

# Acerca del llamado principio antrópico

César  
González Ochoa

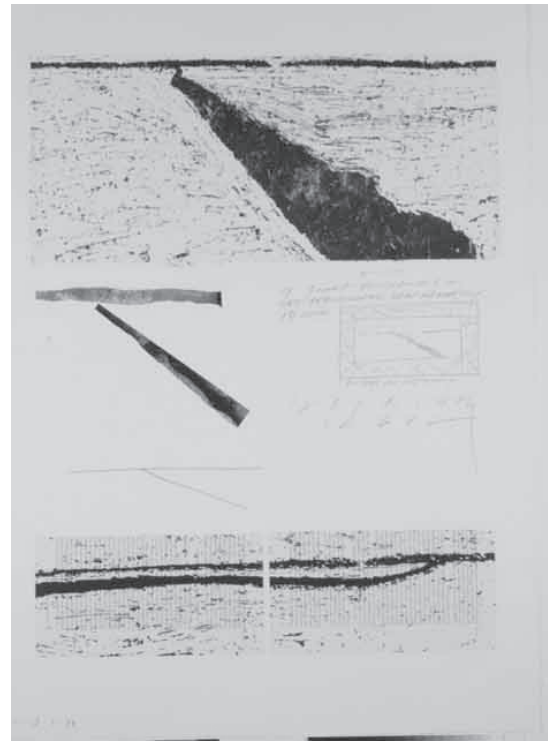
Tradicionalmente y desde diversos puntos de vista, siempre hemos considerado que el universo fue construido con un propósito, y hay varias evidencias acerca de ello: existen recursos para la vida, abundancia de aire y agua, la atmósfera detiene las radiaciones provenientes del espacio que pueden ser peligrosas para la vida, el Sol alumbra y calienta durante el día y nos permite dormir durante la noche; en suma, todo está organizado para conveniencia de la vida humana. Este principio de que el universo tiende a lo humano, a hacer posible la vida y a mantenerla, se ha denominado principio antrópico y se basa en el hecho de que nuestra misma existencia determina, en una medida considerable, las propiedades del universo que contemplamos. El principio antrópico sostiene que los seres humanos, como observadores, son necesarios para la existencia misma del universo. Este principio, tal como fue enunciado por Brandon Carter, dice que el universo debe estar construido de tal manera que admita en su seno la creación de observadores en alguna de sus etapas, aunque la existencia de cualquier organismo que pueda calificarse como observador sólo será posible dentro de ciertas combinaciones restringidas de parámetros.

Según algunos autores, incluyendo divulgadores como Asimov, la pregunta de por qué un universo tan enorme es sólo para nosotros tiene una respuesta obvia: el universo es tan grande porque es muy viejo, y ello es para que nosotros tengamos tiempo de evolucionar. Esta respuesta parece simplista pero vale la pena analizarla. Si el universo está en expansión, y tiene una extensión finita, para saber sus dimensiones se requiere saber su edad, que se asume de unos quince mil millones de años; por tanto su dimensión debe ser la distancia recorrida en ese tiempo por las más lejanas galaxias que se desplazan a la velocidad de la luz; es decir, quince mil millones de años luz. Por otra parte, la vida, tal como la conocemos, depende de la presencia de

no sólo hidrógeno sino de otros elementos tales como el carbono, el nitrógeno y el fósforo, elementos que no pudieron producirse en el *big bang* originario, en el cual sólo se formó hidrógeno y helio. Los elementos más pesados tuvieron que esperar a la formación de galaxias y estrellas, en cuyo interior se pudiera realizar la nucleosíntesis por la fusión de aquellos dos elementos ligeros producidos en la explosión original. Era, por tanto, necesario el paso de varios miles de millones de años para generar elementos pesados y, a partir de ellos, otros tantos para que pudiera desarrollarse la vida. Hawking explica lo anterior de la siguiente manera:

Para llegar a donde estamos tuvo que formarse una generación previa de estrellas. Esas estrellas convirtieron una parte del hidrógeno y del helio originales en elementos como carbono y oxígeno, a partir de los cuales estamos hechos nosotros. Las estrellas explotaron luego como supernovas, y sus despojos formaron otras estrellas y planetas, entre ellos los de nuestro sistema solar, que tiene alrededor de cinco mil millones de años. Los primeros mil o dos mil millones de años de la existencia de la Tierra fueron demasiado calientes para el desarrollo de cualquier estructura complicada. Los aproximadamente tres mil millones restantes han estado dedicados al lento proceso de la evolución biológica, que ha conducido desde los organismos más simples hasta seres capaces de medir el tiempo transcurrido desde el *big bang*.

