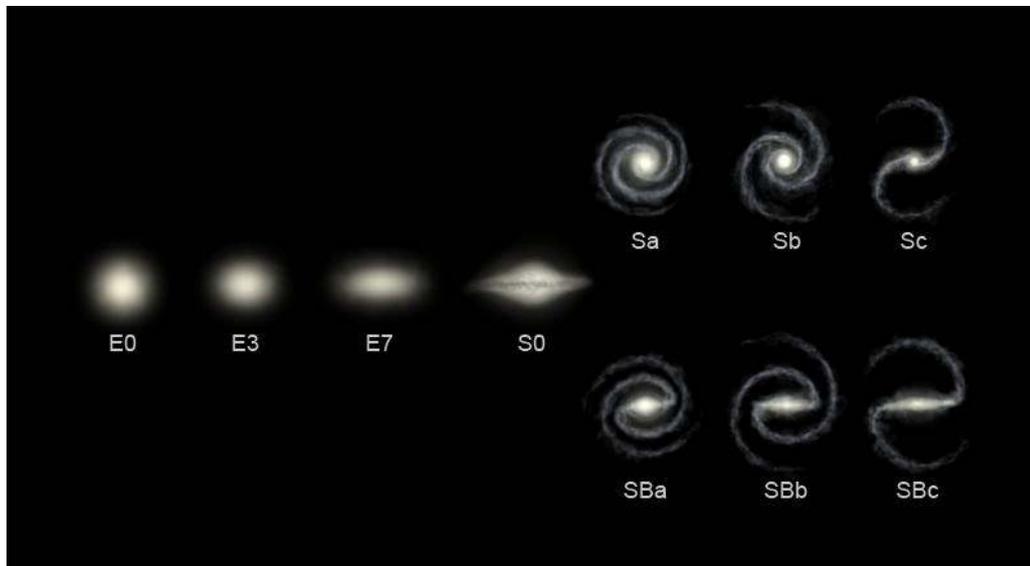
Dentro de las Galaxias hay nebulosas, cúmulos estelares y sistemas estelares múltiples.

La cantidad de estrellas que la forman varía de 10.000.000 a 1.000.000.000.000.

El origen del nombre proviene de la primera Galaxia identificada, la nuestra, a la que llamaron desde muy antiguo “Vía Láctea”, por su apariencia lechosa. La palabra griega “γάλα”, significa leche. De ahí se deriva la palabra “γαλαξία”, lechoso. A simple observación, el centro de nuestra Galaxia se ve como una masa blanquecina, lechosa.

Hay Galaxias de muy distintos formatos:

- **Galaxias elípticas** (E0-7): Con forma de elipse.
- **Galaxias espirales** (Sa, Sb, Sc y Sd): De forma espiral con brazos formados por estrellas. (Las letras minúsculas indican lo sueltos que se encuentran los brazos, siendo "a" los brazos más apretados y "d" los más flojos).
- **Galaxias lenticulares** (S0 y SB0): Espiral sin brazos.
- **Galaxias espirales barradas** (SBa, SBb, SBc, SBd): Espiral con una banda central de estrellas.
- **Galaxias irregulares** (Irr): Espiral, pero que se encuentra deformada de algún modo.



Nuestra Galaxia (Vía Láctea) forma parte del “Grupo Local”, integrado por unas treinta Galaxias, de las cuales las más grandes son la Vía Láctea y la Galaxia de Andrómeda. Ésta es la más cercana y se puede observar a simple vista. Su masa es de 300.000 millones de masas solares, el doble de nuestra Galaxia. Los astrónomos la conocen también con el nombre de M31.

Este “Grupo Local”, a su vez, se encuentra en el límite de un súper-cúmulo que comprende casi cinco mil Galaxias, el cual, a su vez, pertenece a otra enorme concentración de Galaxias reunidas en masas compactas.

En el Universo existen cientos de miles de millones de Galaxias, entre las que hay unos vacíos inmensos, de miles de millones de años-luz.

Estrellas

Nacimiento de una estrella.-

En el espacio galáctico abunda polvo y gas, fundamentalmente H, He, iones oxidrilo y moléculas de agua. Grandes nubes de gases, con fuerza gravitatoria suficiente, pueden condensarse y contraerse.

Por la misma fuerza de la gravedad, las partículas se aceleran en su caída al interior, y sus mutuos choques aumentan el movimiento de agitación, haciendo subir la temperatura y la presión del gas.

Cuando el interior de la nube alcanza la temperatura de diez millones de grados, y bajo enormes presiones, se realiza la fusión de H en He, con desprendimiento de energía, por ser el átomo de He menos masivo que la suma de los de H que se han unido para formarlo.

Entonces se inician las reacciones nucleares de fusión y se equilibran las dos fuerzas (de gravedad y de expansión), dejando de contraerse. Es el momento en que la estrella se enciende y arde establemente durante miles de millones de años.

El núcleo de la estrella se convierte en un horno nuclear donde, por la gran temperatura y presión, el H y el He se fusionan, formando átomos sucesivamente más pesados. Por lo tanto, la estrella es una fábrica de elementos químicos.

Los elementos que sintetizan las estrellas son los más necesarios para la vida: Carbono, nitrógeno, oxígeno, magnesio, aluminio, silicio, sodio, potasio, níquel, fósforo, calcio, hierro....

El periodo de formación de la estrella puede durar en torno al millón de años.

Llegada a esta fase, que se llama "**Secuencia Principal**", permanece en ella mientras haya combustible para las reacciones nucleares: entre millones o miles de millones de años. Aproximadamente el 99% de su vida como estrella luminosa. Por eso casi todas las estrellas observables están en esta fase.

El Sol está en la mitad de su Secuencia Principal, en torno a la mitad de su vida.

Para producir la energía que desprende, debe convertir cada segundo 800.000.000 de toneladas de H en He, con pérdida de 4.600.000 toneladas de masa por segundo. Produce 380 billones de kilovatios/seg.

Dado que su masa es de 2.200 cuatrillones de toneladas, deducimos que:

- Para disminuir el H inicial, convirtiéndose en He el 18'17%, han tenido que transcurrir 5.000.000.000 de años.
- Para consumir el H restante, faltan unos 5.000.000.000 de años.

Se calcula que su temperatura central es de 15 a 20 millones de grados C, y que en su superficie llega a unos 6.000°.

Los científicos resaltan la importancia de que el H ordinario sea el más abundante.

¿Por qué el Sol quema suavemente su H durante miles de millones de años en vez de estallar como una Bomba H?

Porque el Sol sólo tiene H ordinario, y la bomba H está formada por H pesado (deuterio), el cual arde en forma explosiva a una velocidad 10^{18} (un trillón) veces mayor que la velocidad con que arde el H ordinario.

Gracias a esta diferencia:

- a) Tenemos un Sol estable y sin haber consumido aún su combustible.
- b) El agua de los océanos (con su enorme cantidad de H) no es un potencial explosivo apocalíptico.
- c) No se consumió el H inicial formado en el Big-Bang, dando tiempo a que se formaran Galaxias, estrellas, planetas, la Tierra y el hombre...

(Si las estrellas, en vez de quemar hidrógeno ordinario, hubieran quemado hidrógeno pesado, la combustión hubiera sido a velocidad explosiva, y el Sol no existiría).

Muerte de una estrella.-

La vida de una estrella es un 'pulso' entre dos fuerzas: - la de gravedad, hacia su interior.
- la presión y el calor internos: hacia el exterior.

Al principio vence la gravedad, haciendo que se contraiga, hasta que se equilibran por una parte la presión y el calor, y por otra la gravedad. Se estabiliza el 'pulso', y dura mientras tiene combustible.

Tras millones de años, las reacciones nucleares hacen que la estrella pierda H y acumule He. Cuando éste predomina se produce una inestabilidad crucial en su vida:

- Por una parte, el centro se encoge, comprimiéndose y calentándose más y más. Al alcanzar unos 100.000.000°C comienzan reacciones nucleares más complejas: 3 átomos de He se fusionan en uno de Carbono, y así sucesivamente en los elementos, cada vez más pesados, de la Tabla Periódica.
- Por otra parte, el mayor calor central vence a la fuerza de la presión, experimentando una expansión que la hace aumentar de tamaño, convirtiéndose en **Gigante Roja**. (Lo son algunas estrellas visibles a simple vista, como Betelgeuse, Antares...). Al mismo tiempo enrojece y aumenta su brillo. La temperatura de su superficie desciende a unos 3.000° C.

Cuando el Sol alcance esta fase de gigante roja (dentro de unos 5.000 millones de años), aumentará unas 250 veces su diámetro (unos 175 millones de Km), devorando a Mercurio, Venus y, probablemente, la Tierra.

La muerte de una estrella depende de su masa: Cuanto mayor es la masa de una estrella, más brilla y se quema antes que otra más pequeña. Por ejemplo, si la masa es doble que la del sol, su luminosidad se multiplica por 10 ó 12

- ♦ Las estrellas de tamaño comprendido entre una y tres masas solares mueren “pacíficamente”: Acabada la combustión interna, vuelven a predominar las fuerzas de contracción gravitatoria, por lo que la estrella se derrumba sobre sí misma, formando diferentes capas que, cuanto más internas, tienen átomos más complejos y pesados.
La superficie se contrae y deja de ser gigante roja, para convertirse en **Enana Blanca**.
Después, cuando ya se apaga totalmente, **Enana Negra**, invisible, muerta.
- ♦ Si tienen una masa mayor (entre cinco y ocho masas solares) pueden explotar como “Supernova I”, que lanza al espacio una cantidad de materia que puede ser el 10% de su masa, que se va expandiendo en forma de nebulosa.

- ♦ Si poseen más de diez masas solares llegan a sintetizar hierro, el elemento químico pesado más estable, y otros elementos menos estables y más pesados. La excesiva presión interior la hace saltar en pedazos en una formidable explosión, como “Supernova II”, lanzando al espacio aproximadamente el 90% de su masa. En estas explosiones expulsan elementos pesados, como plata, oro, uranio.... La materia expulsada sigue extendiéndose por el espacio en una densísima nebulosa. En el centro queda una **Estrella de Neutrones** o un **Agujero Negro**.

Los núcleos de las estrellas son potentísimos hornos en los que se fueron formando, durante miles de millones de años, los elementos químicos. En el corazón de las estrellas gigantes se formaron los elementos más pesados que el hierro, hasta completarse los 92 elementos del Sistema Periódico.

Cuando la estrella explotó, los lanzó al espacio.

Así, la agonía de una generación de estrellas pudo provocar el nacimiento de la siguiente generación, que comenzó con mayor número de elementos pesados.

Gracias a esas violentas muertes estelares fueron al espacio todos los elementos químicos necesarios para que, al mezclarse con el H, He y polvo de otras nubes interestelares se formaran nuevas generaciones de estrellas que, partiendo de las nubes ya enriquecidas, pudieran tener pequeños cuerpos sólidos: los planetas.

Además, fueron surgiendo precisamente los elementos que necesitamos para la vida, y en la proporción necesaria.

Por ejemplo, el Carbono (que es base de la vida orgánica -quizás el único elemento con características que la posibiliten-) el O, N, Ca y Fe son elementos poco abundantes en el Universo. Sólo se producen por síntesis nuclear en estrellas mucho mayores que el Sol, que terminan su evolución en forma explosiva, enviando esos elementos al espacio, donde se condensarán luego formando nuevas estrellas más densas y planetas. Pero existen en la cantidad que necesitamos.

El hombre existe como punto culminante de procesos físicos que requirieron miles de millones de años, gigantescas explosiones de estrellas, nacimiento de otras más densas, explosiones más potentes, etc.

El material rocoso y metálico sobre el que estamos, el hierro de la hemoglobina de nuestra sangre, el calcio de nuestros dientes y huesos, el carbono, fósforo... todo se ha fabricado durante miles de millones de años, de tal modo que da la impresión de que -tanto a nivel subatómico como galáctico- todo el Universo está exactamente ordenado para que en un momento determinado existan los elementos necesarios para la vida humana.

Por eso podemos decir que estamos hechos de estrellas. "*Acuérdate de que eres polvo*", se nos dice el Miércoles de Ceniza. Somos polvo, sí, ¡pero de estrellas!

Flamarión



1º.- ÉPOCA CÓSMICA HABITABLE

Contemplando las características de nuestro Universo, comprendemos que es muy difícil encontrar un lugar y un tiempo que pueda ser habitable. Si consideramos lo que necesita una vida compleja, sólo un período bastante corto de la historia del Universo es habitable.

Ambos extremos (demasiado pronto o demasiado tarde) son hostiles para la vida.

En el Universo primitivo no era posible la vida

En el Universo inicial todo era un plasma denso y caliente de partículas elementales y núcleos ligeros.

Los elementos esenciales para la vida, más pesados que el helio, no existieron hasta que fueron fabricados en las primeras estrellas y arrojados desde su interior. La primera generación de estrellas comenzó a sembrarlos miles de millones de años después del comienzo del tiempo.

Incluso cuando se fueron formando, no había todavía suficiente cantidad y especificidad de metales para construir planetas habitables y organismos vivos.

Además, el Universo primitivo, no sólo era pobre en elementos pesados, sino que era excesivamente rico en quasars de elevada energía, que habrían bañado en niveles letales de rayos gamma, rayos X y partículas radiactivas cualquier planeta en las regiones internas de las Galaxias.

Por lo tanto, podemos estimar que el momento del nacimiento de planetas habitables es unos 10.000 millones de años después del Big Bang. Pero, para poder formarse la complejidad química que nos rodea se requiere un Universo de al menos 12.000 millones de años.

Pero, incluso formado ya el planeta Tierra, hace unos 4.700 millones de años, su atmósfera primitiva era bastante diferente de la actual: el dióxido de carbono y el gas metano eran muy abundantes. Ha requerido tiempo conseguir que la acción del Sol, de la vegetación, etc. logran el afinamiento necesario.

También ha hecho falta el tiempo necesario para un bombardeo meteórico que produzca núcleos metálicos y cortezas de elementos más ligeros (Calcio, Oxígeno, Magnesio, Silicio).

Poco a poco, el Universo se ha ido haciendo más habitable. Pero esta tendencia no va a continuar indefinidamente...

Tamaño y edad: En un Universo evolutivo, ambos están íntimamente relacionados.

Si el número de partículas del Universo fuera menor, en un Universo más pequeño, habría habido H y He.

