

¿HACIA DÓNDE VAMOS ?: DESTINO DEL HOMBRE Y DEL UNIVERSO

*Hernán Van der Laat Ulloa**

El avance de la ciencia y la tecnología genera transformaciones que repercuten directamente en la sociedad. La investigación científica permite al ser humano descubrir nuevos fenómenos que en ciertos casos inducen a cambios paradigmáticos y a la búsqueda de respuestas sobre diversas interrogantes. Varias de estas interrogantes se relacionan con la evolución gradual que vive día a día el Universo. De ahí que, preguntas como: ¿De dónde venimos y hacia dónde vamos?, ¿cuál es el sentido de la vida, de nuestra existencia y en general de la humanidad?, forman parte de estas inquietudes. Algunas personas relacionan lo existencial con un carácter divino y constituye para ellas, una de las más hondas preocupaciones. En cambio para otras, la existencia del Universo no justifica a un Dios creador. Sin embargo, estos cuestionamientos pueden producir angustias e incertidumbres que conducen al análisis de esta problemática desde perspectivas diferentes, ya sea a través de una visión mítica y religiosa o por medio de un enfoque más objetivo y racional, fundamentado en algunos casos, en argumentos científicos poco seguros que contrastan con la realidad observada. No obstante, a pesar de las preocupaciones anteriores, lo único que se puede afirmar es que estamos aquí, formando parte de este Universo y esperando perplejos e inciertos nuestro destino final.

El destino de la humanidad está amalgamado no solamente al del sistema solar o

al colapso universal, sino también, a lo que ocurra en nuestro planeta como consecuencia de fenómenos naturales o artificiales inducidos por el mismo hombre.

El ser humano, seguramente tendrá que enfrentar el exterminio de su especie y tal vez la de todas las demás, si se toma en consideración el deterioro ambiental y la probabilidad de que se produzca algún impacto de grandes proporciones de la Tierra con cuerpos provenientes del espacio exterior. Estos aspectos quizás terminarían con toda forma de vida en nuestro planeta debido a sus graves consecuencias. Entonces, ya no será necesario esperar que el Sol empiece a evolucionar hacia su fase final o que ocurra una eventual contracción

* Profesor de la Escuela de Estudios Generales y de la Sede de Occidente Universidad de Costa Rica.

del Universo y este evolucione hasta sus etapas finales, acabando toda forma de vida en el cosmos.

Si los problemas de la contaminación no terminan con nuestra existencia, el destino de la humanidad y todo lo que habita en la Tierra quedaría condicionado a los choques con asteroides, cometas y a la evolución del Sol. En definitiva, nuestra suerte y la de cualquier ser viviente del Universo se vincula inexorablemente al fatal destino de las estrellas y al comportamiento del cosmos en el transcurso del tiempo.

El Sol y las demás estrellas ubicadas en el Universo son inmensas bolas de gas y plasma¹ sometidas a la acción de dos fuerzas fundamentales: la expansión y la contracción. La primera es el resultado de la presión y la temperatura que genera la actividad nuclear interior y la segunda de la atracción gravitatoria. Durante muchos miles de millones de años existe entre estas dos tendencias un balance que no permite a la mayoría de las estrellas esparcirse por el cosmos circundante o que se colapsen muy rápidamente bajo los efectos de su propia gravedad.

La evolución que tienen las estrellas de primera generación depende de su tamaño. Las más pequeñas que presentan masas comprendidas entre uno y cuatro veces a la del Sol, llegan a ser en el transcurso del tiempo enanas blancas², que se convierten en cuerpos fríos y opacos en su etapa final. Durante la mayor parte de su vida ocurren en la superficie del núcleo de la estrella reacciones nucleares que transforman el hidrógeno en helio³. A partir del hidrógeno, su combustible inicial, todas las estrellas producen fundamentalmente helio y liberan enormes cantidades de energía, lo que permite incrementar la masa en el corazón de la estrella y, por lo tanto, su gravedad y su densidad. Una mayor gravedad

¹ En la superficie del Sol “ el gas consta primordialmente de átomos neutros, puesto que las moléculas de hidrógeno, a la temperatura de la superficie solar, se desintegran en átomos aislados... la temperatura en las entrañas de Sol es muy grande comparándola no sólo con los patrones terrestres, sino también con la temperatura de su superficie. Ya a poca profundidad la temperatura es tan enorme que se desintegran no sólo las moléculas, sino también los átomos. Los electrones de las envolturas atómicas se separan de los núcleos y el gas se convierte en plasma. ” (Bialko : 1985, 78).

² Estas una vez constituidas tienen masas inferiores a 1,5 veces la masa solar.