La pregunta mencionada antes es también planteada por el astrofísico Davies en dos partes; la primera es ¿por qué es tan grande el universo? Sabemos que no tiene un tamaño fijo pues está en continua expansión; ésta es necesaria para impedir que caiga dentro de sí mismo en una singularidad. Es muy grande también en lo que se refiere a la elevada cantidad de estrellas que lo pueblan. La segunda es ¿por qué es tan viejo? Para que se desarrollen seres inteligentes, un sistema biológico necesita de miles de millones de años. Por tanto, la vida basada en el carbono requiere que éste sea sintetizado en el núcleo de las estrellas, las cuales a su vez requieren también millones de años para formarse, para poder sintetizar elementos como el carbono y después estallar. Si el universo fuera más joven no podría-



mos estar aquí; así, la respuesta a las dos preguntas es una sola: el universo es muy grande porque es muy viejo y nuestra propia existencia implica que las estrellas están muy alejadas unas de otras. De allí la paradoja de que las mismas condiciones para la formación de la vida inteligente sean también las que impiden el contacto con otras formas de vida.

El nombre de principio antrópico fue propuesto por Brandon Carter en 1973 para afirmar simplemente que la existencia de la vida, es decir, de nosotros mismos, puede determinar algunas de las propiedades del universo que observamos. Esta tesis es continuación de los trabajos de Whitrow, quien, en 1955 sostuvo que el hecho de que vivamos en un espacio tridimensional se relaciona con nuestra propia naturaleza en nuestra calidad de observadores racionales y procesadores de información; más tarde estableció la relación entre un universo muy grande y las condiciones necesarias para la vida. El mayor difusor del principio antrópico es Wheeler, un importante físico teórico de la relatividad general, quien lo ha descrito como “el factor generador de la vida que está en el centro del mecanismo del mundo y de su diseño”.

No es casual la utilización del término “diseño” ya que éste está emparentado etimológicamente con “diseño”. Desde el principio de la historia se ha reconocido un diseño en el mundo; el diseño divino es el contenido de los cientos de relatos de la creación que forman la base de las religiones. Tanto en la visión



griega del mundo como en la judeocristiana –para hablar sólo de las que están en la base de las culturas occidentales– está la idea de que el universo en su totalidad fue construido especialmente para la humanidad; como apoyo está lo que se denomina la teleología, es decir el estudio de la evidencia del diseño y de los propósitos de la naturaleza. Por tanto, quienes sostienen la idea de que la vida humana determina el universo, asumen que los valores de las constantes físicas de dicho universo apuntan al autor del diseño, a un diseñador que trasciende las dimensiones y límites del universo físico.

Uno de los primeros científicos en reconocer una relación entre la vida y las características básicas del universo fue el físico Robert Dicke, quien observó en 1961 que la vida en el universo es posible gracias a las especiales relaciones entre las constantes cosmológicas; treinta años antes Dirac había observado relaciones numéricas entre el número total de bariones (partículas no elementales tales como protones y neutrones, las cuales están formadas por las verdaderas partículas elementales: *quarks*) y la edad del universo (equivalencia entre el número de bariones y el cuadrado de la edad del universo) así como también con el valor de la constante gravitacional. Con esta base, Dicke pensó que un ligero cambio en esas relaciones podría no haber hecho posible la vida.

Se reconocen dos versiones del principio, la débil y la fuerte. La formulación débil establece que lo que debemos esperar de la observación debe estar restringido por las condiciones necesarias para nuestra presencia como observadores. Según Hawking, el principio débil dice:

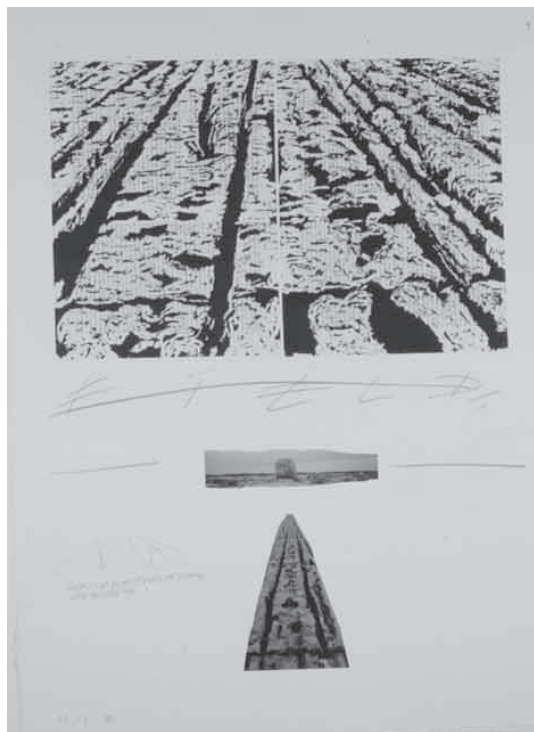
En un universo que es grande e infinito en el espacio y/o en el tiempo, las condiciones necesarias para el desarrollo de vida inteligente se darán solamente en ciertas regiones que están limitadas en el tiempo y en el espacio. Los seres inteligentes de estas regiones no deben, por tanto, sorprenderse si observan que su localización en el universo satisface las condiciones necesarias para su existencia.