Pero la vida necesita también carbono, oxígeno, nitrógeno, etc., y estos elementos químicos sólo pueden formarse en el interior de las estrellas. Ahora bien, como las reacciones nucleares necesitan un tiempo de cocción no inferior a varios miles de millones de años y este tiempo no es posible alcanzarlo a menos que el Universo tenga también una dimensión de varios miles de millones de años-luz, si nuestro Universo no fuera de esta edad y tamaño, no podríamos estar aquí.

- Un tamaño inferior al conocido implicaría una edad insuficiente para la aparición de la vida humana, que exige generaciones de estrellas para sintetizar los elementos necesarios para la vida biológica.
- Un tamaño superior, por una expansión más rápida, daría como resultado un Universo de poca densidad, en el que no se formarían estrellas o Galaxias.

Si fuera más viejo de lo que es, agotado el H, las estrellas habrían muerto y sólo quedarían enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros, a cuyo alrededor no puede haber vida.¹²

¹² Robert Dicke.

El Universo futuro no es favorable para la vida

En el futuro distante el Universo estará dominado por agujeros negros, estrellas de neutrones, enanas blancas y enanas negras. Cualquier planeta que permanezca en órbitas cercanas a esas estrellas tendrá rotaciones de mareas bloqueadas y carecerá de actividad tectónica, además de no tener ni luz ni calor.

Debido a que las supernovas devuelven materia procesada a la Galaxia, las estrellas que se forman hoy son distintas de las que se han formado en otros tiempos. Hay menos oxígeno, silicio y magnesio en relación con el hierro en la materia interestelar a medida que la edad de la Galaxia crece. Esto implica que un planeta que se forme hoy tendrá un núcleo excesivo de hierro en relación con su manto. Esto estrecha más aún el marco de tiempo para formar planetas como la Tierra.

Empezamos a tener un cuadro de la época cósmica habitable si combinamos todas las características relevantes del Universo, que varían a lo largo del tiempo: descenso del índice de formación de estrellas, descenso de los niveles de radiación de alta energía, incremento de metales, descenso de radioisótopos, etc.

La habitabilidad se limita a un estrecha franja de contenido en metales, lo que significa que sólo un estrecho margen de tiempo del Universo es aceptable para la constitución de planetas habitables.

Algunas Galaxias más pequeñas pueden crecer en riqueza de metales (como tendrá el Sol en el futuro), pero entonces los radioisótopos serán mucho menos abundantes y sus planetas producirán menos calor interno.

Un planeta que se forme entonces tendrá menos actividad geológica.

Además, deberá poseer más masa en el futuro, a medida que los metales se van produciendo en la Galaxia. Pero un planeta más grande crearía grandes problemas para la vida, porque muchos procesos en un planeta dependen de su tamaño: la tasa de impactos de asteroides y cometas, el relieve de la superficie, la profundidad de los océanos, la retención de calor interno, el índice de pérdida de la atmósfera, el tiempo para oxigenarla y la estabilidad de la órbita.

Los más importantes radioisótopos que calientan la Tierra (potasio⁴⁰, uranio²³⁸ y torio²³²) poseen vidas medias de 1.300, 4.500 y 14.000 millones de años respectivamente. Por lo tanto, el momento futuro del nacimiento de planetas habitables es menos de 10.000 millones de años. Esto constituye un delgado corte de tiempo comparado con las escalas de tiempo a las que los cosmólogos están habituados: hasta 10¹⁵⁰ años en el futuro (unidad seguida de 150 ceros).

Pero la época habitable cósmica puede ser todavía más estrecha, puesto que los factores que la definen dependen del tiempo de modos diferentes que varían de Galaxia a Galaxia.

Muchas Galaxias pueden no tener planetas habitables durante la mayor parte de su historia. Por ejemplo, Galaxias de baja masa con pequeña formación de estrellas no acumularán suficientes elementos pesados para construir planetas del tamaño de la Tierra durante otros 5.000 o 10.000 millones de años. Pero entonces los isótopos de larga vida estarán excesivamente diluidos para mantener tectónica de placas en sus planetas. Algunas Galaxias pequeñas ya han acabado de formar estrellas.

Las interacciones entre Galaxias también afectan a la habitabilidad: Se prevé que la Galaxia Andrómeda tendrá un encuentro con nuestra Galaxia dentro de 3.000 millones de años. Esto sacará a muchas estrellas de sus órbitas. También puede hacer más fuerte el agujero negro del centro de la Vía Láctea, haciendo que el interior de la Galaxia sea todavía menos deseable.

Por eso nuestro Tiempo Cósmico Habitable puede durar solamente otros 3.000 millones de años.

A medida que la expansión continua acelerándose, los objetos del Universo aparecerán con mayores corrimientos al rojo hasta irse perdiendo de vista. Los objetos más distantes se alejan más rápido y se desvanecerán primero.

Esto comenzará a afectar nuestra vista del Universo en torno a 20.000 a 30.000 millones de años.

Pasado ese tiempo, la cantidad de información accesible en el Universo comenzará a disminuir.

Lo primero en desvanecerse de la vista será la parte más distante del Universo, como la radiación de fondo. Después, los distantes quasars.

La continua expansión cósmica separará a las Galaxias cada vez más lejos unas de otras, de modo que, en unos 150.000 millones de años, las Galaxias que actualmente se encuentran dentro de un radio de unos 30 millones de años-luz se dejarán de ver.

Muerte Térmica del Universo.-

Rudolf Clausius, físico alemán, partió, en 1850, del hecho de que lo caliente tiende a enfriarse, pero nunca a calentarse lo frío. El Universo está sometido a un proceso de degradación de su energía, que implica su desgaste y agotamiento.

La energía total del Universo, aunque cambie de forma, se conserva constante en cantidad, pero disminuye en calidad, se desgasta. Se transforma en calor, que se disipa. El calor es la energía degradada o inútil. En el Universo disminuye constantemente la energía útil (capaz de producir trabajo).

Llegará un día en que se dé la Muerte Térmica del Universo.

Esta ley física era un **decreto de muerte** que molestó a muchos, porque indicaba que el Universo no era eterno pues, si lo fuera, hace muchísimo tiempo hubiera llegado al estado de Muerte Térmica. Por lo tanto, tuvo un principio.

Al cociente entre la energía degradada y la útil o libre, Clausius lo llamó **Entropía**.

En la vida ordinaria, la entropía se manifiesta en la tendencia de las cosas hacia el desorden: objetos que se rompen, edificios que se derrumban, y que no se recomponen solos. Los sistemas evolucionan en la dirección a la máxima entropía.

El Universo nació con el nivel máximo de energía y mínimo de entropía y morirá cuando no le quede energía libre y sea máximo su desorden o entropía.

Esa Muerte Térmica ya se ha iniciado.

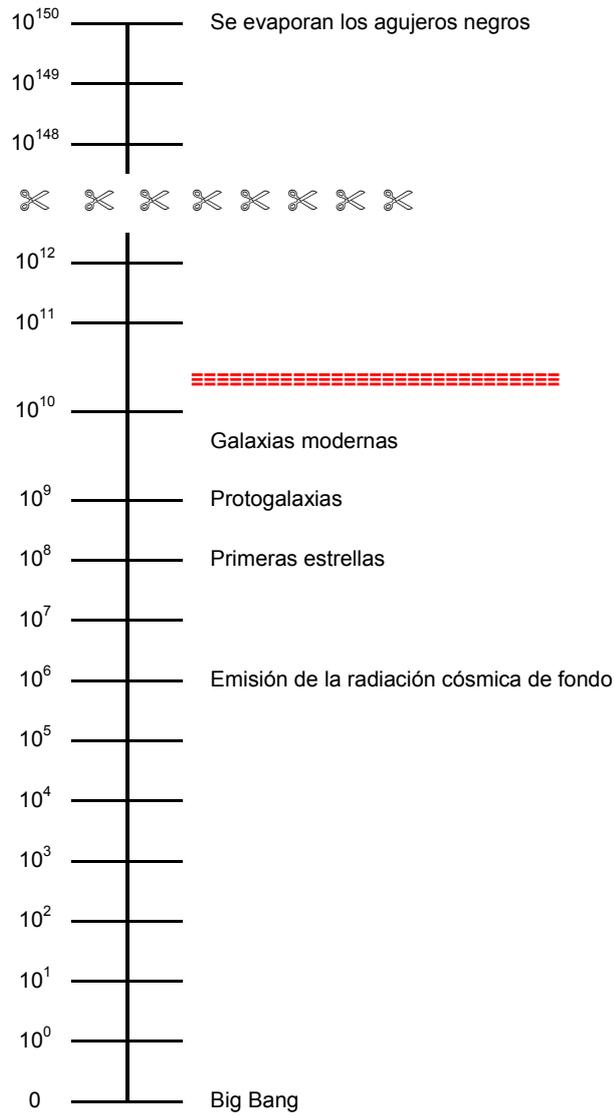
Un 10% de estrellas de nuestra Galaxia ya son enanas blancas. Después serán enanas negras, cadáveres estelares invisibles, estrellas frías, que ya empiezan a poblar el cementerio del Cosmos.

Nuestro Sol, tras 5.000 millones de años, se convertirá en gigante roja, enana blanca y, finalmente en enana negra.

Descenderá la temperatura del Universo a 273° C bajo cero: hoy está todavía a unos 270,3° C bajo cero.

En 1961 Robert Dicke afirmó que para que existan planetas habitables alrededor de una estrella luminosa que proporcione calor, la edad del Universo debía ser la que tiene hoy. Se requería que el Universo hubiera producido, además del H y He, carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo..., que se forman dentro de las estrellas. Hace falta un larguísimo proceso de cocción a elevadísimas temperaturas y que sean lanzados al espacio mediante la explosión de supernovas, para que pueda existir el planeta Tierra.

En conclusión: nosotros vivimos precisamente este tiempo de la historia del Universo que es el único compatible con nuestra existencia.



Historia del Universo

Momentos importantes en la Historia del Universo, avanzando hacia la habitabilidad. La edad cósmica habitable (líneas horizontales paralelas) es un delgadísimo segmento del espacio total de tiempo, que los cosmólogos suelen considerar (hasta 10^{150} años).

2.º.- ZONA GALÁCTICA HABITABLE

Hemos visto que estamos en el **momento** ideal del Universo para la existencia de vida. Pero no basta. Hace falta que el **lugar** sea adecuado.

¿Cuántas dimensiones debe tener un Universo habitable?

Hermann Minkowski, matemático ruso-alemán, pronunció en 1908 una frase que ahora es célebre: “Las ideas sobre el espacio y el tiempo que deseo mostrarles hoy descansan en el suelo firme de la física experimental, en la cual yace su fuerza. Son ideas radicales. Por lo tanto, el espacio y el tiempo por separado están destinados a desvanecerse entre las sombras y tan sólo una unión de ambos puede representar la realidad.”

Minkowski propuso por primera vez la teoría de la tetradimensionalidad, en la que Einstein se inspiraría para formular su Teoría de la Relatividad.



*Hermann Minkowski,
matemático ruso-alemán,
propuso por primera vez
la teoría de la tetradimensionalidad,
en la que Einstein se inspiraría para
formular su Teoría de la Relatividad.*

Posteriormente se han elaborado más hipótesis sobre la posibilidad de Universos con más dimensiones. La Teoría física de las Supercuerdas predice que el número de dimensiones podría ser de 10, 11 ó 26. La Teoría del Hiperespacio tendría once dimensiones: tres del espacio (longitud, altura y anchura), una del tiempo, otra temporal (explicaría el horizonte de los agujeros negros) y seis espaciales formando un ovillo.

Ahora bien, un Universo habitable debe tener, exactamente, tres dimensiones espaciales y una temporal. En 1955, G. J. Whitrow cuestionó si las dimensiones de nuestro Universo están relacionadas con nuestra existencia, aunque ya en 1917 P. Ehrenfest había preguntado en qué modo las leyes de la física dependen de las dimensiones del espacio.

Muchos fenómenos dependen de este hecho, como la ley del cuadrado inverso de la gravedad, la estabilidad de los átomos y las ecuaciones de ondas, entre otros.

Otros Universos con otro número de dimensiones no sólo son hostiles a la vida, sino que desbaratan la mera transmisión de información.

Los astrónomos dan por sentado la fidelidad de información que la luz transporta a través del Universo. John Barrow: «Sólo los mundos tridimensionales parecen poseer las propiedades adecuadas para la transmisión de señales de alta fidelidad, debido a que en ellos se realiza simultáneamente una

propagación sin reverberaciones y sin distorsiones». La reverberación se produce cuando señales emitidas en momentos diferentes llegan simultáneamente.

La vida requiere también una alta fidelidad en la transmisión de la señal neurológica, como indica Whitrow. Un Universo tridimensional, de modo diverso a sus alternativas, permite que la información fluya con un mínimo de ruido e interferencia.

La Galaxia adecuada.

Hay que considerar también el tipo de la Galaxia, porque tampoco en cualquier Galaxia puede haber vida.

El 98% de las Galaxias del Universo son menos luminosas y, por tanto, más pobres en metales que la Vía Láctea. Todas las Galaxias que se formaron en la primitiva historia del Universo (y las Galaxias de baja masa que se están formando ahora) son pobres en metales, por lo que son habitats inadecuados.

El contenido en metales de una Galaxia depende no sólo de su edad, sino también de su masa. Sin suficientes metales, no hay materiales para construir planetas terrestres.

Problemas similares tienen los cúmulos globulares y las Galaxias irregulares.

Por ello, Galaxias enteras están desprovistas de planetas como la Tierra.

Nuestra Galaxia (Vía Láctea) posee cualidades especiales para la vida por una serie concatenada de características: es rica en metales, es espiral, tiene órbitas ordenadas, hay pequeño peligro entre los brazos de la espiral, tiene una masa apropiada, luminosidad adecuada, etc.

Dentro de una Galaxia adecuada, ¿cuál es el lugar más adecuado?

- ♦ El **centro** de la Galaxia es inhabitable, pues sufre una enorme amenaza de radiación y colisiones de cometas. Un planeta del tamaño de la Tierra tiene pocas posibilidades de formar allí una órbita circular estable.

Existen estallidos de radiación extraterrestre que pueden dañar la capa de ozono de la atmósfera, llegando a la superficie de la Tierra una radiación destructiva.

Estos ataques radiactivos, en orden de duración decreciente, son principalmente de tres clases:

1) Ataques con núcleos galácticos activos.

Los “**agujeros negros**” son objetos temibles, que distorsionan el espacio, el tiempo... y el sentido común.