³ En realidad se trata de una reacción un poco más complicada que la descrita anteriormente. El núcleo de hidrógeno contiene un protón P y un isótopo de este elemento es el deuterio D. Los isótopos son átomos de un mismo elemento que tienen el mismo número de protones en su núcleo, pero, diferente número de neutrones. El deuterio tiene en su núcleo un protón y un neutrón N. El tritio T es también otro isótopo del hidrógeno, dado que tiene en su núcleo un protón y dos neutrones. Los núcleos de deuterio se denominan deuterones y los de tritio, tritones. El proceso de formación de helio He es a partir del deuterio. De este se obtiene el tritio y de este último el helio de la siguiente manera : $D + D = T + P + 6.4 \times 10^{-13}$ julios. Luego de formado el Tritio T ocurre la siguiente reacción : $T + D = He + N + 28.2 \times 10^{-13}$ julios. Esta fusión nuclear producida en el interior de la estrella permite posteriormente la formación de núcleos de litio con tres protones y cuatro neutrones.

reduce su volumen y en determinado momento la fuerza gravitatoria que ejerce el núcleo de la estrella sobre las partículas que lo rodean aumenta considerablemente y acelera la caída de núcleos de hidrógeno desde el exterior hacia la superficie nuclear de la estrella. Este combustible adicional se fusiona o se quema y contribuye a elevar la producción de helio. Así, por el exceso de energía nuclear liberada en el proceso, la temperatura y la presión crecen aún más y como la fuerza de la gravedad del núcleo no es suficientemente grande para contrarrestar este efecto, la estrella se expande, se enfría y cambia su color hasta convertirse en una gigante roja, que puede alcanzar un tamaño unas quinientas veces mayor al que tenía antes de iniciar esta evolución. Mientras se encuentra en esta fase es poco estable, durante a cual se despoja de masa de sus capas exteriores. Cuando esto ocurre la temperatura del helio en el interior del núcleo llega a ser de unos 100 millones de grados Kelvin y se quema para producir núcleos más pesados, como carbón, nitrógeno y oxígeno⁴. Durante el proceso se forman las diferentes capas, desde los núcleos de los elementos más pesados en su interior, hasta los más livianos en las envolturas exteriores. Esta distribución de mayor a menor densidad responde a la acción de la fuerza de la gravedad, porque los núcleos más pesados se “hunden” y los más livianos buscan el exterior para formar las capas superficiales. Este proceso de fusión nuclear continuo aumenta internamente la temperatura y la presión, hecho que le permite lanzar las capas exteriores hacia fuera, entrando en la fase característica de nebulosa planetaria. También, durante esta evolución la masa del núcleo paulatinamente se hace más densa y el aumento de su gravedad lo contrae cada vez más hasta que se colapsa, sin dejar de irradiar continuamente energía hacia el caparazón de gas caliente que lo rodea, el cual se formó del material de las capas exteriores. De esta manera, la estrella se convierte en una enana blanca muy caliente con temperaturas superficiales de alrededor de 20.000 °K. Finalmente conforme su temperatura decrece, se enfriará y apagará lentamente hasta transformarse gradualmente en una estrella compacta, oscura e invisible.

No obstante, en los años 50 de este siglo se empezó a considerar la posibilidad de que algunos de estos cuerpos celestes explotaran y esto es lo que ocurre con las estrellas de primera generación que son más masivas que las descritas anteriormente. Las altas temperaturas que existen en estas estrellas gigantes pueden aumentar la presión en su interior a un grado tal, que la fuerza

⁴ Cualquier sistema o cuerpo celeste que se forme a partir de esta estrella contendrá elementos desde el hidrógeno hasta el oxígeno.

gravitatoria resulta insuficiente para contrarrestar una expansión muy acelerada. Si la estrella es muy masiva la temperatura del núcleo puede sobrepasar los millones de grados Kelvin (Cf. Longair: 1994, 121) y surgen entonces núcleos de átomos más allá del helio, como ocurre también con las estrellas de masas menores, como se explicó anteriormente. Las altas temperaturas hacen no solamente la fusión del helio para producir carbono y otras reacciones nucleares cuyo resultado es el oxígeno, sino también núcleos de otros elementos más pesados.

A medida que se van formando núcleos con un mayor número de partículas, el interior de la estrella se hace cada vez más denso y caen entonces cada vez más rápidamente hacia el interior núcleos ubicados en las capas exteriores. La combustión del hidrógeno y de núcleos de otros elementos se acelera, crece la presión y la temperatura y la fuerza de expansión se hace mayor que la fuerza de la gravedad. Por eso, la estrella se desequilibra y empieza a expandirse lentamente durante meses, cambiando su apariencia física y su constitución química. Posteriormente, en cuestión de semanas, días y horas, la transformación es muy rápida y finalmente termina abarcando un espacio aún mayor que nuestro Sistema Solar, convirtiéndose en una supergigante roja.

Mientras ocurre la expansión se producen por fusión en el interior de la estrella núcleos de elementos más pesados, como el magnesio, el azufre y otros, hasta llegar al final de la cadena de estas reacciones nucleares cuando se forma el hierro; este último se caracteriza por ser muy estable. La generación de núcleos de elementos más allá del hierro no se puede realizar, dado que las reacciones nucleares que los producen absorben energía en lugar de liberarla y consecuentemente disminuiría la temperatura en el interior de la estrella; así, una vez iniciado el proceso este se detendría. Estos núcleos de hierro se localizan en el corazón de la estrella e incrementan su densidad, pero, como no pueden fusionarse, decrece abruptamente el proceso de producción de calor en el núcleo y se reduce la presión hacia fuera. A partir de este momento se agota la producción de energía nuclear, disminuye la fuerza expansiva y el núcleo se colapsa hasta un tamaño muy pequeño porque no soporta su propia gravedad. Se contrae de manera continua y genera en su interior un incremento de temperatura cada vez mayor, hasta llegar a un límite en el que se detiene el proceso por la presión interna y en ese momento se frena la contracción. La gravedad alcanza valores tan altos que las capas más cercanas al núcleo caen dentro de este, liberando hacia el exterior una enorme cantidad de energía que es absorbida en