Roger Penrose plantea algunas preguntas para definir la versión débil:

¿Qué importancia tiene la conciencia para el universo en su totalidad? ¿Podría existir un universo sin

habitantes conscientes? ¿Están las leyes de la física especialmente diseñadas para permitir la existencia de vida consciente? ¿Hay algo especial en nuestra localización particular en el universo, ya sea en el espacio o en el tiempo? Éste es el tipo de preguntas que pretende responder el principio antrópico, principio que tiene varias formas. La más aceptable se refiere a la localización espaciotemporal de la vida consciente (o “inteligente”) en el universo. Se trata de la versión débil de dicho principio. Puede utilizarse el argumento para explicar por qué se dan las condiciones justas para la existencia de la vida (inteligente) en la Tierra en la época presente: si no fueran las correctas entonces nosotros mismos no estaríamos aquí, sino en alguna otra parte, en alguna otra época apropiada.

Este principio se ha usado para resolver el problema de ciertas relaciones sorprendentes entre las constantes físicas tales como la constante gravitatoria, la masa del protón y la edad del universo, entre otras: parece que esas relaciones son válidas sólo en la época actual de la historia de la Tierra, de manera que parece que vivimos en un momento especial. Esto se explica porque esta época coincide con la vida media





de las estrellas como el Sol, y en otra cualquiera no habría vida inteligente para medir esas constantes físicas, de modo que la coincidencia tenía que darse simplemente por el hecho de que sólo existiría vida inteligente en el momento en que hubiera esta coincidencia.

Esa versión débil registra solamente el hecho de que para que nosotros, seres humanos dotados de inteligencia, estemos aquí preguntándonos acerca del origen del universo, ha sido necesaria una sucesión vertiginosa de casualidades favorables; esa versión débil ha dado paso rápidamente y, como dice Heidmann, a veces sin la debida cautela, a una versión fuerte que dice que nuestra existencia es la responsable de la estructura espacial del universo; es decir, que la aparición del hombre se convierte en la finalidad, el punto de llegada, el destino del universo. El principio antrópico fuerte sostiene que el universo debe ser como es para permitir la existencia de la vida. Según Hawking, la versión fuerte dice:

Hay muchos universos diferentes, o muchas regiones diferentes de un único universo, cada uno con



su propia configuración inicial y, tal vez, con su propio conjunto de leyes. En la mayoría de estos universos las condiciones no serían apropiadas para el desarrollo de organismos complicados; solamente en los pocos universos que son como el nuestro se desarrollarían seres inteligentes que harían la pregunta: ¿por qué es el universo como lo vemos? La respuesta, entonces, es simple: si hubiese sido diferente no estaríamos aquí.

Por su parte, Penrose también relaciona la versión fuerte con distintos universos: la versión fuerte se interesa no sólo en la localización espacial o temporal de este universo sino en una infinidad de universos posibles; desde allí, dice, se pueden sugerir respuestas a las preguntas de por qué las constantes de la física parecen estar diseñadas especialmente para que pueda existir vida inteligente: si tales constantes fueran distintas no estaríamos en este universo sino en otro. Pero, ¿para qué proponer varios universos?, se pregunta Hawking:

Si están separados, lo que ocurra en uno de ellos no tiene consecuencia en otro; se debe usar un principio de economía y eliminarlos de la teoría. Por otro lado, si hay varias regiones de un único universo, las leyes tendrían que ser las mismas en cada región. Esto reduce el principio antrópico fuerte al débil.