Un núcleo galáctico activo produce alta energía electromagnética y partículas de radiación, y plantea una amenaza sustancial para la vida. El lugar más seguro para estar durante un ataque de núcleos galácticos activos es el disco externo, alejado del núcleo, probablemente cercano al plano medio, precisamente donde se encuentra la Tierra. El peor lugar es el núcleo central, con radiación abrasadora y estrellas con órbitas altamente inclinadas y elípticas, que pueden pasar cerca del núcleo energético a través de su chorro.

2) **Explosiones de Supernovas**, que escupen radiación mortífera. La mayor parte está a lo largo de los brazos espirales de la Galaxia.

3) **Estallidos de Rayos Gamma**.

Al final de los años 1990, los astrónomos consiguieron la evidencia de que estos enigmáticos sucesos son extragalácticos, situándolos entre los más energéticos desde el Big Bang. Vengan de donde vengan, sólo hay una forma de protección contra ellos: la ubicación adecuada.

Estas y otras fuentes de radiación representan una mayor amenaza en las regiones internas de la Vía Láctea, porque las estrellas se encuentran más concentradas allí.

Situación del Sistema Solar en la galaxia.



- ♦ **A medida que nos movemos desde el centro al exterior** de la Galaxia, la densidad de gas cae, y con ella, el índice de formación de estrellas. Dado que las estrellas son la fuente de los elementos más pesados, la metalicidad desciende según nos movemos hacia el exterior. Por lo tanto, hay que encontrar el término medio exacto, ni muy interno ni muy externo.
- ♦ **Las regiones más externas** son más seguras, en cuanto a radiaciones cósmicas, pero las estrellas sólo tendrán planetas pequeños, incapaces de retener una atmósfera o mantener la tectónica de placas.

Por lo tanto, nuestra posición en la Vía Láctea es óptima para la vida:

- Vivimos en una Galaxia espiral (otras Galaxias, como las irregulares y elípticas, tienen órbitas muy excéntricas; los cúmulos globulares son inhabitables).
- Nuestra Galaxia es rica en metales y tiene órbitas ordenadas.
- El Sol se encuentra a buena "distancia de seguridad" del centro del Galaxia (estamos a 27.000 años luz del centro), donde se agolpan la mayor parte de las estrellas, y donde se producen grandes dosis de radiaciones ionizantes (rayos X, rayos gamma) capaces de destruir o inhibir la delicada cadena de la vida.

La Zona Habitable Galáctica es una zona muy estrecha y exclusiva, pues el resto del Universo es muy poco acogedor. El Sistema Solar está dentro de una estrecha Zona Galáctica Habitable.

3º ZONA HABITABLE CIRCUMESTELAR

Así como la mayor parte del tiempo y del espacio del Universo no cumplen los requisitos necesarios para una vida compleja, tampoco la mayor parte de nuestro Sistema Solar.

Así como hay una “Zona Habitable Galáctica”, existe una “Zona Habitable Circumestelar” en nuestro Sistema Solar. Este concepto fue introducido por los astrónomos a finales de los años 1950.

Se define como la región alrededor de una estrella donde puede existir agua líquida de modo continuado en la superficie de un planeta durante, al menos, unos pocos miles de millones de años.

* El límite interior de la Zona Habitable Circumestelar está en el punto en el que un planeta pierde sus océanos por un efecto invernadero fuerte.

* Su límite externo se sitúa donde los océanos se hielan o el dióxido de carbono forma nubes.

Sistema Solar

Nuestro Sistema Solar no es sólo especial, sino sorprendentemente crucial para la vida: Es “un Sistema afinado con precisión, que alimenta un extraño pequeño oasis. Como el biberón para los niños, la Tierra es exactamente lo adecuado” para nosotros.¹³

Los descubrimientos de otros planetas extrasolares han demostrado que no es fácil que haya otros “Sistemas Solares” similares al nuestro. Generalmente suelen tener órbitas excéntricas y son inhabitables.

Para la existencia de una vida compleja en un planeta hace falta una serie de datos bien precisos y ajustados:

A.- Una estrella central, con las características requeridas.

B.- La existencia de un satélite grande, bien situado.

C.- Un cinturón de asteroides adecuadamente ubicado con las propiedades oportunas, un temprano bombardeo sobre el planeta de esos asteroides, así como la detención de ese bombardeo en el momento oportuno.

D.- Planetas con órbitas circulares que limpien el Sistema de cometas o asteroides esterilizadores....

Estas condiciones son muy exigentes, pero el planeta Tierra cumple exacta y admirablemente todas esas condiciones.

A.- Sol

La habitabilidad de un planeta depende del tamaño y masa de su estrella central, así como de su distancia.

Nuestro Sol tiene una serie de propiedades importantes y especiales que permiten la vida y contribuyen con su mensurabilidad, luminosidad, variabilidad, contenido apropiado en metales y órbita galáctica.

Masa: Es necesaria una estrella similar al Sol, para una vida compleja.

No cualquier estrella iría bien para la vida. El Sol es excepcional: sus dimensiones son las apropiadas.

* Más del 50% de estrellas pertenecen a sistemas binarios, en los que no puede haber vida.

* El 1,5% de las estrellas de la Galaxia son gigantes azules de gran masa y vida corta, que se queman rápidamente y no viven lo suficiente para poder formarse planetas y menos para desarrollar una vida compleja.

¹³ Guillermo González y Jay W. Richards: “El Planeta Privilegiado”, Palabra. Madrid. 2006, pg. 142.

Las estrellas mayores que el Sol no son hábiles para vida, pues se convierten pronto en gigantes rojas y tienen cambios fuertes de luminosidad, con drásticos cambios climáticos. Además tienen un tiempo de vida más corto y se queman antes.

- * El 80% de las estrellas de la Vía Láctea son enanas rojas de baja masa.

Las estrellas de menos masa ofrecen pocas posibilidades.

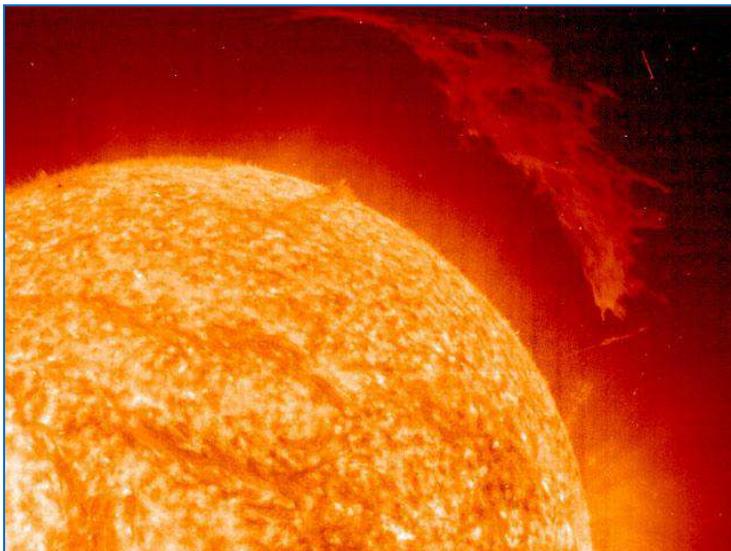
Al irradiar menos energía, un planeta debería orbitar más cerca de ellas para que el agua se mantuviese líquida en su superficie. Pero, si la órbita se encuentra demasiado cerca de la estrella anfitriona, tendría fuertes mareas, lo que rompería su rotación, haciendo que el lado oscuro se congelara, dejando a la parte iluminada caliente y seca. Un lado del planeta encararía perpetuamente a su estrella anfitriona. (La Luna está sincronizada de este modo en su órbita alrededor de la Tierra). Esta situación lleva a brutales diferencias de temperatura entre las partes de día y de noche del planeta. Incluso si la fina franja entre el día y la noche fuese habitable, una nube de otros problemas esperarían a la vida que se produjese alrededor de una estrella de menor masa.

Además, las estrellas enanas tienen fuertes erupciones, aumentando la radiación X y ultravioleta.

Esas erupciones no sólo amenazan la vida, sino que despojan al planeta de su atmósfera.

El espectro rojo de una estrella enana significa que muy poca luz azul alcanza la superficie de los planetas, lo que dificulta la fotosíntesis, que necesita abundante luz del espectro a 6.800 Å. A cualquier organismo marino fotosintético le sería muy difícil usar la luz roja como fuente de energía, pues el agua del océano transmite luz azul-verde mejor que la roja.

- * Sólo el 2% de las estrellas son del primitivo tipo «G» en su secuencia principal, como nuestro Sol, que tiene el tamaño y características ideales para proporcionar vida.



Prominencia solar.

También hay que considerar cómo la riqueza en metal es un importante ingrediente para la habitabilidad del sistema.

El Sol contiene exactamente la **correcta cantidad de metales** que requiere la vida en un sistema planetario, pero no excesiva, pues podrían haber producido un Sistema con planetas demasiado grandes e inestables.

La metalicidad del Sol es anómala si se compara con el campo general de población de estrellas y con el grupo más selecto de estrellas con planetas

Los descubrimientos de planetas fuera del Sistema Solar nos están ayudando a entender el valor del umbral de metalicidad. Los astrónomos no han encontrado planetas gigantes alrededor de estrellas que tengan menos de alrededor del 40% del contenido de metal del Sol

De modo inverso, demasiado metal en la mezcla puede plantear distintos problemas. Cuanto más alta es la inicial asignación de metales en la nube donde nace, más planetas y planetesimales (tempranos bloques de rocas planetarios del tamaño de un asteroide) se formarán en el sistema, complicando las órbitas. Los planetas gigantes migrarían hacia dentro dispersando gran cantidad de cuerpos pequeños. También se perturbarían el uno al otro y desestabilizarían al sistema, arrojando los planetas terrestres dentro de la estrella anfitriona o fuera del Sistema. El frecuente bombardeo de muchos asteroides y cometas, que son muy abundantes en sistemas ricos en metales, amenazarían la vida planetaria.

Temperatura en el núcleo interno del Sol: 15.000.000° C.

Es la apropiada para mantenerlo encendido, a base de la fusión del Hidrógeno.

Temperatura en la superficie solar: 5.527° C.

Es la ideal: * Con menos de 2.727 °C hubiera emitido radiación infrarroja invisible.

* Con más de 14.727 °C hubiera emitido radiación ultravioleta invisible.

En ambos casos no tendríamos ahora luz visible.

Esa temperatura se mantiene estable: si cambiara destruiría la vida en la Tierra.

La **fotosfera** (o esfera de luz solar) es una capa de unos 300 km, situada en su superficie gaseosa.

En la fotosfera solar es muy baja la energía de los fotones que forman la luz emitida (un electrónvoltio = 1 eV = $1,602176462 \times 10^{-19}$ J), lo que permite que se produzca en la Tierra la reacción clave para la producción de alimentos: la fotosíntesis de las plantas verdes.

La fotosfera logra que sólo nos lleguen fotones de un electrónvoltio, los idóneos para las reacciones químicas esenciales para la vida, como la fotosíntesis.

Esta energía solar de fotones, captada en parte por las plantas verdes es la fuente de otras energías terrestres: madera, carbón, petróleo, gas natural, viento, olas, etc.

La fotosfera ha permanecido estable durante miles de millones de años. Gracias a ella tenemos luz visible, que se descompone en los colores del arco iris.

Estabilidad.- El Sol es una estrella muy estable. Su luz varía sólo un 0,1% en las manchas solares. Otras estrellas varían más, lo cual ocasionaría cambios fuertes del clima en sus planetas.

Distancia.- Nos encontramos en una órbita casi circular a una distancia óptima del sol: una variación del 5% sería letal.

B.- Luna

No menos decisiva y sorprendente, es la participación de la Luna en la habitabilidad de la Tierra.

El astrofísico francés Jacques Laskar comenta: «La situación de la Tierra es muy peculiar. Debemos la estabilidad de nuestro clima terrestre a un evento excepcional: la presencia de la Luna».

Para que pueda existir vida en nuestro planeta se necesita un satélite del tamaño de nuestra Luna y orbitando a esta distancia.

Si estuviera más cerca -aparte de caer sobre ella, a menos que girase mucho más rápido- producirían diariamente unas mareas tan violentas que las aguas invadirían constantemente las costas, provocando continuos huracanes.

Gracias a su campo de gravedad, se ha mantenido el **eje de rotación terrestre** casi constante durante más de tres mil millones de años, asegurando así la necesaria estabilidad climática en el enorme periodo necesario para el florecimiento de la vida.

Esto no sucede en otros planetas: el sistema Tierra-Luna es un caso excepcional, en el que las dimensiones del satélite son proporcionales a las de su planeta.

Nuestra Luna conserva la inclinación del eje de la Tierra, de forma que su oblicuidad no varíe en un grado amplio, pues causaría importantes fluctuaciones climáticas. En cambio, si no hubiera inclinación, habría amplias zonas de Tierra árida.

Ahora la Tierra se inclina 23,5 grados, con una variación de sólo 1° en varios miles de años.

Con esta inclinación del eje los vientos varían a lo largo del año, logrando estaciones templadas y una amplia distribución de lluvias, especialmente en zonas que, de otra manera, quedarían resacas. Esta pequeña variación produce, a lo largo de miles de años, los suaves cambios en temperatura estacional que disfrutamos. Los cambios de temperatura hubieran sido mucho más bruscos sin esta Luna.



La luna.

Tamaño de la Luna

* Si fuera más pequeña, la oscilación del eje de la Tierra variaría más de 30 grados. Cuando el polo Norte se hubiera inclinado hacia el Sol, durante medio año, habría padecido meses de calor abrasador. Un hipotético superviviente sufriría después tremendos meses fríos de noche perpetua durante otros seis meses.

* Si la luna fuese más grande e indujese mareas más fuertes, podría ralentizar la rotación de la Tierra. El día en la Tierra hubiera sido de la misma longitud que su mes, llevando a grandes disparidades de temperatura entre el día y la noche y eliminando los depósitos de hielo polares.

Nuestra Luna también genera las mareas de los océanos, cuya energía produce las corrientes oceánicas, que regulan el clima al hacer circular una enorme cantidad de calor.

Las mareas mezclan nutrientes de la Tierra con el agua, creando la fecunda zona de la baja marea.

Sin la Luna, tendríamos sólo las mareas solares, o sea, una tercera parte menores y la Tierra sería un desierto.

En conclusión, la relación entre la Tierra y su Luna es tan íntima que es mejor no pensar en la Tierra como un planeta aislado, sino como un sistema Tierra-Luna.