parte por las capas exteriores. Estas últimas explotan produciendo un holocausto de gigantescas proporciones. La estrella brilla durante unos días con una intensidad diez mil millones de veces superior a su esplendor normal (Cf. Beckett, *Hands*: 1990, 272) y finalmente, unas semanas después se desvanece. En consecuencia, se ha formado una supernova en el cosmos y se esparce por el espacio gran cantidad de materia y radiación. En el proceso de la explosión se liberan enormes cantidades de energía y se crean por fusión núcleos de elementos más allá del hierro hasta llegar al uranio.

El tamaño de la estrella de primera generación es vital para determinar la evolución posterior de la misma después de la explosión. De hecho, se puede llegar a formar una estrella de neutrones⁵ si la masa del núcleo de la supernova presenta una temperatura elevada y una densidad suficientemente alta para que se produzcan colisiones muy fuertes, que permitan a los electrones unirse con los protones de los núcleos⁶ (Cf. Longair: 1994, 130). Por eso, el núcleo de la estrella se convierte en una inmensa bola oscura de neutrones rodeada por el polvo y material cósmico que se esparció durante la explosión de la supernova, dando origen a una nebulosa. Este es el caso de la estrella de neutrones en el centro de la Nebulosa del Cangrejo, surgida de la explosión que se observó en la constelación de Cáncer en el año de 1054 d.c. Esta estrella de neutrones se detectó por su rotación de 33 revoluciones por segundo, porque el escape de electrones por sus polos genera radiación electromagnética que se registra utilizando equipos de alta tecnología y se percibe como una fuente de energía pulsante. De ahí que a estas estrellas se les asocie con los pulsars o pulsating-stars. “En general, los radio pulsars son estrellas de neutrones aisladas que están rotando y poseen fuertes campos magnéticos. Por otro lado, los pulsars de rayos X pertenecen a sistemas de estrellas binarios...”⁷ (Longair: 1994, 135).

⁵ Las estrellas de primera generación con una masa entre 4 y 10 veces la del Sol originan las estrellas de neutrones y estas una vez conformadas llegan a tener masas que oscilan entre 1,5 y 2 veces la masa del Sol, pero comprimidas en esferas cuyos diámetros oscilan entre 16 y 160 kilómetros. (Cf. Singh: 1982, 76).

⁶ A poca profundidad de la superficie de las estrellas sólo existe el plasma. Este “es una mezcla eléctricamente neutra de electrones que llevan carga negativa y de núcleos de átomos que llevan carga positiva.” (Bialko : 1985, 78). Si la densidad y la temperatura son muy elevadas en el núcleo de la estrella que se colapsa, los electrones se unen con los protones para formar neutrones y una inmensa cantidad de neutrinos son expulsados al espacio exterior, debido a la reacción nuclear: protón + electrón = neutrón + neutrino. Cuando ocurren estos fenómenos en el cosmos, se detectan en la Tierra una mayor cantidad de neutrinos a lo normal.

⁷ La traducción es del autor. Además, vale la pena señalar que los sistemas de estrellas binarios se componen de una estrella normal y una componente ópticamente invisible que es la estrella de neutrones. Esta última succiona materia de la primera y en el proceso de absorción se emiten rayos X cuando la materia absorbida choca contra la superficie de la estrella de neutrones.

Si la estrella es más masiva⁸ que las estrellas que originan a las de neutrones, después de la explosión el núcleo de la supernova empieza a colapsarse hasta reducir su radio al valor del radio gravitacional o de Schwarzschild⁹ y se convierte a partir de este momento en un hueco negro. La materia que cae dentro de este cuerpo celeste no podrá salir y, por esta razón, se le denomina “hueco u hoyo”. El calificativo de “negro” surge por el hecho de que la radiación tampoco podrá escapar debido a la intensa gravedad interior. Por lo anterior, los huecos negros no se verían ni se detectarían. Sin embargo, en el exterior del hoyo negro se origina la creación de pares¹⁰ de fotones y de otras partículas, una de estas cae en el hueco y la otra se escapa hacia el espacio exterior, dando la impresión desde afuera que las partículas han sido emitidas por este cuerpo celeste. Este proceso conduce a una reducción de la masa y a un aumento de la temperatura en el hoyo negro, así como a su evaporación en un lapso de tiempo muy extenso.

Después de que ocurre el estallido de una supernova no existe evidencia sobre la formación directa de una estrella de segunda generación como el Sol. Más bien, este tipo de estrellas surge del polvo y residuos restantes de varias explosiones tipo supernova de estrellas de primera generación. Por este motivo, en estas estrellas de segunda generación la variedad de elementos va más allá del hierro y por eso encontramos uranio en el sistema solar y también en nuestro planeta.