Pero no sólo se ve esta postura teleológica en lo relativo al origen del universo sino que también se pretende ir más allá: el principio antrópico, al menos como algunas personas lo ven, sostiene, basado en algunas conclusiones de la mecánica cuántica, que los seres humanos, como observadores, son necesarios para la existencia misma del universo. Según la teoría cuántica, las "cosas" tal como las entendemos cotidianamente han desaparecido; lo que encontramos son patrones de relaciones que se comportan de manera diversa: en un momento son partículas, en otro son ondas; en un momento son masa, en otro son energía. En el mundo cuántico las relaciones son lo que importa; es más, para algunos físicos éstas son la realidad. De allí que la predicción y la uniformidad absolutas sean imposibles, todo se convierte en algo fluido. Una fuente de esta condición de difuso viene del hecho de que la materia elemental tiene dos



caras, dos manifestaciones diferentes: la materia puede ser en la forma de partícula, en un punto localizado del espacio, o bajo la forma de onda, como energía dispersa en un volumen finito. La identidad de la materia, como paquete de ondas, incluye potencialidades de ambas formas, partículas y ondas, y estos dos aspectos no pueden estudiarse como un todo unificado, lo cual se enlaza aquí con otro principio fundamental de la física cuántica: el principio de incertidumbre de Heisenberg, que establece que podemos medir la posición de una partícula, o podemos estudiar su momento y observar la onda, pero no podemos medir simultáneamente sus dos aspectos pues siempre queda una incertidumbre.

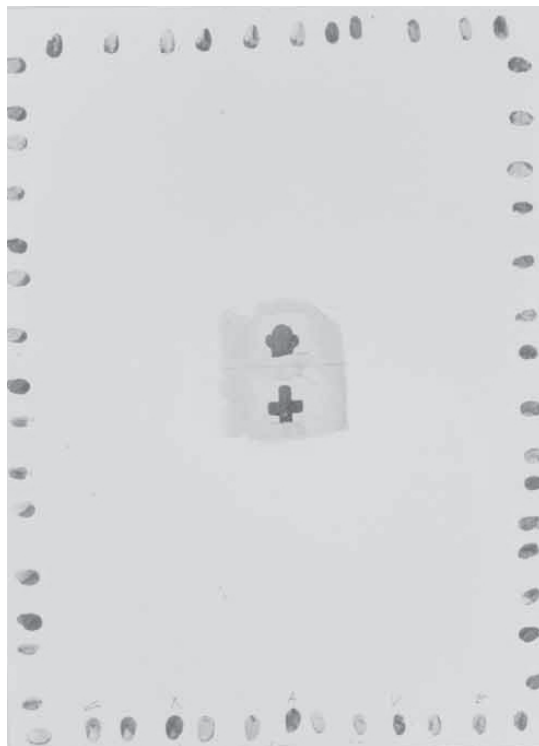
El principio de dualidad onda/partícula junto con el principio de incertidumbre cambian nuestra relación con la observación y la medición pues si la materia desarrolla una relación con el observador y cambia al encontrarse con la expectativa de éste, ¿dónde queda la famosa objetividad científica? Si el científico estudia propiedades ondulatorias, la materia se comporta como onda; si estudia propiedades de partícula se comporta como partícula; o sea que el acto de observación hace que la potencialidad del paquete de ondas se colapse en un aspecto. Dicho en otras palabras, es imposible saber el estado de una partícula dada hasta que se observa; hasta ese momento esa partícula no es más que una onda de probabilidad. Con la observación se colapsa la función de onda y se actualiza una de las probabilidades. De allí que algunos científicos interpreten que el universo sólo existe si hay alguien que lo observe. Ya no es posible estudiar algo separado de nosotros mismos pues nuestro acto de observación del proceso hace aparecer lo que estamos observando. Las partículas permanecen en un estado difuso, como posibilidad, hasta que se observan; sólo entonces se convierten en una "cosa". De allí que J. Archibald Wheeler postule que el constituyente último de todo lo existente sea "el etéreo acto de observación"; el universo es un universo participativo. No es que el observador produzca la realidad pero sí es esencial en su aparición, evoca un potencial que está ya presente.

Wheeler ilustra lo anterior con un experimento mental referido a la doble naturaleza de la luz, corpuscular y ondulatoria; para ello asume la presencia de un instrumento para verificar la existencia de luz proveniente de una lejana estrella. Los fotones entran por la abertura en un extremo y chocan con una placa fotográfica situada en el otro extremo. Si

la placa es rígida y fija, el resultado de la observación es que el fotón es una partícula; pero si la placa es muy sensible y está en movimiento, entonces el resultado de la observación es que el fotón es una onda. Si el observador pudiera cambiar a voluntad de un tipo de placa al otro, entonces podría decir al apuntar hacia una estrella:

Esta estrella está a diez millones de años; esto significa que si el fotón que voy a observar y verificar su presencia dejó la estrella hace diez millones de años como partícula, ha sido partícula diez millones de años. Si la dejó como onda, ha sido onda todo ese tiempo. Yo, como físico, al cambiar de una placa a la otra puedo determinar la naturaleza del fenómeno: regreso diez millones de años y determino la naturaleza del fotón.