Es decir, si la Tierra no tuviese una Luna así, no estaríamos aquí.

C.- Asteroides y cometas

Tanto asteroides como cometas fueron necesarios durante la formación de nuestro planeta, pues transportaron a la Tierra grandes cantidades de agua y compuestos orgánicos, indispensables para el mantenimiento y la evolución de la vida.

La Tierra se benefició con los elementos que aportaron los asteroides y cometas que cayeron en ella.

Si no hubiese sido aportado el carbono y el agua a la superficie de la Tierra hacia el final de su formación, no habría podido florecer la vida.

Si el bombardeo meteórico hubiera cesado antes, la Tierra habría sido un planeta con una capa oceánica uniforme de 4 Km de profundidad, sin continentes, para el desarrollo de la vida no acuática.

Pero tampoco debían llegar demasiado tarde, pues extinguirían la vida. Hoy hubieran sido fuente de continuas catástrofes.

Algunos grandes sucesos de extinción resultan evidentes en el registro geológico. Muchos paleontólogos están convencidos de que uno de ellos, la extinción del Cretáceo/Terciario, hace 65 millones de años, fue el resultado del impacto de un gran cuerpo extraterrestre. Investigación muy reciente en los estratos de la frontera del Pérmico-Triásico hace 250 millones de años, también apuntan a un impacto.

Por eso, la tasa y el momento de impactos de asteroides y cometas debe estar bien ajustada en un estrecho rango de valores y una específica evolución temporal, para lograr sus efectos positivos y evitar los negativos.

D.- Planetas

La existencia de otros planetas, debidamente distribuidos tanto en órbitas interiores como exteriores, defiende la vida de la Tierra, especialmente del ataque de asteroides y cometas indiscriminados.

Mercurio y **Venus** nos defienden en las órbitas interiores del Sistema Solar.

Según las leyes de Kepler, los planetas interiores orbitan el Sol a más velocidad que los planetas exteriores. Eso significa que también los asteroides y cometas van cerca del Sol a más velocidad, con lo que cualquier impacto es mucho más catastrófico.

Marte marca el borde externo del cinturón de asteroides, barriendo muchos de ellos. Sin Marte, la Tierra sufriría muchos impactos.

Júpiter y **Saturno** son los más grandes planetas protectores, que protegen todo el Sistema Solar interno de un excesivo bombardeo por asteroides y cometas. Su intenso campo gravitacional, colocado a la distancia justa del Sol, nos preserva contra los peligrosos asteroides que, de otro modo, devastarían la Tierra, provocando extinciones de materia hasta la erradicación total de toda forma de vida.

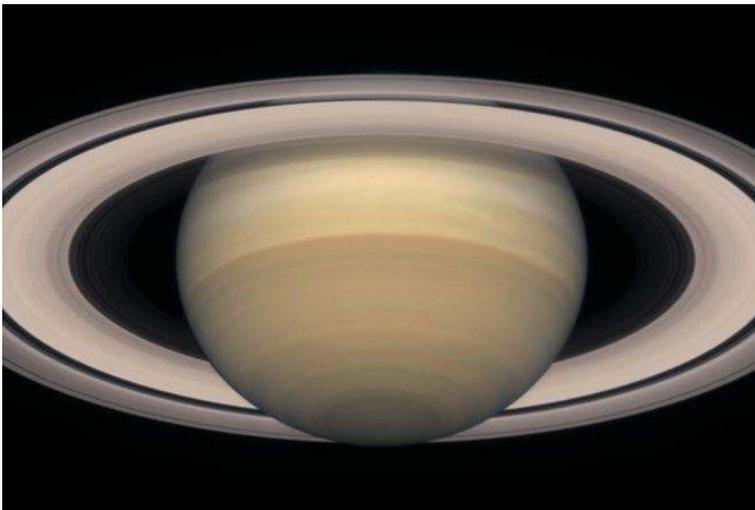
* Si estos planetas gigantes se hubiesen formado un poco antes o hubiesen tenido más masa o una órbita más excéntrica, hubieran quedado menos asteroides para proporcionar suficiente carbono a la Tierra.

* Si se hubiesen formado más tarde o hubiesen tenido una masa más pequeña, habrían quedado demasiados asteroides, que habrían golpeado la Tierra con demasiada frecuencia para que la vida hubiera podido existir.

Entre las órbitas de los planetas hay un lugar óptimo, que minimiza las amenazas de impactos. Ese lugar coincide exactamente con la órbita de la Tierra

Los planetas son el número exacto, el tamaño exacto, la masa exacta y la órbita exacta necesaria para proteger la vida de la Tierra.

*Anillos de Saturno,
el señor de los anillos*



TIERRA

La Tierra está a la distancia precisa del Sol

Sólo hay una zona alrededor del Sol, en la que la temperatura es la adecuada para el mantenimiento de la vida. Precisamente en ella se halla la Tierra.

- * Si estuviera más cerca:
 - habría excesivo calor (en Venus hay 475°C)
 - se evaporaría el agua
 - el CO₂ formaría una capa de nubes con "efecto invernadero"
 - lluvia de ácido sulfúrico
 - excesiva presión
 - sin atmósfera respirable.

- * Si estuviera más lejos:
 - demasiado frío (Marte tiene -63°C)
 - apenas atmósfera respirable
 - el vapor de agua helado sobre la superficie
 - los continentes enterrados bajo glaciares en movimiento
 - la misma atmósfera en el suelo, formando corrientes y lagos helados.

Velocidad de traslación en torno al Sol

Si fuera menor, la Tierra caería al Sol.

Si fuera mayor, la Tierra se alejaría, perdiéndose en el espacio.

Velocidad de rotación sobre su eje

Los antiguos fósiles nos indican que, hace 500 millones de años, los días duraban 20 horas y los meses tenían 27,5 días.

El que ahora los días terrestres tengan 24 horas no es secundario, pues para el organismo humano es muy importante que el día tenga 24 horas. La Psicología demuestra que la vida humana necesita un ritmo concreto, que 'coincide' con la velocidad de rotación.

Esta velocidad es la adecuada a la capacidad de trabajo y descanso del hombre.

Si fuera más lenta, las noches, larguísimas, helarían las plantas; y los días, larguísimos, las agostarían.

Recordemos que el día de Venus tiene 243 días terrestres y el de Mercurio, 55. Ninguno de los dos son favorables para el ritmo de vida humano.



La habitabilidad depende también del tamaño del planeta.

Un planeta más pequeño o más grande que la Tierra es menos habitable.

* Un planeta con menor masa:

- Al tener menos gravedad en la superficie, pierde su atmósfera con mayor rapidez, al no quedar atraída por la fuerza de la gravedad.
- Puede enfriarse su interior demasiado como para poder generar un campo magnético suficiente.
- Tiende a tener órbitas peligrosamente erráticas.

* Un planeta con mayor masa:

- Tendría una reserva de agua inicial más grande, pero también otros volátiles irrespirables, como el metano y el dióxido de carbono. La capa atmosférica sería de tal espesor que aparecería el "efecto invernadero", con tal elevación de temperatura que imposibilitaría la vida.
- Se parecería al inhabitable gigante de gas Júpiter, más que a nuestra Tierra sólida.
- Más presión atmosférica en la superficie ralentizaría la evaporación de agua y, por tanto, el secado del interior de los continentes.

- Se incrementaría la viscosidad del aire, haciendo la respiración más difícil.
- Con una agitación tectónica más vigorosa, las rocas no podrían soportar montañas tan altas como las que disfrutamos.
- Más fuerza de gravedad originaría menos relieve en superficie, con montañas menores y mares menos profundos.
- Añadamos la amenaza de impacto,¹⁴ pues sería una gran diana para asteroides y cometas, que tienen con mayor frecuencia sus objetivos en planetas grandes.
- El planeta estaría cubierto por océanos y casi privado de minerales en su superficie y, por tanto, excesivamente salado en su conjunto, como para soportar la vida.

De hecho, la Tierra es del tamaño justo para la vida, siendo así un planeta sólido y con atmósfera.

Composición química del planeta

Para que exista algún tipo de vida, se requiere una fuente de energía estable y a largo plazo.

Las fuentes básicas son:

- la radiación estelar,
- el calor geotérmico y
- la energía química.

Comencemos por la mejor fuente de energía química, que está constituida por los elementos que más abundan en nuestro planeta: Hidrógeno, carbono y oxígeno, que son fundamentales para los organismos vivos, tanto actuales como hipotéticos.

La composición química es la clave y precisa. Tiene los elementos necesarios y en la proporción más favorable, especialmente los dos más necesarios para la vida: carbono y agua.

Carbono

La vida química elemental para posibilitar la vida debe ser capaz de transportar las instrucciones para construir su progenie sobre una base atómica capaz de construir bloques. Estas instrucciones o «plan general» requieren una molécula compleja que sea el transportador, la cual debe ser lo suficientemente estable para resistir perturbaciones químicas y térmicas, pero no tan estable que no reaccione con otras moléculas a baja temperatura. Además, para permitir diferentes reacciones, debe poseer afinidad con muchas otras clases de átomos.

Para todo eso es excelente el carbono. Su capacidad para formar enlaces lo convierte en único para la tarea de transmitir información biológica. El silicio es el segundo, pero a distancia, y no hay otros elementos que puedan competir.

Además, el carbono forma gases cuando se combina con oxígeno (para formar dióxido de carbono) o hidrógeno (formando metano). Ambos gases permiten el intercambio libre con la atmósfera y los océanos.

También es fundamental que, cuando se añaden al carbono otros átomos clave —H, N, O y P—, se consigue la estructura principal de la información (ADN y ARN), y las cadenas de la vida (aminoácidos y proteínas). El carbono da a estas moléculas una capacidad de almacenaje de información que supera con mucho a otras hipótesis alternativas.

De hecho, los requerimientos químicos clave para la vida no los tienen normalmente otros elementos o, si los tienen, escasamente. En cambio todos están presentes en el carbono.

Es decir, que el carbono está en la Tierra en la medida más adecuada para la vida.

¹⁴ Un planeta terrestre más grande atraería más impactos de asteroides y cometas. El perfil eficaz de impactos se incrementa con la masa del planeta porque el tamaño físico del planeta es mayor y porque la fuerza de la gravedad es mayor en planetas con mayor masa.

Agua

1°.- El agua es lo único que es más denso como líquido que como sólido. Por ello el hielo flota en el agua, aislando el agua de la parte inferior y evitando pérdidas de calor. Este hecho impide que los lagos y océanos se congelen desde el fondo hasta arriba. Si esto ocurriera, sería prácticamente imposible alterar la situación pues, si el hielo se hundiera en el fondo, permanecería allí, incapaz de derretirse, separado del calor del Sol.

La superficie del hielo también ayuda a regular el clima, alterando la capacidad de la Tierra para absorber o reflejar rayos de Sol.

2°.- El agua tiene valores de calor latente muy elevados en los pasos de sólido a líquido y a gas. Se necesita más calor para evaporar un gramo de agua que la misma cantidad de cualquier otra sustancia conocida a la temperatura ambiente de la superficie (y más alta que muchas otras a cualquier temperatura). Por tanto, se necesita una extraordinaria cantidad de calor para convertir el agua líquida en vapor. De forma similar, el vapor libera la misma cantidad de calor cuando se condensa de nuevo como agua líquida. Como resultado, el agua ayuda a moderar el clima de la Tierra.

Esta característica también permite a porciones de agua más pequeñas existir en Tierra. Si no, las fuentes y los lagos se evaporarían.

No es casual que el agua se encuentre en sus tres estados en la superficie de la Tierra, y que la principal temperatura de la superficie esté cerca del punto triple del agua, la combinación única de presión y temperatura donde los tres estados pueden coexistir. Esto proporciona una diversidad de superficies y aprovecha las extraordinarias propiedades del agua para regular la temperatura.

3°.- La tensión superficial del agua líquida, mayor que la de cualquier otro líquido, le proporciona una mejor acción capilar en el suelo, árboles y sistemas circulatorios, una mayor habilidad para formar estructuras discretas con membranas y el poder de acelerar las reacciones químicas en su superficie.

4°.- El agua es esencial para comenzar y mantener la tectónica de placas de la Tierra, elemento importante del sistema de regulación del clima.

5°.- El agua es, con mucho, el mejor disolvente para las reacciones químicas. Por eso se restringe la habitabilidad a los lugares que disponen de gran cantidad de agua líquida.

El mejor disolvente posible debería

- disolver muchos tipos de moléculas, transportándolas a los lugares de reacción, conservando su integridad;
- estar en estado líquido, ya que el estado sólido no permite la movilidad y el gaseoso no permite suficientes reacciones químicas;
- ser líquido durante las variaciones de temperaturas en las que las moléculas básicas de la vida permanecen intactas y en estado líquido o gaseoso.

El agua, el más abundante compuesto químico en el Universo, cumple exquisitamente estas condiciones y excede con mucho los requisitos básicos para la química de la vida.

Además de que el agua tiene más propiedades valiosas para la vida que cualquier otro elemento o compuesto, cada propiedad interacciona con las otras para proporcionar un objetivo útil biológicamente.

Frank H. Stillinger observa: «es sorprendente que tantas excentricidades se den juntas en una sola sustancia».

La forma de vida más simple, requiere más elementos químicos que carbono, hidrógeno y oxígeno. Una bacteria diminuta necesita 17 elementos, y los humanos 27. Los organismos más complejos requieren más diversidad de proteínas y enzimas.

Pero, al mismo tiempo que la mayor parte de los elementos esenciales para la vida están suficientemente concentrados en el agua del mar, los océanos no son una adecuada fuente para todos los elementos. Por ejemplo, la atmósfera es la fuente primaria del nitrógeno, y los continentes son la fuente primaria de algunos nutrientes minerales.

Por lo tanto, los planetas que carezcan de tierra firme en continentes y una atmósfera rica en nitrógeno, no estarán en condiciones de soportar una biosfera vigorosa

Pero no basta que exista el agua y/o el carbono. **Deben existir ambos, y en las proporciones justas.**

J. S. Lewis “A pesar de nuestros esfuerzos para salirnos del chovinismo terrestre y buscar otros disolventes y estructuras químicas para la vida, nos vemos obligados a concluir que el agua es el mejor de todos los posibles disolventes, y los compuestos del carbono son los mejores de todos los posibles transportadores de información compleja”.¹⁵

Henderson, químico de Harvard, describió las distintas formas en que el agua y el carbono son de modo único adecuados para la vida.¹⁶ Estudios posteriores han reforzado sus argumentos: “Desde el punto de vista de materiales y energético, el carbono, el hidrógeno y el oxígeno, cada uno por sí mismo y todos juntos, poseen un único y preeminente ajuste químico al mecanismo orgánico”.

Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico es el recorrido del agua en la Atmósfera por la capacidad que tiene de absorber calor y cederlo gracias a la posibilidad de transformarse de un estado físico líquido a otro gaseoso y viceversa.

El Sol calienta las aguas marinas y terrestres, haciéndoles pasar del estado líquido al gaseoso en forma de vapor de agua. Este vapor asciende y pierde calor, se condensa y forma nubes. Parte del agua se precipita en los continentes e islas, en forma de lluvia, produciendo corrientes fluviales que llevan de nuevo gran parte de las aguas terrestres a los mares y océanos, cerrándose así el ciclo.

Gracias a este ciclo puede haber nieve en los polos; la lluvia provee ríos, lagos, manantiales, riega a las plantas y alimenta a otros seres vivos; hay erosión de las montañas para proporcionar minerales esenciales para la vida a lagos y océanos.

Ahora bien, para que sea eficaz, el ciclo hidrológico debe estar muy bien ajustado:

- Poca cantidad de agua provocaría erosión de los sedimentos depositados.
- Excesiva agua dejaría poca superficie de Tierra disponible para estratos estables de hielo, árboles o corales.

De un correcto ciclo hidrológico dependen los procesos de sedimentación.

Minerales en la corteza terrestre

La parte más externa de la litosfera, la corteza terrestre, está formada por rocas graníticas.

La acción del agua sobre el granito durante millones de años lo ha ido pulverizando y transformando en arcillas, formando un suelo apto para el cultivo.

Si los procesos geológicos no hubiesen concentrado vetas de mineral en la corteza, no habríamos podido alcanzar el nivel tecnológico que disfrutamos.

“La creación de menas de metal y su situación cerca de la superficie terrestre son el resultado de algo que es mucho más que ‘suerte geológica’. Sólo una serie exacta de acontecimientos físicos y químicos producidos en el ambiente y secuencia precisos y seguidos de determinadas condiciones climáticas pueden hacer surgir una alta concentración de esos componentes tan cruciales para el desarrollo de la civilización y tecnología.” (George Brimhall).

¹⁵ J. S. Lewis: *Worlds Without End: The Exploration of Planets Known and Unknown*, 1998.

¹⁶ Lawrence J. Henderson: *The Fitness of the Environment*, 1913.

La **tectónica de placas** juega otro papel esencial para la vida: Gracias a ella han podido emerger los continentes, sin los cuales la vida animal habría quedado confinada a los océanos, impidiéndose pasos más avanzados.

“Tectónica de placas” es la teoría que explica la estructura, historia y dinámica de la superficie de la Tierra.

Una placa tectónica es un fragmento de litosfera que se desplaza como un bloque rígido sin deformarse internamente.

En los bordes de las placas tectónicas es donde se concentra la mayor actividad geológica interna del planeta:

- * **Actividad volcánica.** El vulcanismo, basado en el calor de desintegración radiactiva del Uranio y Potasio 40, es necesario para la producción de atmósfera, así como para la dinámica cortical que forma placas continentales, montañas, etc.
- * **Actividad sísmica.** Los terremotos son muestra del desarrollo de fuerzas geológicas muy provechosas para la vida.

El calor que sale desde el interior de la Tierra produce la convección del manto y, por lo tanto, los movimientos de la corteza. Una corteza tectónica activa construye montañas, subsume viejos suelos marinos y recicla el dióxido de carbono de la atmósfera. Estos fenómenos hacen la Tierra más habitable.

Aunque parezca mentira, los terremotos son beneficiosos para la habitabilidad del planeta... y también para los descubrimientos científicos. Sin los terremotos, probablemente, no estaríamos aquí y, desde luego, sabríamos muchos menos de la estructura interior de la Tierra. Con muchos terremotos medidos en cientos de sismógrafos durante mucho tiempo, los geofísicos han podido producir un mapa tridimensional de la estructura del interior de la Tierra. Esta técnica, llamada “tomografía tridimensional”, es como un TAC geológico.

La convección se produce a través del desplazamiento de materia entre regiones con diferentes temperaturas.

Se produce únicamente en materiales fluidos. Cuando éstos se calientan, disminuye su densidad y ascienden al ser desplazados por las porciones a menor temperatura que, a su vez, descienden y se calientan repitiendo el ciclo. El resultado es el transporte de calor por medio del fluido ascendente y descendente.

El proceso que origina la convección en la Atmósfera es muy importante también para la Meteorología, pues genera una serie de fenómenos fundamentales en la explicación de los vientos y en la formación de nubes, ciclones, anticiclones, precipitaciones, etc., que son básicos para el ciclo hidrológico.

- * **Actividad orogénica**, formando grandes cordilleras montañosas, valles y cuencas.

Un gran planeta rocoso como la Tierra tiende a hacerse esférico, pues la erosión desgasta las montañas y hasta los continentes. Para que no se convierta en una bola de billar, envuelta únicamente en agua, su interior debe proporcionar continuamente energía y calor. Sin un reciclado geológico, se convertiría en un lugar sin vida, ya que carecería de un sistema para mezclar los nutrientes esenciales para la vida en las aguas superficiales bañadas por el sol.

“Las placas tectónicas juegan varios papeles cruciales en el mantenimiento de la vida animal:

- mantienen seca la corteza terrestre,
- promueven la productividad biológica,
- promocionan la diversidad (la valla que protege contra una extinción en masa) y
- ayudan a mantener estables las temperaturas, condición necesaria para la vida animal.

Puede que la tectónica de placas sea una condición central para la vida en mi planeta y que sea necesaria para mantener en el mundo el suministro de agua”. (Peter D. Ward y Donald Brownlee).

La Tierra es el único planeta del Sistema Solar que tiene placas tectónicas activas.

La sofisticada estructura geológica de la Tierra tiene consecuencias decisivas para la acoger y sostener la vida.

Como Ward y Brownlee han subrayado, la tectónica de placas que actúa en nuestro planeta pone en funcionamiento un auténtico termostato basado en la capacidad de regular indirectamente la cantidad de anhídrido carbónico presente en la atmósfera: ésta es la principal causa, junto a la acción gravitacional de la Luna, del mantenimiento de la temperatura terrestre en un intervalo en el que el agua pudo existir en estado líquido casi ininterrumpidamente durante más de 3.000 años.

Campo magnético

El hierro fundido, por su mayor densidad, descendió al centro de la Tierra, formando el núcleo interno del planeta, dándole solidez, como cuando se incorpora el hierro como armazón en las estructuras de los edificios.

El núcleo de hierro sólido, con un radio de unos 1.200 km, está rodeado de un núcleo externo de hierro líquido hirviendo, con una temperatura que supera los 3.000° C, que hace un radio total de 3.470 km. (Más de la mitad del radio terrestre, que tiene 6.370 km; aproximadamente, el tamaño de Marte).

Como es conductor de electricidad, instala la **magnetosfera**, un generador dinamo, que crea y mantiene un campo magnético, un gigantesco imán, cuyas líneas de fuerza en el espacio (cinturón de Van Allen) atrapan las partículas cargadas eléctricamente del viento solar y protegen del mismo a la Tierra, como un enorme paraguas.

El fuerte campo magnético crea un escudo que evita que el viento solar interactúe directamente con la atmósfera del planeta. Si las partículas del viento solar (protones y electrones) interactuaran más directamente con la parte superior de la atmósfera terrestre, la desnudarían, especialmente de los átomos de hidrógeno y oxígeno del agua, que se perderían en el espacio. El campo magnético es una ingeniosa arma protectora, crucial para nuestra supervivencia.

Los rayos cósmicos, partículas cargadas procedentes del espacio exterior a velocidades cercanas a la de la luz, tendrían un efecto destructivo si no fueran frenadas, pues pasarían a través de nuestros cuerpos, produciendo daños por radiación y rompiendo núcleos de nuestras células.

Una primera línea de defensa está en el campo magnético del Sol, que desvía los rayos cósmicos de baja energía.

La segunda línea de defensa contra los rayos cósmicos de la Galaxia está en el fuerte campo magnético terrestre.

La dinamo magnética de la Tierra es más sofisticada que la hecha por el hombre, pues debe regenerar su propio campo magnético, para no desaparecer en unos pocos cientos de años. Para ello necesita la circulación que proporciona el planeta girando lo suficientemente rápido para producir remolinos en el núcleo externo.

Se trata de una característica especial del planeta Tierra, debida a la peculiar estructura de su núcleo ferroso. En Marte, por ejemplo, el campo magnético es casi inexistente. Pero es un escudo protector “muy especial”, pues frena los rayos nocivos, pero deja pasar los que nos vienen bien, siendo transparente para la luz y el calor...



Atmósfera

Composición de la atmósfera.

Debido a que tenemos un cerebro grande y somos criaturas móviles, necesitamos una atmósfera especial, a base de hidrógeno, nitrógeno y oxígeno, con algo de dióxido de carbono y vapor de agua. “Casualmente”, la atmósfera que tenemos es exactamente la que necesitamos.

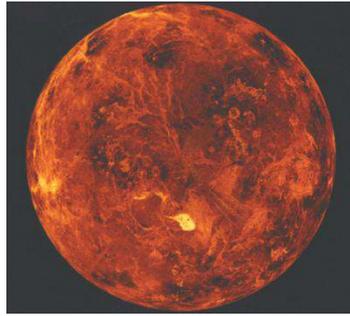
Para mantener el agua líquida, a base del calor que proporciona un efecto invernadero, un planeta que esté cerca de la frontera externa de la Zona Habitable Circumestelar necesita mucho dióxido de carbono en su atmósfera. (Cuando más lejos esté de su estrella, más gas carbónico necesita). Ahora bien, las criaturas grandes y móviles, como el hombre, requieren poco dióxido de carbono. Por eso, un planeta cercano al límite interior de la Zona Habitable Circumestelar, como la Tierra, será más fecundo biológicamente que otro más alejado.

Probablemente la Zona Habitable Circumestelar es mucho más estrecha de lo que se piensa, de tal modo que la zona ideal es la órbita de la Tierra.

La primitiva atmósfera de la Tierra era irrespirable.

Consideremos que la Luna no tiene atmósfera. Su temperatura está entre 130°C y -130°C. No existe la presión atmosférica (si se desgarraran las 21 capas del vestido de un astronauta, estallaría su cuerpo). En Venus domina el CO₂. No hay vapor de agua, sino una continua lluvia de ácido sulfúrico, con enorme presión atmosférica. En Marte abunda el CO₂. No tiene agua líquida. Es muy frío.

La atmósfera “habitable” se fue formando durante más de 3.000 millones de años. Durante otros millones de años las plantas fueron preparando la atmósfera adecuada para la vida humana. La fotosíntesis fue extrayendo el gas carbónico de la atmósfera y produciendo materia orgánica.

El planeta Venus.

Pero la radiación de alta energía que viene del Universo y del Sol puede destruir la vida. Para defenderla, la Tierra tiene cuatro líneas principales de defensas: el campo magnético del Sol, los planetas, el campo magnético terrestre y la atmósfera.

La atmósfera de la Tierra tiene una de las más extraordinarias coincidencias conocidas por la ciencia: una armonía misteriosa en la selección de las longitudes de onda de la luz emitida por el Sol, que permite atravesarla, es convertida por las plantas en energía química y, al mismo tiempo, es detectada por el ojo humano.

El ojo humano percibe las distintas longitudes de onda de luz como diferentes colores, desde el violeta (las ondas más cortas), hasta el rojo (las más largas).

Las longitudes de onda visibles se miden en diez mil millonésimas de metro (unidades Ångstroms: Å). En un extremo del espectro, el azul se ve a 4.800 Å. En el otro, el rojo a 6.600 Å.

La atmósfera de la Tierra es transparente a la radiación entre 3.100 y 9.500 Å y a las ondas de radio, mucho más largas.

La radiación visible está cerca de la mitad, entre 4.000 y 7.000 Å, precisamente el rango en el que el Sol emite el 40% de su energía. Su espectro hace un pico justo en el medio del espectro visible, a 5.500 Å.

El espectro visible, la luz más útil para ver y vivir es como un filo de navaja de afeitar entre las emisiones electromagnéticas del Universo natural: alrededor de una parte en 10²⁵: 1.000.000.000.000.000.000.000.000.

“Al considerar la importancia de la luz visible para todos los aspectos de la vida en la Tierra, no ayuda asustarse por lo dramáticamente estrecha ventana de la absorción atmosférica.” (Encyclopaediae Británica)

Nuestra atmósfera alcanza un equilibrio perfecto, dejando pasar la radiación útil para la vida y bloqueando la energía letal.

Los océanos dejan pasar una ventana aún más estrecha del espectro, principalmente azules y verdes, impidiendo el paso de las demás radiaciones cerca de la superficie, donde alimentan la vida marina de la biosfera de la Tierra.

La energía de la luz del Sol que deja pasar la atmósfera mantiene un gran número de organismos fotosintéticos, que a su vez sostienen una exuberante y diversificada biosfera.

La radiación ultravioleta es crucial para la oxigenación de la atmósfera de un planeta. A lo largo de dos mil millones de años, la radiación ultravioleta del Sol disoció moléculas ricas en hidrógeno, como el metano y el agua, perdiendo hidrógeno, lo que permitió que el oxígeno llegara a ser tan abundante en nuestra atmósfera.

Las radiaciones ultravioletas, más cortas y, por consiguiente, más peligrosas, son absorbidas por la capa de ozono.

La atmósfera nos protege del resto de radiaciones cortas y nocivas: rayos X, gamma y cósmicos. La radiación infrarroja, invisible, resulta parcialmente absorbida, pero la notamos como calor.

La atmósfera terrestre tiene también la cualidad de quemar casi todos los asteroides que entran en ella, y que vemos como “estrellas fugaces”. En realidad, estamos viendo el momento final de la vida de un asteroide que, al entrar en contacto con la atmósfera, ésta lo quema. (La Luna no tiene atmósfera, por lo que no puede quemar los meteoritos que llegan).

Pero Tierra firme y atmósfera transparente no serían suficientes ni tendrían excesiva utilidad si no hubiera **días y noches**.

Para que existan, nuestro planeta debe girar regulando la intensa luz directa del Sol.