Una estrella de segunda generación formada de esta manera puede dar origen a un sistema planetario con todos los elementos químicos, desde el hidrógeno hasta el uranio, pero sobre todo con carbón y oxígeno que son indispensables para la formación posterior de los compuestos orgánicos, los cuales a su vez son fundamentales para la aparición de la vida, tal y como ocurrió con nuestro sistema solar.

Durante todo el proceso evolutivo del Universo lo que realmente sucede es una transformación gradual de la materia, desde lo más sencillo hasta lo más

⁸ Las estrellas de primera generación con masas cinco veces superior a la del Sol originan los huecos negros después de la explosión. Estos suelen tener masas dos veces mayor que la del Sol. Una estrella de primera generación con una masa de seis a siete veces la del Sol puede generar después de la explosión una estrella de neutrones o un hueco negro, según el tamaño del núcleo de la super nova.

⁹ El valor de este radio es $R = 2GM/c^2$, donde M es la masa del núcleo, G la constante de Gravitación Universal y c la velocidad de la luz. Si un hueco negro tuviera una masa igual a la del Sol, su radio gravitacional sería de un valor de 3 Km.

¹⁰ El par está formado por una partícula y su antipartícula. Las antipartículas de la luz son las mismas que las partículas. (Cf.Hawking: 1988, 145). En este caso uno de los componentes del par tiene energía positiva y el otro negativa.

complejo. Es decir, se trata de una evolución que parte de la simplicidad de las partículas elementales, hasta completar la diversidad de formas, originando los sistemas orgánicos vivientes más completos.

A partir del Big Bang¹¹ o Gran Explosión del Huevo Cósmico que originó el Universo, lo primero que apareció fue la materia inorgánica¹². Existen pruebas confiables que demuestran que el universo está constituido fundamentalmente por materia de este tipo.

El análisis espectral de las radiaciones provenientes de cualquier parte del cosmos indica que todos los cuerpos celestes estudiados (estrellas, galaxias, etc.) están constituidos principalmente por los mismos elementos químicos; a saber: hidrógeno y helio en más de un 98%. (Cf. Asimov: 1991, 293), los cuales constituyen la materia prima necesaria para la formación de las estrellas. Posteriormente se realizaron síntesis nucleares en el interior de estos cuerpos celestes y se formaron núcleos de diferentes elementos químicos como los de carbono, tal y como se mencionó anteriormente. A partir de este instante aparece la materia prima generadora de compuestos que contienen a este elemento, dando origen a la materia orgánica.

De la descripción anterior sobre la evolución estelar podríamos señalar que nuestro sistema solar se formó hace aproximadamente unos 5.000 millones de años¹³, del polvo y gases residuales que quedaron de explosiones tipo supernova. La materia esparcida por el espacio, producto de estos acontecimientos, contenía además de los elementos de las estrellas de primera generación, otros que abarcan toda la secuencia hasta el uranio. Estos constituyeron el material primario básico para la formación de los planetas, de los cometas, de los asteroides, del polvo cósmico y de una estrella de segunda generación: el Sol. Entonces, fue necesario que la temperatura se elevara hasta un valor comprendido entre 5 y 10 millones de grados Kelvin para que comenzara la conversión termonuclear de hidrógeno (deuterio) en helio. Estas fueron las condiciones iniciales del Sol cuando empezó a “arder”, pero como estos procesos de fusión nuclear liberan energía, se produjo en su interior un incremento de la temperatura hasta llegar a los 20

¹¹ Después del Big Bang el primer momento en que se pueden dar explicaciones razonables es un diez millonésimo de un trillonésimo de trillonésimo de segundo. Esto representa un número que empieza por un cero seguido de una coma, luego 41 ceros más y finalmente un 1. (Cf. Smoot, Davison: 1993, 283).

¹² Todas aquellas sustancias que no contemplan al carbono se consideran materia inorgánica.

¹³ Mil millones de años equivalen a un billón de años. También suele designarse a esta cantidad como un evo.

millones de grados Kelvin y a partir de este momento se estabilizó por el equilibrio entre su fuerza de expansión y la fuerza de contracción gravitacional, alcanzando una temperatura superficial de 5780 °K. Esta actividad fundamental de fusión nuclear en su interior continuará aproximadamente por unos 5.000 millones de años más.

El Sol es una estrella de poca masa comparada con otros cuerpos celestes, por eso, no sufrirá un colapso gravitacional violento que genere un rápido aumento de la presión y de la temperatura y provoque consecuentemente una explosión. Si por el contrario, fuera una estrella más masiva, digamos unas diez o quince veces su masa, tendría una mayor gravedad que aumentaría el proceso de fusión, quemaría su combustible cada vez más rápidamente hasta llegar a consumir el disponible en un instante, situación que generaría una explosión equivalente a miles de millones de bombas nucleares. Su vida sería bastante corta, alrededor de unos diez millones de años y terminaría muy probablemente en un hueco negro. El Sol en cambio, con una masa más reducida durará en promedio diez mil millones de años desde el momento en que inició sus actividades, período suficientemente extenso para permitir la evolución de la vida en alguno de sus planetas. De la misma manera, estrellas parecidas al Sol podrían facilitar la evolución de la vida en planetas que tengan condiciones semejantes a la Tierra. Así mismo, si en otros lugares del universo acontecieran ciertos fenómenos de forma semejante como sucedieron en nuestro planeta, la evolución de la vida desde sus formas menos complejas hasta las más inteligentes, requeriría aproximadamente de 3500 millones de años, tal y como se dio en la Tierra.