La postura de Wheeler proviene de una interpretación literal del principio de incertidumbre puesto que este principio hace participar de algún modo al observador en la creación de la realidad física; de alguna manera extraña —dice— el principio cuántico establece que estamos tratando con un nuevo universo participante. Según él, los seres humanos y los instru-





mentos con los cuales observamos el universo, son los responsables del mundo fenoménico. Con esta aseveración el hombre es desplazado otra vez hacia el centro, o al menos así lo parece en una primera aproximación. En realidad, lo que hace Wheeler es asumir de forma explícita que el objeto de la física es el mundo de los fenómenos, y éstos no son las cosas y acontecimientos en estado bruto sino su construcción, producto de la observación y de la verificación. Sólo después de que cosas y acontecimientos se entienden como fenómenos puede iniciarse la investigación científica. Sin embargo, cuando se trata de fenómenos no accesibles a ojo desnudo, por ejemplo cuando están muy distantes o son muy pequeños, la observación requiere de instrumentos y ello hace más crítica la situación puesto que los resultados del uso de instrumentos difieren de uno a otro. Esto va en contra del dictado del sentido común de que la naturaleza de la realidad no depende de los instrumentos con los cuales se observa.

La larga tarea iniciada por Copérnico, seguida por Galileo y Newton, y que concluye con Darwin y Freud tuvo como resultado sacar al hombre del centro, quitarle su etiqueta de rey de la creación, de ocupante por derecho propio del lugar privilegiado en el universo. El resultado de todo ese largo recorrido es que el hombre pasó a ser considerado como una especie más entre otros miles, resultado de una lenta evolución, que vive en un muy ordinario planeta que gira alrededor de una estrella también muy ordinaria en el extremo de una muy ordinaria galaxia.

En el último cuarto de siglo, sin embargo, cuando los parámetros básicos del universo y las constantes fundamentales de la física pueden ser calculados, incluso medidos directamente, muchos científicos —astrónomos y físicos principalmente— comienzan a reconocer ciertas conexiones entre estas constantes y la existencia de la vida en nuestro planeta; sobre todo comienzan a pensar que los valores de tales constantes y parámetros deben ser precisamente los que son ya que de otra manera la vida sería imposible. Es decir, ya no con argumentos místicos o religiosos sino con datos provenientes de la observación, del cálculo, de la experimentación, de la medición de los parámetros fundamentales del universo, las relaciones con la existencia de la vida son interpretadas como prueba que la vida misma del hombre de algún modo determina el diseño actual del universo. Aunque se sigue sintiendo en ellos un dejo de misticismo del cual no han podido escapar, los datos obtenidos en ese último cuarto de siglo no dejan de ser perturbadores.



Desde los años sesenta algunos astrónomos intentaron estimar el número de planetas en el universo con un ambiente favorable para la vida; reconocieron que sólo un cierto tipo de estrella con un planeta a una determinada distancia proporcionaría las condiciones necesarias para la vida. Sobre esta base hicieron algunos cálculos más bien optimistas sobre la probabilidad de encontrar vida en algún lugar del universo. Shklovsky y Sagan, por ejemplo, determinaron que sólo el 0.001% de todas las estrellas tendrían un planeta con posibilidad de tener vida; sin embargo, sobrestimaron el rango de estrellas y el de las distancias planetarias permisibles puesto que incluso ese bajo porcentaje daría un número posible de planetas habitados o susceptibles de serlo superior a  $10^{16}$ . Algunas de las determinaciones que tendrían que tomarse en cuenta junto con las constantes físicas y los parámetros fundamentales para la aparición y mantenimiento de la vida tal como la conocemos se muestran a continuación. Enumeramos primero los relativos al sistema formado por el Sol, la Tierra y la Luna:

En primer lugar, la antigüedad del Sol: si fuera más joven de lo que es no habría alcanzado la fase estable de combustión; si fuera más antiguo, el sistema no contendría suficientes elementos pesados que son necesarios para nuestra propia constitución. Si el Sol fuera más joven, su luminosidad no se habría estabilizado, y si fuera más viejo ya no sería suficientemente estable. En segundo lugar, la masa del Sol: si fuera mayor de lo que es, las fuerzas de la marea en nuestro planeta afectarían su periodo de rotación; si la masa fuera menor, el rango de distancias apropiadas para la vida sería muy estrecho. En tercero está la localización en la galaxia: si el Sol estuviera más cercano al centro de la galaxia, la densidad y la radiación serían muy grandes; si la distancia al centro fuera mayor de la real no habría suficientes elementos pesados para construir planetas rocosos. En cuarto está el tipo de estrella: si el Sol fuera más rojo o más azul de lo que es, habría en la Tierra una insuficiente respuesta a la fotosíntesis.