Si la Tierra mantuviera siempre la misma cara dirigida al Sol (como hace la Luna con nosotros), en una parte habría luz y calor perpetuos y en otra oscuridad y frío continuos. La diferencia de temperaturas entre ambas caras sería hostil a la vida compleja.

En resumen, hay una serie de elementos que, juntos, proporcionan la mejor de todas las sedes para la vida:

- un gran satélite estabilizador,
- su órbita estable,
- la existencia de la tectónica de placas,
- su campo magnético oscilante,
- el duradero ciclo hidrogeológico de la Tierra,
- retroalimentación biológica,
- su atmósfera transparente,
- efecto invernadero,
- una órbita circular cuidadosamente situada alrededor del correcto tipo de estrella,
- la presencia de elementos volátiles tempranos, proporcionados por asteroides y cometas,
- la existencia de planetas gigantes alrededor para protegernos de frecuentes bombardeos por parte de cometas,
- un Sistema Solar cuidadosamente situado en la Zona Habitable Galáctica, dentro de una Galaxia espiral y en el momento adecuado,
- tempranas explosiones de supernovas que nos proporcionaron el hierro y el carbono,
- de una rara presencia de supernovas cercanas,
- de un exquisitamente bien sintonizado grupo de leyes físicas, parámetros y condiciones iniciales.

El físico y astrónomo Hugh Ross¹⁷ enumera más de una veintena de parámetros que requieren un "ajuste fino" de su valor con objeto de que nuestro Universo sea lo suficientemente "hospitalario" con la vida.

¹⁷ Ross, Hugh 1998 *Design and the Anthropic Principle* <http://www.reasons.org/resources/papers/design.html> Ross, Hugh 1995. *The Creator and the Cosmos: How the Greatest Scientific Discoveries of the Century Reveal God*. Colorado Springs: Navpress.

Principio Antrópico

Considerando todo lo anterior, muchos científicos, comprendiendo que la aceptación de los datos científicos implicaría aceptar a Dios Creador, con las consecuencias filosóficas, religiosas y morales que eso supondría en su vida, siguen defendiendo que la existencia del hombre sobre la Tierra es producto del azar y que es muy normal que exista vida inteligente en multitud de planetas en el Universo. Por supuesto, vida sin ningún sentido ni finalidad, pues surge y desaparece sin más sentido. Son las distintas formulaciones del “**Principio Copernicano**” filosófico que hemos visto, con un Universo en el que ni Dios ni el hombre pintan nada.

Otros científicos aceptan los datos objetivos y reconocen un comienzo del Cosmos.

A lo largo de los siglos, el pensamiento humano oscila entre un “**Principio Copernicano**”, y un “**Principio Antropocéntrico**”, que pone al hombre en una situación de privilegio, ya sea en el sistema tolemaico con la Tierra en el centro o, más recientemente, con el “**Principio Antrópico**” que nos presenta un Universo orientado hacia el hombre.

“**El Principio Antrópico**” parte de que hay tal acumulación de características en el Universo con relación a la vida humana, que hacen pensar que la vida humana en la Tierra no es un resultado casual, sino que ha sido pretendida.

La palabra proviene del griego “anthropos” (ἄνθρωπος), que significa hombre.

El nombre lo puso el físico **Brandon Carter**, en 1974, en una conferencia al Sindicato Internacional Astronómico,¹⁸ en la que dijo: “Lo que podemos esperar observar debe estar limitado por las condiciones necesarias para nuestra presencia como observadores. Aunque nuestra situación (en el Universo) no es necesariamente central, es necesariamente privilegiada en algún grado.”

No obstante, la idea encerrada en este Principio ya había sido utilizada antes en varias ocasiones. En 1957 **Robert Henry Dicke**¹⁹ escribió: “La edad ‘actual’ del Universo no es casual, sino que está condicionada por diversos factores biológicos. Los cambios en los valores de las constantes fundamentales de la Física deberían concluir con la existencia de un humano.”

También anteriormente se encuentran formulaciones equivalentes del Principio en textos como el de **Alfred Russel Wallace**,²⁰ publicado en 1903 donde se lee lo siguiente: “Un Universo tan vasto y complejo como el que nos rodea puede que sea absolutamente necesario para producir un mundo tan adaptado al desarrollo de una vida que habría de culminar en la aparición del ser humano.”

El mismo año, en que Carter proponía el Principio Antrópico, **Gerald J. Whitrow** (Univ. de Londres) defendió que es necesario un Universo tan grande para poder ser habitado por organismos vivientes.

Más tarde lo desarrolló **John Archibald Wheeler** (Univ. de Texas), “El físico de los físicos”:

“Son tantas las coincidencias peculiares a lo largo de tantos miles de millones de años, para que el hombre exista, que no puede negarse la impresión que se tiene de que la naturaleza va siendo dirigida hacia ese fin. No por intervenciones arbitrarias y esporádicas, sino por el juego sabiamente previsto de todas sus fuerzas y leyes naturales, que dan el resultado que observamos a partir de un **delicadísimo ajuste** de las condiciones iniciales. El Universo es así de grande porque nosotros existimos.”

¹⁸ Brandon Carter: “Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology”.

¹⁹ R.H. Dicke, *El principio de equivalencia y las interacciones débiles*, Rev.Mod.Phys. 29, 355 (1957).

²⁰ Alfred Russel Wallace, *El lugar del hombre en el Universo*, pág. 256-7 en la edición de 1912.

"Se puede demostrar en el terreno de la probabilidad matemática que la multitud de circunstancias que concurren en la Tierra, capaces de hacer a nuestro astro apto para mantener la vida, semejante a la que nos rodea, es tan difícil que coincidan... que puede afirmarse sin mucha exageración que nuestro planeta es habitable contra toda probabilidad, y que, por lo tanto, si lo es, se debe sencillamente a que fue hecho «para ser habitado» (Is 45,18)."²¹

“No es sólo que el hombre está adaptado al Universo, sino que el Universo está adaptado al hombre. En un Universo en el que cualquiera de las constantes físicas fundamentales se alterase en un mínimo porcentaje, el hombre nunca hubiera existido. Éste es el punto central del principio antrópico. Según este principio, en el centro de toda la maquinaria y diseño del mundo subyace un factor dador-de-vida.”

Es decir que, contra lo que defendía Darwin, no existe el Universo y 'después y casualmente' apareció la vida humana, sino que el Universo está organizado 'así' para que aparezca la vida humana. Son tantos los factores cuya cooperación es necesaria para que pueda darse la vida, que sería imposible su conjunción, incluso por cálculo matemático de probabilidades, de no mediar una intervención ordenadora consciente y superior.

John Gribbin: “El ‘Principio Antrópico’ enuncia que nuestro Universo parece ser **hecho a nuestra medida** porque la gente como nosotros solamente puede evolucionar en este tipo de Universo”.

Freeman Dyson: “Cuando miramos el Universo e identificamos los muchos accidentes de la Física y la Astronomía que han trabajado juntamente para nuestro beneficio, casi parecería que el Universo conocía que nosotros vendríamos”.

Fred Hoyle, tras reconocer que era falso el “Estado Estacionario”, que él había propuesto, publicó en 1983 "El Universo Inteligente", que fue noticia de primer orden: Hasta THE TIMES publicaba la noticia con este título: "El astrónomo que ha visto la Luz."

Hablando de los requisitos precisos necesitados en la naturaleza para sintetizar los átomos apropiados de carbón e hidrógeno para la vida, observó: “Si usted quisiera producir carbón y oxígeno en cantidades aproximadamente iguales por nucleosíntesis estelar, habría que ajustar estos dos niveles, y su ajuste debería estar exactamente donde ya se encuentran... Una interpretación de los hechos llena de sentido común sugiere que un ser superinteligente ha jugueteado con la física, con la química y la biología, y que no existen fuerzas ciegas en la naturaleza.”

Para Fred Hoyle el origen de la vida está fuera del Universo. Depende de una acción de una inteligencia suprema que gobierna la vida en la Tierra y al Universo entero.

Hoy Hoyle rechaza el postulado fundamental del darwinismo: El hombre posee unas características que la selección natural por el azar no produciría jamás desde un caldo inorgánico. (Milagro que aceptan sin crítica los negadores de milagros).

Para que de ese magma amorfo surgieran las 2.000 enzimas o fermentos esenciales para la vida, las posibilidades son estadísticamente equivalentes a que unos dados sin truco sacaran el 6 doble 50.000 veces seguidas, sin una variación. Probabilidad de $1/10^{40.000}$. Una por cada 6.666 "sesillones"

Paul Davies: “La Tierra está dotada de “conveniencias” asombrosas. Sin la capa de ozono encima de la atmósfera, la radiación letal ultravioleta del Sol nos destruiría, y sin la presencia de un campo magnético, las partículas subatómicas del cosmos inundarían la superficie de la Tierra. Considerando que el Universo está lleno de cataclismos, nuestro pequeño rincón del cosmos goza de una tranquilidad benigna. Para aquellos que creen que Dios creó el mundo para la humanidad, parece que todas estas

²¹ The American Scientist, XII-1974; PENSAMIENTO, n° 42, vol. 11, pg. 196.

condiciones no son un arreglo de circunstancias caprichosas o al azar, sino que reflejan un entorno preparado cuidadosamente, en el cual los humanos pueden vivir holgadamente, un ecosistema pre-ordenado donde la vida encaja naturalmente y un mundo hecho a la medida”.

Stephen William Hawking, que junto con Roger Penrose había mostrado que la Teoría General de la Relatividad de Einstein implica que el espacio y el tiempo han de tener un principio en el Big Bang y un final dentro de agujeros negros, comentó el Principio de Carter: “Vemos el Universo como es porque existimos. Existen ciertas condiciones que son necesarias para el desarrollo de vida inteligente: de todos los Universos concebibles, solamente en aquellos donde estas condiciones ocurran existirán seres que puedan observar el Universo. Por eso nuestra existencia requiere que el Universo tenga ciertas propiedades...”.

En 1986 **John D. Barrow y Frank J. Tipler**²² publicaron el controvertido libro “*El principio antrópico cosmológico*.” En él pretendían explicar la aparentemente increíble serie de coincidencias que permiten nuestra presencia en un Universo que parece haber sido perfectamente preparado para garantizar nuestra existencia. Todo lo que existe, desde las constantes energéticas concretas del electrón hasta el preciso nivel de la fuerza nuclear fuerte parece haber sido precisamente ajustado para nuestra existencia. La existencia de la vida basada en el carbono en este Universo es compatible con diversas variables independientes; y si alguna de estas variables independientes tuviera un valor ligeramente diferente, la vida basada en el carbono no podría existir.

Hemos ido viendo cómo los cálculos teóricos coinciden con los descubrimientos modernos, asentando la idea de que el Universo comenzó con una “Creación” que, lógicamente, tuvo que estar hecha por un “Creador”.

Ahora bien, el Principio Antrópico da un paso más, expresando una visión teleológica del Universo, pues postula que éste fue diseñado con el propósito específico de que apareciera la vida humana. Veremos cómo los científicos utilizan términos como “ajustado”, “diseñado”, “diseñador”, etc., que nos hacen saltar del ámbito de la Ciencia al de la Teología.

En palabras de **Hugh Ross**²³: “La existencia humana es posible porque las constantes de la física y los parámetros del Universo y del planeta Tierra yacen dentro de unos rangos altamente restrictivos. John Wheeler y otros interpretan esas impresionantes "coincidencias" como prueba de que la existencia humana determina de alguna manera el diseño del Universo.

Las constantes de la física y los parámetros del Universo apuntan hacia la existencia de un **diseñador** que trasciende las dimensiones y los límites del Universo físico.”

Robert Jastrow: “Parece que el Universo fue construido dentro de límites muy estrechos, para que el hombre pudiera vivir en él. En mi opinión, **éste es el resultado más teísta que nunca haya venido de la ciencia...**”²⁴

Comprendiendo las consecuencias de la evidencia científica que apoya las versiones del Principio Antrópico, muchos científicos materialistas no lo han aceptado. Aunque, cuando son más sinceros, les cuesta mucho evitar las implicaciones claras de sus hallazgos.

Paul Davies explica por qué a algunos no les agradan las consecuencias del Principio Antrópico:

“El Principio Antrópico representa un desvío radical del concepto convencional de la explicación científica. En esencia, clama que el Universo está hecho a la medida para la habitabilidad, y que tanto

²² Barrow, John D. and Tipler, Frank J. 1986. *The Anthropic Cosmological Principle*. Oxford University Press.

²³ Resumen que aparece en Ross, Hugh 1998, *Design and the Anthropic Principle*, <http://www.reasons.org/resources/papers/design.html>.

²⁴ Robert Jastrow: *El Principio Antrópico*, 1984, pp. 21,22.

la ley de la física como las condiciones iniciales se arreglan en tal manera que los organismos vivos tienen su existencia asegurada. En este respecto el Principio Antrópico es semejante a la explicación tradicional religiosa del mundo: que Dios hizo el mundo para que la humanidad lo habite.

El ajuste uniforme de la materia cósmica, y la frescura consiguiente del espacio, son casi milagrosos, una conclusión que se parece mucho al concepto religioso tradicional de un mundo construido por Dios con propósito para la habitación subsiguiente de la humanidad.

Muchos creyentes encontrarán apoyo en estas ideas para la creencia de que el Creador no martilló el clavo cósmico al azar, sino que lo hizo con precisión finamente computada, con el propósito expreso de seleccionar un Universo adecuado para ser habitado”.

Hawking observó: “Las leyes de la ciencia, como las conocemos hoy en día, contienen muchas cifras fundamentales, como la medida de la carga eléctrica del electrón y la proporción de las masas del protón y del electrón. ...

El hecho a destacar es que los valores de estas cifras parecen haber sido ajustados muy delicadamente para hacer posible el desarrollo de la vida. Por ejemplo si la carga eléctrica del electrón hubiera sido sólo un poco diferente, las estrellas no habrían podido quemar hidrógeno y helio, o no explotarían. ...

Parece claro que existen relativamente pocas variaciones de valores para las cifras que permitirían el desarrollo de cualquier forma de vida inteligente. Muchos grupos de valores darían origen a Universos que, aunque fueran muy hermosos, no tendrían a nadie capaz de admirar esa hermosura. Se puede tomar esto como una evidencia del propósito divino en la Creación y la elección de las leyes de la ciencia o como el apoyo para el Principio Antrópico.”

En su libro *Historia del tiempo*, tratando sobre el tema de la formación del Universo, concluye diciendo que, si no fuese como es, nosotros no existiríamos.