La formación de la Tierra y la aparición espontánea de la vida en ésta, es un proceso que pudo haber acontecido en planetas pertenecientes a sistemas solares ubicados en cualquiera de las galaxias del Universo, dado que supuestamente muchos miles de millones de planetas evolucionan de manera semejante a la Tierra. De ahí que, dicho fenómeno podría ocurrir tanto en la actualidad como en el futuro.

Nuestro planeta empezó a formarse a partir de la condensación de gases y partículas que giraban alrededor del Sol hace unos 4650 millones de años. Este dato es fácil de obtener por el conocimiento que se tiene sobre la vida media del uranio 238, la cual es de 4470 millones de años¹⁴. Del análisis de algunas

¹⁴ La vida media de un elemento radioactivo se define como el tiempo que tarda en reducirse a la mitad una muestra de ese material. Esto quiere decir que un kilo de uranio 238 tardaría 4470 millones de años en reducirse a 1/2kilo. Cuando se habla de la desintegración de partículas elementales en otras, se hace referencia también a la vida media de estas. En este caso es el tiempo que tarda un número determinado de partículas en reducirse al 50%. Partículas como el fotón, el electrón y el

muestras de rocas que contienen este elemento se deduce fácilmente la antigüedad de las mismas y, por lo tanto, de la Tierra. La edad del Sistema Solar se calcula de la misma manera, mediante muestras de meteoritos que han caído sobre nuestro planeta.

Por efecto de la gravedad la materia prima de la Tierra fue comprimida lentamente y se elevó la presión y la temperatura, estimulando reacciones químicas que produjeron nuevas sustancias. Los productos más pesados de estas reacciones conformaron el núcleo de la Tierra, los livianos la corteza y los gaseosos la atmósfera primitiva. Los gases primarios fueron: vapor de agua, metano y amoníaco. Parte del vapor de agua se condensó formando así un océano primario (Cf. Bialko: 1985, 107), otra permaneció en la atmósfera y algunas de sus moléculas sufrieron la disociación en hidrógeno y oxígeno, debido al componente ultravioleta de la radiación solar; fenómeno que ocurre en la actualidad. Algunos átomos de hidrógeno reaccionan en la atmósfera pero, otros por el contrario, por ser muy livianos ascienden hasta las capas atmosféricas más altas y se pierden en el cosmos¹⁵. Por eso, en la atmósfera primitiva, muchos de estos reaccionaron con el metano y el amonio absorbiendo la energía de descargas eléctricas.

La vida en nuestro planeta evolucionó en las condiciones fisico-químicas descritas anteriormente y quizás en otras partes de Universo ocurrió lo mismo, lo que dio paso a la tercera etapa evolutiva de la materia: la materia viva, la cual está constituida por materia orgánica e inorgánica con un grado de desarrollo cualitativo sorprendente.

El origen de la vida y su evolución en la Tierra ocurrió aproximadamente hace unos 3.500 millones de años (Cf. Ayala: 1983, 125). No hay suficiente evidencia de vida en otros lugares del Universo, a pesar de la recepción de ciertas radiaciones electromagnéticas provenientes del espacio exterior, que corresponden a la actividad de moléculas que son consideradas componentes fundamentales para los procesos vitales; tales como el agua. Sin embargo, podríamos cuestionarnos si la vida en la Tierra se generó a raíz de procesos

protón son estables. En cambio el neutrón no lo es cuando está fuera del núcleo atómico y presenta una vida media de 920 seg., equivalente a un poco más de 15 minutos. Sin embargo, los muones y los mesones Pi son muy inestables y se desintegran en lapsos muy cortos, del orden de millonésimas de segundo o aún menores. (Cf. Weinberg: 1991, 133).

¹⁵ La gravedad terrestre no puede retener a los átomos de hidrógeno y de helio porque son muy livianos. En las partes elevadas de la atmósfera la energía característica de estas partículas es suficientemente alta para que venzan la atracción gravitatoria y escapen para siempre de la Tierra. Esta, en su devenir alrededor del Sol deja en la inmensidad del cosmos una este la continua de estos gases.

físico-químicos ocurridos en un momento determinado, o más bien, si esta tiene un origen extraterrestre o sobrenatural. La ciencia prefiere las dos primeras posibilidades para responder a estas inquietudes.

A principios del Siglo XX se planteó la tesis que sostiene que los componentes básicos de la vida llegaron a nuestro planeta desde otros mundos viajando a través del espacio exterior, en forma de esporas vivientes y que permitieron la evolución de la vida en la Tierra de acuerdo con condiciones ambientales favorables. No obstante, esta argumentación no resuelve el problema del origen de la vida; entonces, ¿qué fue lo que originó la vida en otros mundos o en general en alguna parte del Universo? Lo más lógico sería suponer que existen muchos miles de millones de estrellas que pueden albergar planetas y que una enorme cantidad de estos debe tener condiciones semejantes a las de la Tierra. De esta manera, el origen y evolución de la vida en estos planetas debió ser parecida. Por eso, si la vida emergió espontáneamente aquí, ¿por qué no también en otros sitios del cosmos?