Los siguientes puntos tienen que ver específicamente con el planeta, en este caso la Tierra: si estuviera más alejada del Sol, sería muy fría para el ciclo estable del agua y si estuviera más cerca sería demasiado caliente. Si tuviera más masa, la gravedad sería mayor y la atmósfera retendría fuertes cantidades de metano y amoníaco, letales para la vida; si la gravedad fuera menor la atmósfera perdería mu-



cha agua. Si la corteza fuera más gruesa captaría demasiada oxígeno de la atmósfera, y si fuera más delgada la actividad tectónica y volcánica sería muy intensa. Si su periodo de rotación fuera mayor, las diferencias de temperatura serían demasiado grandes; si fuera menor, sería muy fuerte la velocidad de los vientos atmosféricos. Si la interacción de la Tierra con la Luna fuera más intensa, los efectos de la marea en la atmósfera, los océanos y el periodo de rotación serían muy severos; si fuera más débil, la órbita sería más oblicua con grandes inestabilidades climáticas. Hay otras variables tales como el campo magnético o la inclinación del eje que no tomaremos en cuenta, pero desde ahora se puede ver que, según este criterio, la Tierra, el Sol y la Luna están articulados de la manera justa para que existan todas las condiciones para la vida. Lo que este argumento no toma en consideración es que la vida ha surgido y evolucionado en este planeta y por eso está adaptada a las condiciones prevalentes; en lugar de pensar que el mundo está hecho a nuestra medida tendríamos que convencernos de que somos nosotros los contruidos a su medida.

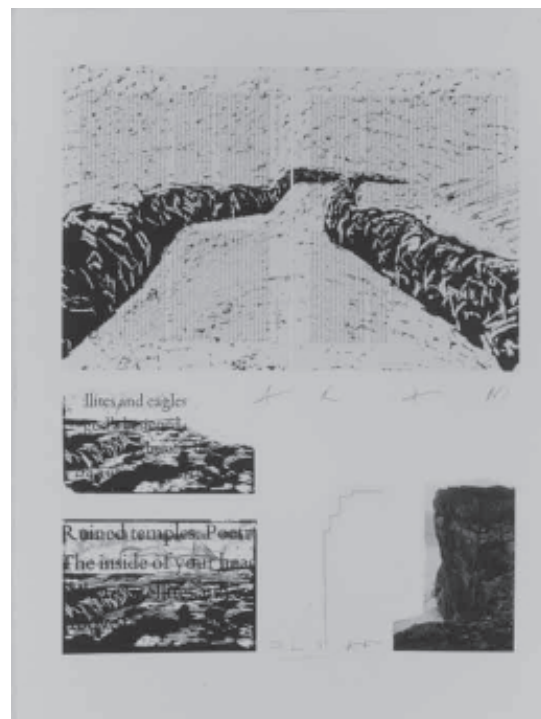
Con respecto a los parámetros del universo en general, damos a continuación algunos datos. Primero, que la edad del universo determina los tipos de estrellas que existen. Las primeras se formaron unos tres mil millones de años después del nacimiento del universo. Para que las supernovas comenzaran a distribuir elementos pesados que hicieron posible las estrellas como el Sol pasaron unos diez mil millones de años. Otros mil millones para que éstas se estabilizaran y pudieran soportar vida en sus planetas. Si el universo fuera unos dos mil millones de años más joven, no estaría en

condiciones de tener estrellas como el Sol en fase estable de combustión. Si fuera unos cinco mil millones más viejo, tales estrellas ya no estarían en esa fase.

En segundo lugar está la tasa de expansión del universo, que afecta a los tipos de estrellas que se forman. Si esa tasa de expansión fuera mayor, el universo total podría haberse colapsado antes que una estrella como el Sol llegara a su fase estable. Pero si se hubiera expandido más rápidamente no se condensarían las galaxias y no habría estrellas.

En tercero, la entropía del universo, que afecta la condensación de los sistemas masivos. El universo contiene  $10^8$  fotones por cada barión (partículas que participan de las fuerzas nucleares fuertes, el protón y el neutrón). Esto lo hace muy entrópico, es decir, muy eficiente como radiador pero muy pobre como máquina. Si la entropía fuera mayor, no se formarían los sistemas galácticos ni las estrellas; si fuera menor, tales sistemas atraparían la radiación y no permitirían la fragmentación de los sistemas en estrellas.