“El estado inicial del Universo debería haber tenido exactamente la misma temperatura en todo lugar para explicar el hecho de que la radiación de fondo tenga la misma temperatura en toda dirección que miramos. El índice de expansión inicial también tendría que haber sido escogido con mucha precisión para que sea tan cercano al índice crucial necesitado para evitar el re-colapso. Esto significa que el estado inicial del Universo efectivamente tendría que haber sido escogido muy cuidadosamente si el modelo caliente del Big Bang fue correcto en el principio del tiempo. **Sería muy difícil explicar por qué el Universo comenzó de esta manera, excepto por el acto de un Dios que quiso crear seres como nosotros.**”

Quizás la formulación más llamativa haya sido la del astrofísico soviético **Boris Shklovskii**, que afirmó en un Congreso en 1977 que la aparición de vida inteligente en la Tierra era "un verdadero milagro", y que podría ser un caso prácticamente único en el Universo."

Esto supuso cambio de opinión respecto a la formulada por él mismo en el libro "Intelligent Life in the Universe", publicado en 1966 en cooperación con Carl Sagan.

El Principio Antrópico sugiere que vivimos en un Universo cuidadosamente ajustado, es decir, un Universo que parece haber sido meticulosamente adaptado para permitir la existencia de la vida que conocemos. Si cualquiera de las constantes físicas básicas hubiese sido diferente, la vida, tal como la conocemos, no habría sido posible. El Universo está ajustadísimo en su estructura, para que pueda existir hoy el hombre en él. Los científicos eliminan la posibilidad de que haya surgido así por casualidad, por azar.

Einstein: “Yo considero la comprensibilidad del mundo como un milagro o un eterno misterio, porque a priori debería esperarse un mundo caótico, que no pudiera en modo alguno ser comprendido por el pensamiento.”

El físico matemático **Roger Penrose**²⁵ calculó la probabilidad de que nuestro Universo hubiera surgido por azar: equivaldría a seleccionar un caso entre la unidad seguida de un quintillón de ceros de casos posibles.

Es más, nuestro Universo no sólo nació ordenado, que ya es mucho, sino que, después de 13.700 millones de años, todavía conserva el orden, desafiando a las leyes de la Entropía.

Herman Bondi: “La probabilidad de que coincidencias entre números del orden del 10^{40} ($1/10.000_6000.000_5000.000_4000.000_3000.000_2000.000_1000.000$: diez mil sexillones) sean debidas al azar es tan pequeña que resulta difícil resistir a la conclusión de que representan la expresión de una profunda relación entre el Cosmos y la microfísica, relación cuya naturaleza no es comprendida aún.” (Cosmología, 1961)

Si en el Universo hubiera habido el más mínimo cambio en su tamaño, edad, velocidad, estructura o en alguna de sus constantes físicas no habiéramos podido existir.

Por ejemplo, a nivel subatómico, la fuerza nuclear fuerte acopló a los quarks u y d para formar protones y neutrones. Luego, a éstos en los núcleos de sus átomos. La fuerza electromagnética acopló a las partículas con carga eléctrica: protones y electrones. Entonces la carga eléctrica de los quarks u y d fue una fracción de la carga eléctrica del electrón. Así, la suma de dichas cargas dio más uno, en el caso del protón, y cero, en el del neutrón. De este modo quedaba asegurada la neutralidad eléctrica de los átomos y, por consiguiente, de la materia.

El más ínfimo cambio en los quarks, protones, neutrones o electrones, tanto en su masa como en su carga eléctrica, hubiera impedido la formación de átomos.

Si la fuerza nuclear fuerte hubiera sido un 2% más fuerte, el Universo estaría hecho casi por entero de He.

Al no haber H no se hubiera formado el agua ni la materia orgánica necesaria para la vida. Y como el H es el combustible principal de las estrellas, tampoco éstas hubieran podido existir.

Si la fuerza nuclear fuerte disminuyera en un 5%, no existirían estrellas de larga vida.

La perfecta coordinación entre tantos elementos independientes hace que un simple átomo sea un ejemplo de causa final.

Este perfecto orden permitió al ruso **Dimítiri Ivánovich Mendeléyev**, formular, en 1869, la Tabla Periódica de los elementos, que es reflejo del orden que reina en la materia, orden que no se puede crear a sí mismo. El orden de esta Tabla le hizo posible predecir las propiedades que tendrían tres elementos químicos que aún no habían sido descubiertos.

Dimítiri Ivánovich Mendeléyev
formuló en 1869
la Tabla Periódica de los elementos.



²⁵ En 2006 Penrose editó *El camino a la realidad: Una guía completa a las leyes del Universo*, un libro de 1.099 páginas con la intención de crear una guía general sobre las leyes de la física, y que constituye uno de los mejores libros de divulgación de las últimas décadas.

A este prodigioso y ajustadísimo orden, hay que añadir lo que podríamos llamar “**Mecanismos de seguridad**”.

Por ejemplo, el de giro de toda la naturaleza. El Universo es un fabuloso ti vivo: todo gira, desde el electrón hasta la Galaxia.

Los objetos celestes suelen tener por lo menos dos movimientos: giro sobre sí mismos (rotación) y alrededor de otro objeto (traslación).

Gira el electrón en torno al núcleo. Los protones y neutrones dentro del núcleo. Las subpartículas, alrededor de un eje: lo que los físicos llaman “espín”. La Luna gira en torno a la Tierra a la distancia y velocidad adecuadas. La Tierra en torno al Sol, también a la distancia y velocidad más ajustadas (La Tierra viaja a la velocidad de unos 108.000 km/h.; al día recorre más de dos millones y medio de kilómetros). El Sol gira alrededor del núcleo de la Vía Láctea (invierte un año cósmico (250 millones de años) en dar una vuelta a la Galaxia). En nuestra Galaxia, ciento cincuenta mil millones de estrellas, como bailarinas de un gigantesco ballet cósmico, giran alrededor del núcleo central. Y la Galaxia en el Grupo Local...

Este girar engendra una fuerza centrífuga neutralizadora de las fuerzas gravitatorias, evitando el colapso gravitatorio.

Los físicos no saben explicar por qué los cuerpos giran sobre sí mismos ni por qué rotan alrededor de otros.

La máquina creadora del Universo

Guillermo González y **Jay W. Richards**, en su libro “EL PLANETA PRIVILEGIADO”²⁶, proponen este ejemplo:

Has sido capturado por unos alienígenas, muy inteligentes. Entre otras cosas, pueden viajar en el tiempo. Te transportan al momento del Big Bang y te llevan a una habitación, con un complicado aparato en el centro, con decenas de enormes diales, como los de una caja de caudales. Encima de cada dial hay letreros: «*Constante de la Fuerza Gravitacional*», «*Constante de la Fuerza Electromagnética*», «*Constante de la Fuerza Nuclear Fuerte*», «*Constante de la Fuerza Nuclear Débil*».

Te dicen que es la Máquina de crear Universos.

Hay una pantalla que permite ver con antelación qué es lo que los diferentes ajustes producirán antes de apretar la tecla “*Inicio*”.

- «Los diales deben ser sintonizados con mucha precisión o la máquina creadora del Universo escupirá basura: un Universo que colapsa en pocos segundos en un agujero negro o que vaga sin rumbo fijo indefinidamente».
- «¿Y cómo hay que sintonizar exactamente los botones?», preguntas.
- «Hasta este momento, sólo se ha encontrado una combinación que produzca un Universo habitable».
- «Es decir, ¿que sólo hay dos Universos habitables, aquel en el que vivís vosotros y el nuestro, que vosotros creasteis?».
- «Bueno, propiamente no: sólo hay uno».
- «Entonces, ¿qué tipo de mágico comienzo os permitió crear el Universo con vosotros existiendo ya en él?».
- «Bueno..., nosotros no hemos inventado nada. De hecho, la máquina no la hemos hecho nosotros. La hemos encontrado con los diales ya colocados en su sitio. La máquina había hecho su trabajo antes de que llegásemos. Desde entonces, hemos estado buscando otro grupo de combinaciones de diales para crear otro Universo habitable, pero hasta ahora no hemos encontrado ninguno».

Esta historia imaginaria ilustra uno de los más asombrosos descubrimientos del último siglo: el Universo parece estar ajustado con precisión para la existencia de vida.

²⁶ Guillermo González y Jay W. Richards: “EL PLANETA PRIVILEGIADO”, Ed. Palabra. Madrid, 2006. Pgs.227s.

Multisintonización

Es muy difícil ajustar un solo dial de nuestra Máquina Creadora del Universo, mientras los demás no varían.

Pero todos los diales, es decir, los valores de todas las constantes e intensidades de fuerza deben ser ajustados exacta y simultáneamente para poder obtener un Universo acogedor para la vida.

Para que exista el tipo de vida que conocemos el valor de la gravedad en relación con las otras fuerzas, como el electromagnetismo y las fuerzas nucleares, debe ser exactamente el que es.

Si utilizáramos estos valores al azar, no encontraríamos una combinación compatible con la vida ni con nada parecido a ella.

Las intensidades de las «fuerzas fundamentales»: gravitacional, nuclear fuerte, nuclear débil y electromagnética, son el ejemplo de sintonización exacta. Estas fuerzas afectan todas las cosas del cosmos. Y cada una debe tener un valor dentro de una franja muy estrecha para lograr que el Universo sea acogedor para la vida.

En el siglo XIX, muchos científicos pensaban que nuestra existencia era uno de los múltiples sucesos que ocurren en un Universo infinito y eterno. La exquisita sintonización del Universo lo contradice.



“Diseño inteligente”

Este conjunto asombroso de datos tan exactamente ajustados y armoniosos, hace que los científicos deduzcan que este Universo no puede ser producto del azar o casualidad, sino que estamos ante un Proyecto muy deliberado.

Ese fabuloso Proyecto se realizó aparentemente con la sencillez de muy pocos elementos: fotones, protones, neutrones y electrones, las cuatro fuerzas fundamentales y un número muy reducido de constantes físicas: velocidad de la luz, constante de gravitación universal, constante de Planck, carga del electrón y pocas más.

Pero, construido sobre una impresionante base matemática, no se ha podido hacer solo.

Del “Principio Antrópico” se pasa fácilmente al “Principio del Diseño”, que enuncia que el Universo fue construido con mucha precisión y que, si fuera un poco diferente, el hombre no podría estar aquí. Por consiguiente, tiene un Autor Inteligentísimo.

Algunos de los filósofos de la ciencia que apoyan las afirmaciones del principio antrópico proponen un nuevo Principio: el “Diseño Inteligente”

Cuando uno contempla cualquiera de las formas de vida que inundan la biosfera terrestre siente admiración. Todo ese derroche de imaginación de la naturaleza nos hace preguntarnos cómo ha surgido esa complejidad. Vemos diseño en las estructuras orgánicas y finalidad en sus funciones, e incrédulos ante la capacidad de organización de las leyes de la física y la química atribuimos todo el mérito a la voluntad creadora del Gran Diseñador.

El argumento del diseño ha sido utilizado como prueba de la existencia de un Creador del Universo. Un teólogo del siglo XVIII, William Paley, lo exponía en un pasaje de su *Teología Natural o pruebas de existencia y atributos de la divinidad, recogidas a partir de los aspectos de la naturaleza*, de 1803: “Supongamos que, al cruzar un zarzal, mi pie tropieza con una piedra, y se me pregunta cómo esa piedra ha llegado hasta allí. Podría contestar que, por lo que yo sabía, había estado allí desde siempre. Pero supongamos que hubiese encontrado un reloj en el suelo, y se me preguntase qué había sucedido para que el reloj estuviese en aquel sitio; yo no podría dar la misma respuesta que antes, de que, por lo que yo sabía, el reloj podía haber estado allí desde siempre. [Su precisión y la complejidad de su diseño nos forzaría a concluir] que el reloj debió de tener un fabricante, un artífice que lo construyera con una finalidad cuya respuesta encontramos en la actualidad; que concibió su construcción, y diseño su utilización. Nadie podría contrariar razonablemente esta conclusión, ya que cada manifestación de diseño que existe en el reloj, existe en las obras de la naturaleza; con la diferencia, por parte de éstas, de ser tan excelsas o más, y en un grado que supera todo cálculo.”

Para que exista este Universo ha sido necesario ante todo un **PROYECTO** fabuloso. Ante pruebas tan evidentes, un gran número de físicos y astrónomos han admitido que el Universo está “diseñado”.

Paul Dirac: “Dios es un matemático de altísimo nivel, que utilizó matemáticas sumamente avanzadas en la construcción del Universo”

James Jeans: “Dios es un matemático, y el Universo está empezando a parecerse más a un gran pensamiento que a una gran maquinaria”.

Freeman J. Dyson²⁷: “El Universo no sobrevive por estabilidad propia, sino por una sucesión de, al parecer, casuales «hangups», o de obstáculos, surgidos comúnmente de alguna propiedad cuantitativa del proyecto del Universo, que actúan deteniendo los procesos normales de la degradación de la energía”.

Carlo Rubbia, premio Nóbel de Física en 1984: “Cuando observamos la naturaleza quedamos siempre impresionados por su belleza, su orden, su coherencia. Al mirar por la noche las estrellas, tan hermosas y extremadamente místicas, uno siente que hay algo detrás. Hemos descubierto una imagen muy precisa y ordenada de nuestro mundo. Esto no puede ser consecuencia de la casualidad. Todos estos fenómenos, unidos con engranajes perfectos, no pueden ser resultado de una fluctuación estadística o una combinación del azar. Hay, evidentemente, algo o alguien haciendo las cosas como son. Vemos los efectos de esa presencia, pero no la presencia misma. Es éste el punto en que la Ciencia se acerca más a lo que yo llamo **Religión**.”

Allan Sandage, ganador del premio Craford de Astronomía: "Era casi un ateo prácticamente en la niñez. A los 50 años accedí a reconocer la existencia de Dios. La ciencia me llevó a la conclusión de que el mundo es mucho más complejo de lo que la propia ciencia puede explicar. El misterio de la existencia sólo puedo explicármelo mediante lo supernatural".

Robert Jastrow²⁸: “«Ahora vemos que la prueba procedente de la Astronomía conduce a un punto de vista bíblico del origen del mundo. Para el científico que ha vivido por su fe en el poder de la razón, la historia termina como una pesadilla. Él ha escalado las montañas de la ignorancia; está por conquistar la cumbre más alta; al subir con dificultad sobre la última roca, lo saluda un grupo de teólogos que han estado sentados allí durante siglos”.