Los científicos norteamericanos Miller y Urey demostraron que los componentes fundamentales de la actividad vital se pueden generar a partir de la materia inanimada, tanto inorgánica como orgánica. En el año de 1953 simularon las condiciones existentes en la atmósfera primitiva de nuestro planeta y sometieron a descargas eléctricas una mezcla de gases de hidrógeno, amonio y metano, sustancias que abundaban en la atmósfera de la Tierra en ese momento y en donde fenómenos eléctricos de esa naturaleza eran permanentes. El resultado fue que “lograron producir compuestos orgánicos complejos - incluidos algunos aminoácidos-...” (Stableford:1985,155). Cuando los aminoácidos son sometidos al calor se forman moléculas proteínicas, que al añadirles agua se unen formando microsistemas del tamaño de pequeñas bacterias. (Cf. Asimov: 1989, 23). Sabiendo que los componentes elementales de la vida son las proteínas, entonces es posible que a partir de procesos físico – químicos encontremos la génesis de las mismas.

Recientemente la comunidad científica ha manifestado que ..."el descubrimiento de chimeneas volcánicas que emiten agua caliente en las profundidades del océano, rodeadas de ricos ecosistemas de vida exótica significa que un planeta volcánico, caliente y joven, puede ser de hecho un incubador ideal." (Lemonick: 1996, 39).¹⁶

¹⁶ La traducción es del autor

Las condiciones favorables para la generación espontánea de la vida como sucedió en la Tierra pudieron haberse dado también en otras partes del cosmos como se indicó anteriormente, sin que esto signifique que el curso de la evolución haya sido igual a la de nuestro planeta. Este planteamiento puede fundamentarse tanto en el conocimiento actual del Universo como en las probabilidades.

En nuestra galaxia, la Vía Láctea, existen alrededor de 135 mil millones de estrellas y se estima que unos 645 millones de estas poseen un planeta con condiciones similares a las de la Tierra. (Cf. Asimov: 1989, 25). Los procesos físico-químicos habrían producido los mismos gases primarios y estos sometidos a la acción de fenómenos naturales como descargas eléctricas en la atmósfera, posibilitaron la formación de aminoácidos de manera similar como ocurrió en la Tierra. Luego, por la radiación proveniente de la estrella o por la acción del calor generado por los mismos fenómenos planetarios (planetas con chimeneas volcánicas en las profundidades de los océanos que funcionan como un incubador ideal), los aminoácidos pudieron evolucionar hasta la formación de moléculas proteínicas y posteriormente a microsistemas del tamaño de pequeñas bacterias.

Es muy difícil estimar las posibilidades del origen de la vida a partir de estos microsistemas de proteínas y mucho más aún, de vida inteligente parecida a la nuestra. Pero, si el fenómeno vital e incluso el desarrollo de la inteligencia ocurrió en nuestro planeta, ¿por qué no pudo acontecer en otros mundos?

Si se supone que la vida inteligente evoluciona solamente en uno de cada 100 millones de planetas con condiciones similares a las de la Tierra, habrían existido en nuestra galaxia alrededor de 6 diferentes tipos de seres inteligentes. Sin embargo, como el promedio de soles por galaxia es de 10.000 millones (Cf. Singh: 1982, 85) y suponiendo que existen más de 100 mil millones de galaxias en el Universo, cálculos conservadores indican que se pudo generar vida inteligente en unos 45.000 millones de planetas en todo el cosmos en diferentes momentos del tiempo cosmológico. En todo el Universo podrían coexistir alrededor de 28 millones de diferentes especies de seres inteligentes¹⁷. De lo anterior se deriva que no estamos solos, aunque sí incomunicados por las vastísimas distancias que nos separan y por la limitación que presenta la velocidad de la luz.

¹⁷ Se estima que la vida inteligente en el Universo se originó hace unos 8.000 millones de años. Supongamos que donde surge dura cinco millones de años y luego no vuelve a aparecer más en ese lugar, pero sí en otras partes del cosmos. Esto equivale a 1600 lapsos de cinco millones de años cada uno durante estos 8.000 millones de años. La vida inteligente aparece en la Tierra en uno de estos 1600 lapsos, al igual que en cualquiera de los otros 45.000 millones de planetas que pueden desarrollar este tipo de vida en un momento determinado. De lo anterior se deduce que en todo momento coexisten en el Universo alrededor de 28 millones de diferentes especies de seres inteligentes, una por cada 3571 galaxias.

Aunque los datos estadísticos resultan desfavorables para la generación espontánea y la evolución de la vida, nuestro planeta tuvo las condiciones adecuadas desde el punto de vista fisico-químico y la probabilidad para que se desarrollara la fase inteligente hasta conformar una estructura viviente: el ser humano, generador de la cultura y máxima expresión de este proceso de evolución de la materia. Así, llegamos finalmente a la última fase de esta evolución material que podríamos denominar la etapa de la *materia viva consciente*.