En cuarto lugar está la masa del universo (la masa más la energía), que determina cuánta combustión nuclear ocurre a medida que el universo se enfría. Si la masa fuera mayor se formaría demasiado deuterio durante el enfriamiento; el deuterio es un poderoso catalizador para la combustión nuclear en las estrellas, por lo que el exceso haría que las estrellas se quemaran más rápido, pero si no se hubiera generado una cantidad suficiente no se habría producido helio al enfriarse y sin helio las estrellas no habrían podido producir elementos más pesados. Por ello el universo es grande; si fuera más pequeño ni siquiera se habría formado un planeta como la Tierra.



En quinto lugar está la uniformidad del universo, lo cual determina sus componentes estelares. El carácter uniforme del universo surge del breve periodo de expansión inflacionaria muy cerca del inicio del universo. Si fuera menos uniforme habría muchos hoyos negros separados por espacio vacío, pero si fuera más terso no se habrían formado las galaxias.

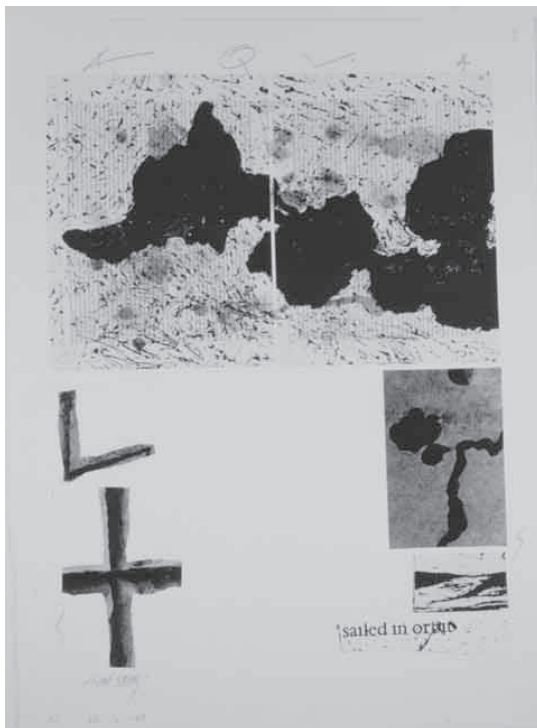
En sexto, la constante gravitatoria del universo, que determina qué clases de estrellas son posibles. Si la fuerza de gravedad fuera mayor, la formación de estrellas sería más eficiente y todas serían más masivas que el Sol al menos 1.4 veces. Las estrellas grandes son importantes porque fabrican los elementos pesados que se dispersan en el medio interestelar donde forman los planetas y las cosas vivientes en cualquier forma. Sin embargo, estas estrellas se queman muy rápido y no pueden mantener las condiciones de vida en los planetas que las rodean. Para ello se requieren estrellas del tamaño del Sol. Pero si la gravedad fuera ligeramente menor, todas las estrellas tendrían menos masa que el Sol, y aunque tardan mucho tiempo en quemarse y pueden mantener planetas con vida, no habría elementos pesados para construirlos.

En séptimo lugar aparece la distancia entre las estrellas, que afecta las órbitas e incluso la existencia de los planetas.



La distancia promedio entre estrellas en esta zona de la galaxia es de poco más de unos cinco años luz. Si esta distancia fuera menor, la interacción gravitacional entre ellas sería tan fuerte que desestabilizaría las órbitas planetarias, lo cual crearía variaciones de temperatura en el planeta. Si fuera mayor, los elementos pesados provenientes de las supernovas estarían tan finamente distribuidos que nunca se formarían planetas como la Tierra. La distancia promedio entre estrellas es la justa para hacer posible un sistema planetario como el nuestro.

También están los parámetros atómicos, entre los cuales está, en primer lugar, la fuerza nuclear fuerte que mantiene unidas las partículas en el núcleo del átomo. Si fuera ligeramente más fuerte, no sólo el hidrógeno sería raro sino que también la fuente de elementos esenciales más pesados que el hierro, resultante de la fisión de elementos muy pesados, sería insuficiente. En segundo, la fuerza nuclear débil, que afecta el comportamiento de los leptones (partículas elementales que no participan de las reacciones nucleares fuertes, como los neutrinos y los electrones). La disponibilidad de neutrones a medida que el universo se enfría y permite la fusión nuclear determina la cantidad de helio que se produjo durante los primeros segundos después del *big bang*. Si la fuerza nuclear débil fuera mayor, los neutrones habrían disminuido rápidamente y menos estarían disponibles; por tanto, muy poco helio, o nada, se habría producido. Sin helio no se habrían fabricado suficientes elementos pesados en los hornos internos de las estrellas. Si fuera más débil, el *big bang* habría transformado todo, o casi todo, el hidrógeno en helio, con una sobreabundancia de elementos pesados, lo cual haría imposible la vida. En tercer lugar, la constante electromagnética que liga los electrones con los protones. La característica de las órbitas de electrones determina a qué grado los átomos se unen para formar moléculas. Si tal constante fuera ligeramente menor, los electrones no se mantendrían en órbita alrededor del núcleo. Si fuera mayor, un átomo no podría compartir un electrón con otro átomo. En cualquier caso no podrían formarse moléculas. En cuarto, la relación de masas entre el electrón y el protón que determina las características de las órbitas de los electrones. Un protón es 1836 veces más masivo. Si fuera menor, las moléculas no se formarían. En quinto, la estabilidad del protón, que afecta la cantidad de materia en el universo y el nivel de radiación.