²⁷ Energy in the Universe.

²⁸ God and the astronomers.

“El Universo está estallando delante de nuestros propios ojos, como si estuviéramos contemplando la secuela de una gigantesca explosión.”

Newton: "Esta admirable disposición del sol, los planetas y los cometas no puede ser obra sino de un ser inteligente y todopoderoso."

Einstein: "¡Lo más incomprensible del Universo es que es comprensible!"

"Allí estaba ese mundo enorme que existe independientemente de nosotros, los hombres, y que se nos presenta como un gran acertijo eterno, al menos en parte accesible para nuestro estudio."

Michael Denton: “Nuestro hogar planetario, que es un medio ambiente que contiene oxígeno, abundancia de árboles, y por ello de madera, y por tanto de fuego, está maravillosamente ajustado para ayudarnos en la tarea de abrir la puerta de la naturaleza.”²⁹

Guillermo González y Jay W. Richards “Uno de los más asombrosos descubrimientos del último siglo: el Universo, tal y como es descrito por las leyes y constantes físicas, parece estar ajustado con precisión para la existencia de la vida”.³⁰

“En el siglo XIX, muchos científicos pensaban que el Universo y nuestra existencia tenían una conexión pequeña o, en cualquier caso no fundamental, y que nuestra existencia era, simplemente, uno de los sucesos que ocurren en un Universo infinito y eterno. La buena sintonización del Universo contradice esto.”³¹

El físico **Paul Davies** se retractó de sus primeras opiniones, diciendo: “Existe para mí una evidencia poderosa de que hay algo por detrás de todo ello... Parece como si alguien hubiese sintonizado con precisión los números de la naturaleza para hacer el Universo. La impresión de que hay un diseño es aplastante.”³²

También el astrofísico **Fred Hoyle** tuvo que rechazar su hipótesis del “Estado Estacionario” y admitir: “Una interpretación de sentido común de los hechos sugiere que un Superintelecto ha jugado con la Física, con la Química y la Biología, y que no hay fuerzas ciegas de las que valga la pena hablar en la naturaleza”.³³

Robert Jastrow (Catedrático de Astronomía en la Universidad de Columbia): “Aunque a muchos astrónomos no les gusta utilizar esa palabra, hoy no se puede evitar el hablar de “Creación” al hablar del Universo.

Todo esfuerzo para hablar de un Universo con materia eterna se estrella contra los datos científicos. Estaba de moda a principios de siglo hablar de Universo eterno, y que la fe cristiana no estaba de acuerdo con la Ciencia... Pero la Ciencia ha tenido que dar la vuelta y admitir un comienzo.”

Como sugiere Jastrow, tras muchos siglos de esfuerzo los científicos están llegando a la conclusión de que este Universo fue hecho “ex profeso” y a medida, para que en él pudiera existir el ser humano.

Es “curioso” constatar que los últimos hallazgos de la Ciencia no hacen más que descubrir lo que la Revelación nos dice en su primera frase: “*En el principio creó Dios el Cielo y la Tierra*” (Gn 1,1).

De hecho, y no deja de ser significativo, han sido precisamente los teólogos cristianos los primeros que han ahondado en la noción bíblica de la creación:

²⁹ Michael Denton: *Nature's Destiny*, 1998, p. 262.

³⁰ Guillermo González y Jay W. Richards: “El Planeta Privilegiado”, Palabra. Madrid. 2006. Pgs. 228s.

³¹ Guillermo González y Jay W. Richards: “El Planeta Privilegiado”, Palabra. Madrid. 2006. Pg. 229.

³² Paul Davies, *The Cosmic Blueprint: New Discoveries in Nature's Creative Ability to Order the Universe*, 1989, pg. 203.

³³ Fred Hoyle: *The universe: Past and Present Reflections*., 1982, pg. 16.

S. Agustín: “El mundo no fue hecho en el tiempo, sino con el tiempo. Antes del mundo no pudo existir el tiempo, puesto que no había criatura alguna por cuyos movimientos mudables se realizase el tiempo. El tiempo no existe sin alguna mutabilidad sucesiva, y no habría existido si no fuera formada la criatura, que sufriera algún cambio”.³⁴

S. Agustín intuye que con el comienzo del Universo empezó el tiempo.³⁵

S. Isidoro de Sevilla (siglos V y VI): “Antes de existir el mundo no existía el tiempo, pues el tiempo es una criatura de Dios; por tanto el tiempo apareció con el comienzo del mundo” (De summo bono).

Sto. Tomás: “Cuatro cosas fueron creadas al mismo tiempo: el cielo empíreo, la materia corporal, el tiempo y la naturaleza de los ángeles”.³⁶

E incluso judíos, como Maimónides y Nahmánides (ambos españoles):

Nahmánides (Rabí Moseh Nahman: judío nacido en Gerona (año 1195) y muerto en Jerusalén (1270). Llama la atención que se adelantara a la Ciencia, nada menos que ocho siglos:

“En el mínimo instante subsiguiente a la creación, toda la materia del Universo estaba concentrada en un lugar muy pequeño, no mayor que un grano de mostaza. La materia, en ese momento, era tan poco densa, tan intangible, que carecía de sustancia real, pero tenía el potencial para ganar sustancia, formarse y convertirse en materia tangible. A partir de esa contracción inicial de sustancia intangible en un lugar minúsculo, la sustancia se expandió, y expandió el Universo a un mismo tiempo. Con el progreso de la expansión, se produjo un cambio en la sustancia; de ser inicialmente incorpórea e intangible, pasó a adquirir los aspectos tangibles de la materia tal como la conocemos. A partir de ese acto inicial de la creación se formó todo lo que existe y todo lo que existirá, todo lo que fue, es y será”.



Pléyades.

³⁴ De Civitate Dei, IX, 6.

³⁵ Confesiones, Libro 11, cap. 6; cap. 30.

³⁶ Summa Theologica, I, c. 46, a. 3.

¿Conclusiones?

Como decíamos al comienzo, el gran interés que despiertan las investigaciones científicas está fuertemente estimulado por una cuestión de otro orden, y que supera el dominio propio de las Ciencias Naturales. En el fondo, no se trata sólo de saber cuándo y cómo ha surgido materialmente el Cosmos, ni cuando apareció el hombre, sino más bien de **descubrir cuál es el sentido** de tal origen: si está gobernado por el azar, un destino ciego, una necesidad anónima, o bien por un Ser trascendente, inteligente y bueno, llamado Dios.³⁷

Los datos científicos, si bien no fundamentan nuestra fe, la ayudan, pues manifiestan que Dios creó el Universo con gran Sabiduría (cf. Sb 9,9), que éste no es producto de una necesidad cualquiera, de un destino ciego o del azar, sino que procede de la voluntad libre de Dios, que ha querido hacer participar a las criaturas de su Ser, de su Sabiduría y de su Bondad: "*Porque tú has creado todas las cosas; por tu voluntad lo que no existía fue creado*" (Ap 4,11). "*¡Cuán numerosas son tus obras, Señor! Todas las has hecho con sabiduría*" (Sal 104,24). Si hay un orden y equilibrio tan maravillosos en el Universo es porque es la Sabiduría de Dios la que lo ha creado: "*Tú todo lo dispusiste con medida, número y peso*" (Sb 11,20).³⁸

Hace ya 28 siglos, el Profeta Isaías escribía: "*Dios es quien creó y planeó la Tierra; no la creó caótica, sino que la plasmó para ser habitada*" (45,18).

S. Pablo pudo exclamar: "*Lo invisible de Dios, desde la creación del mundo se deja ver a la inteligencia a través de sus obras.*" (Rm 1,20).

¿Terminamos aquí? ¡No! Hemos visto unos presupuestos, pero lo más apasionante empieza precisamente ahora.

Basándonos en la Revelación de Dios, sabemos que el Universo ha sido creado en y por el Verbo eterno, "*imagen del Dios invisible*" (Col 1,15), y que está destinado al hombre, imagen de Dios (cf. Gn 1,26), llamado a una relación personal con Él.³⁹

Dios ha creado todo para el hombre⁴⁰, pero el hombre ha sido hecho para Dios.⁴¹

S. Juan Crisóstomo lo explicaba ya en el siglo IV: "¿Cuál es el ser que va a venir a la existencia rodeado de semejante consideración? Es el hombre, grande y admirable figura viviente, más precioso a los ojos de Dios que la creación entera; es el hombre, para él existen el cielo y la tierra y el mar y la totalidad de la creación, y Dios ha dado tanta importancia a su salvación que no ha perdonado a su Hijo único por él. Porque Dios no ha cesado de hacer todo lo posible para que el hombre subiera hasta él y se sentara a su derecha".⁴²

Más aún, dando un nuevo y definitivo paso más profundo, nos dice la Iglesia que "el misterio del hombre sólo se esclarece en el misterio del Verbo encarnado".⁴³

³⁷ Cfr. Catecismo de la Iglesia Católica, 284.

³⁸ Cfr. Catecismo de la Iglesia Católica, 295; 299.

³⁹ Cfr. Catecismo de la Iglesia Católica, 299.

⁴⁰ Cf. Gn 12,1; 24,3; 39,1.

⁴¹ Cfr. Catecismo de la Iglesia Católica, 358.

⁴² S. Juan Crisóstomo, In Gen. Sermo 2,1.

⁴³ Concilio Vaticano II: GS 22,1.

S. Pablo lo concreta: Dios Padre nos ha elegido en Cristo “antes de la creación del mundo, para ser santos e inmaculados en su presencia, en el amor; eligiéndonos de antemano para ser sus hijos adoptivos por medio de Jesucristo... dándonos a conocer el Misterio de su voluntad...: hacer que todo tenga a Cristo por Cabeza, lo que está en los cielos y lo que está en la tierra” (Ef 1,3ss).

Esto es algo infinitamente más bello y trascendente, pues nos eleva por encima de las dimensiones cósmicas de espacio y tiempo a la esfera eterna e infinita del mismo Dios, nos descubre nuestro verdadero ser de hijos de Dios y abre nuestra existencia a perspectivas de eternidad...

Pero esto es demasiado grande e importante como para tocarlo ahora....

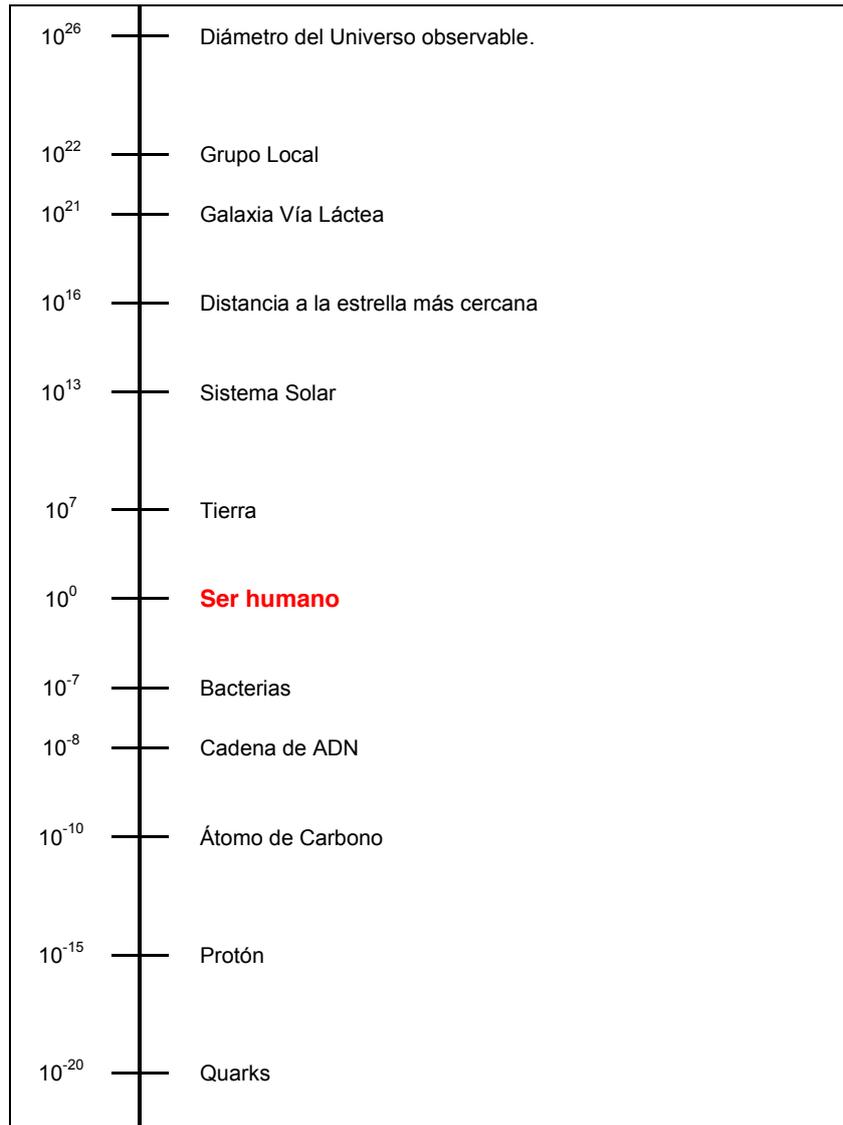


Andrómeda.

Nota.- Escala de tamaños del Universo.

A título de curiosidad, puede ser interesante tener en cuenta el siguiente dato.

Los seres humanos a menudo nos consideramos insignificantes motas de polvo, comparados con la amplitud del cosmos. Sin embargo, el tamaño del hombre está en la media geométrica de los tamaños extremos del Universo. Estamos en el centro de la escala de tamaños, que se extiende desde los quarks hasta el Universo observable, cuando se representa en una escala logarítmica (potencias de diez). Somos muy pequeños si consideramos las Galaxias. Somos muy grandes si nos fijamos en los quarks. Por consiguiente, ¿con qué tenemos que medirnos o compararnos? No con otros seres materiales, sino con el Proyecto que Dios quiso para nosotros cuando hizo todo lo que nos rodea...

**Escala de tamaños del Universo**

El ser humano está aproximadamente en medio de la escala de tamaños del Universo. Lo representamos en escala logarítmica (potencias de diez). Este tamaño es el óptimo. Los tamaños aproximados y las distancias se indican en metros.

**Palencia, 24 de junio de 2007,
Fiesta del Nacimiento de San Juan Bautista,
Solsticio de verano.**

A. M. D. G.