La vida consciente y todo lo que existe en el universo tendrá su destino final. Si existieran seres que habiten planetas irradiados por estrellas como el Sol, tendrían un destino fatal semejante al de nuestra especie. La temperatura de estas estrellas no es muy elevada y el proceso de fusión no pasa del helio. Por eso, su núcleo está compuesto por helio completamente inerte e incapaz de reaccionar nuclearmente para producir núcleos de elementos más pesados. Dicha combustión nuclear es lenta. El calor se irradia con suficiente rapidez y se reduce la presión interna de inmediato, evitando así una explosión de características holocáusticas. Este hecho posibilita la estabilidad de estos cuerpos celestes en el tiempo, situación que permite la evolución de la vida en los planetas hasta las etapas más complejas. Sin embargo, esta estabilidad tiene un límite porque el núcleo de la estrella compuesto por cenizas de helio va incrementando su tamaño paulatinamente hasta lograr desequilibrarla. El Sol evolucionará hacia una gigante roja dentro de unos cuatro a cinco mil millones de años. Cuando este fenómeno ocurra se expandirá primero hasta la órbita de Mercurio, después alcanzará a Venus, luego abarcará a nuestro planeta y finalmente a Marte. Entonces, la Tierra se convertirá en un lugar inhabitable; sus océanos se evaporarán y las superficies cubiertas de vegetación arderán y toda forma de vida desaparecerá. El Sol se mantendrá activo durante algunos millones de años más. Finalmente conforme se vaya agotando el combustible se irá colapsando por gravedad y reducirá gradualmente su tamaño para transformarse en una enana blanca que irradiará una luz muy tenue. En su etapa final se irá apagando poco a poco y así, lo que fue un día nuestro radiante Sol, será un cuerpo frío, rígido y opaco.

Ese es nuestro destino y la flecha del tiempo indica que el universo evoluciona lentamente hacia la formación de estrellas negras, de neutrones, de pulsars, de quasars y de huecos negros que irán absorbiendo toda la materia circundante hasta dejar convertido el cosmos en un mar de estos. De aquí en adelante lo que sucederá no está claro del todo, pero existen dos posibilidades. La primera consiste en que el Universo continúe su expansión como lo ha estado

haciendo desde hace unos 15.000 millones de años. La segunda radica en su contracción a partir de un momento determinado, fenómeno que ocurrirá si la densidad del cosmos alcanza el valor de la densidad crítica. Hasta el momento para lograr la contracción, se tiene certeza sólo de la décima parte de la densidad necesaria, si se consideran las estrellas y las nubes de gas que se observan, así como la materia oscura existente en el centro de las galaxias en espiral¹⁸. Dicho valor de la densidad podría aumentarse si se toma en cuenta al neutrino, porque se “creía que carecía de masa y, sin embargo, algunas observaciones recientes indican que pueden tener una masa pequeña. Si se confirma que esto es así y se obtiene un valor preciso, los neutrinos proporcionarían masa suficiente para elevar la densidad del universo a su valor crítico.” (Hawking: 1994, 168).

Otra posibilidad que existe de elevar la masa del cosmos con materia oscura adicional, estriba en el planteamiento de un universo con regiones particulares del espacio-tiempo en un estado más excitado que en otros durante sus etapas primitivas. Estas regiones serían irregularidades en un medio uniforme y al sufrir estas zonas una transición al estado fundamental de más baja energía¹⁹, se provocaría una inflación en estos sitios, porque con la energía liberada en estas transiciones de fase se experimentaría una enorme inflación y se formarían burbujas del tipo de pequeños Big Bang y aparecerían en estas regiones miniuniversos, evolucionando cada uno a su manera e independientemente, sin mezclarse o interactuar con los demás²⁰. Cada uno de estos tendría un cordón umbilical - un hueco negro - que lo comunicaría con el Universo Madre. Los hoyos negros muy pequeños se habrían evaporado. Este hecho desconecta e independiza al universo bebé, pero, los huecos negros más grandes aún existirían y contribuirían a aumentar la materia oscura del cosmos así como su densidad, lo que podría ayudar a una eventual contracción del Universo.

La veracidad del planteamiento anterior conduciría a un destino funesto del cosmos; los huecos negros menos masivos serían absorbidos por los más masivos y finalmente todo el universo se convertiría en un único y supermasivo

¹⁸ La materia oscura en el centro de estas galaxias es necesaria para la rotación de las estrellas y gas cósmico, porque de lo contrario, al no existir un centro de atracción gravitacional excesivamente fuerte se fugarían diseminándose en el espacio.

¹⁹ Un principio de la física cuántica bien establecido es que los estados de más alta energía tienden a decaer a los estados de más baja energía. Por esta razón, “un vacío excitado tratará de decaer a la energía más baja, o “verdadero” vacío. El escenario del universo inflacionario está basado en la teoría de que el cosmos en sus etapas muy tempranas tenía un estado vacío excitado o “falso,”... pero que en un tiempo muy corto este estado decayó al verdadero vacío...” (Davis : 1995, 130). La traducción es hecha por el autor.