La vida del protón es muy larga pero no infinita ( $10^{32}$  años). Si fuera menor, las consecuencias para la vida serían inmensas porque su descomposición libera dosis letales de radiación. Pero si fuera aún más estable habría emergido menos materia durante los acontecimientos del primer segundo, no habría materia suficiente para sostener la vida. Finalmente, la velocidad de la luz, que afecta las fuerzas fundamentales de la física; el más ligero cambio hacia arriba o hacia abajo niega cualquier posibilidad de vida en el universo.

Estos tres grupos de coincidencias en los parámetros fundamentales del universo que los científicos han descubierto no dejan de ser inquietantes, a pesar de que no podemos dejar de pensar que estas ideas están fuertemente influidas por el misticismo propio del cambio de milenio. Una conclusión como la de Heidmann nos da una tranquilidad, aunque sea provisional pues nos permite diferir el momento de la opción por una de las dos posturas que están detrás de estos principios. Dice:

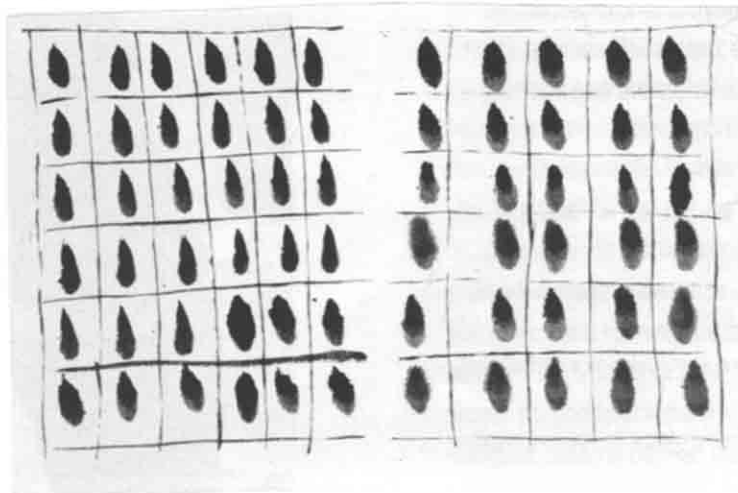
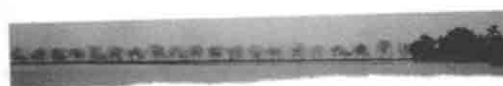
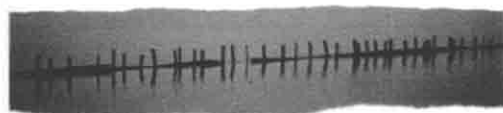
Para conocer el universo, para emocionarse con su grandeza y embargarse de su belleza, sería preciso arrojar por la borda los tabúes, el sentido común y los prejuicios. Visto así, el hombre no aparece ya como la cima de la odisea cósmica, el ser cuya existencia desvelaría el sentido, sino como el fruto infinitamente precario y frágil de una grandiosa aventura de destino fantástico, como un delgado arabesco trazado sobre un cristal cubierto de escarcha, un trazo débil a merced de fuerzas inmensas que le sobrepasan y que disponen de él, una leve espuma sobre aguas turbulentas.

## R E F E R E N C I A S

- Davies, P. C. W., *El espacio y el tiempo en el universo contemporáneos*, FCE, México, 1982.
- Davies, P. C. W., *The mind of God. The scientific basis for a rational world*, Touchstone, Nueva York, 1992.
- Hawking, S. W., *Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros*, Editorial Crítica, México, 1988.
- Heidmann, J., *La vida en el universo*, Alianza Editorial, Madrid, 1993.
- Penrose, R., *La mente nueva del emperador*, FCE, México, 1996.
- Reeves, H., *Últimas noticias del cosmos. Hacia el primer segundo*, Alianza Universidad, Madrid, 1996.

César González Ochoa es investigador del Instituto de Investigaciones Filológicas de la UNAM.





Handwritten signature or initials, possibly "H.C. 4", in the bottom right corner.