²⁰ Los mini universos se deben generar en las etapas muy tempranas del cosmos porque se requieren niveles de muy alta densidad, del orden de unos 10^9 gr/cm^3 ($a = 93$). (Cf. White, Gribbin: 1992, 218).

huevo negro, fenómeno conocido como el Big Crunch. Sin embargo, la evidencia hace suponer que existen muy pocos de estos huecos negros²¹ originados en las etapas muy tempranas del Universo, que justifiquen el problema de la masa faltante que permita elevar la densidad a valores cercanos a la crítica, con el fin de que el cosmos se colapse.

Si esta contracción en un inmenso hueco negro se produjera, llegaría un momento en el cual su masa iniciaría un proceso de reducción y desde el exterior del horizonte de sucesos se irradiarían partículas y energía. “La temperatura del hueco negro crece al disminuir su masa; la creación de pares conduce a la disminución de la masa y, por consiguiente, al aumento de la temperatura. Al crecer la temperatura la intensidad de la radiación aumenta y la temperatura crece aún más. Finalmente el hueco negro deberá quemarse en un tiempo finito.” (Smorodinski: 1983, 147). Es decir, el actual Universo se irá evaporando en el tiempo y se supone que desaparecería por completo en una colosal explosión al reducirse su masa a un valor demasiado pequeño²².

El cosmos emergente se constituirá de la energía y de las partículas irradiadas durante el proceso de evaporación, así como de los restos del estallido del universo actual. Si este universo recién creado evolucionara de manera semejante al nuestro, entonces, para poder observar este fenómeno habría que esperar muchos miles de millones de años, tiempo prácticamente infinito. Este proceso evolutivo del universo evitaría el fatal destino de su fin, dado que en sus etapas primitivas habría creado a otros y en su fase final de evaporación surgiría uno nuevo. La veracidad del planteamiento anterior permite afirmar que hace 15.000 millones de años desapareció por completo un universo que colapsó en un supermasivo hueco negro, dando origen al nuestro y quizás a otros más. De ahí que, se podría pensar en la existencia de un universo eterno en el tiempo, el cual no justifica a un Dios creador. Sin embargo, parte de la humanidad espera el día

²¹ Desde el exterior del horizonte de sucesos de estos mini agujeros negros se emitiría un copioso flujo de rayos gamma, neutrinos y pares de electrón - positrón. Los niveles observados de radiación gamma producen confusión y hacen pensar que el número de estos agujeros negros es relativamente pequeño para solucionar el problema de la materia oscura faltante, la cual es necesaria para elevar la densidad al nivel del valor crítico. (Cf. Beckett, Hands : 1990, 118).

²² Para tener una idea de lo anterior, se estima que un hueco negro con una masa parecida a la del Sol tiene un tiempo de vida muy ex tenso, alrededor de 10 a segundos ($a = 63$). El tiempo de vida del Universo se estipula en unos 15.000 millones de años, lo que equivale a 5×10^7 a segundos ($a = 1$). Los agujeros negros ubicados en el centro de las galaxias requerirían para desintegrarse y evaporarse completamente alrededor de 10 a años ($a = 90$). (Cf. Hawking: 1994, 166). Considerando que el universo cuenta con un estimado de 100.000 millones de galaxias, el supermasivo hueco negro que se formaría en la etapa final de contracción, sería de tal magnitud que el tiempo para evaporarse por completo es prácticamente infinito. Para un cálculo aproximado se puede consultar la página 147 del libro “ La Temperatura ” del autor Ya. Smorodinski.

del juicio final para encontrarse con este Dios y conocer el destino de cada uno. La ciencia muestra que no será necesario esperar un eventual colapso total del universo para ver ese fin, porque el impacto de un cometa con la Tierra produciría una gran devastación con consecuencias muy parecidas a las descritas en el texto bíblico, de modo que podríamos creer que se trata del Día del Fin del Mundo.

La Biblia en el libro “Apocalipsis” señala algunos de estos hechos, al referirse a los ángeles con trompetas que estaban de pie delante de Dios y uno de ellos llenó un incensario con brasas del altar y lo arrojó sobre la Tierra causando relámpagos y hasta un terremoto. Otro lanzó fuego, granizo y algo parecido a un gran monte ardiendo en llamas, con lo cual aniquiló la tercera parte de la superficie terrestre y de la vida marina. Luego, un tercer y cuarto ángel tocaron sus trompetas, entonces, cayó de los cielos sobre nuestro planeta una gran estrella ardiendo como una antorcha y se dañó el Sol, la Luna y una porción de las estrellas, que no dieron su luz durante parte del día y la noche. (Cf. La Biblia: 1983, 365).

El gran monte ardiendo en llamas podría interpretarse como el cometa entrando a la atmósfera terrestre y la gran estrella sería lo que se vería en el momento de la explosión. Una de las consecuencias del impacto es que se produciría un efecto invernadero de tal magnitud que no podríamos observar al Sol, la Luna y las estrellas. Metafóricamente hablando, algunas personas podrían decir que estos cuerpos celestes se dañaron.

-Al acercarse el cometa los habitantes de la Tierra observarían diariamente como éste y su cola se transforman en un objeto inmenso y amenazante, que se aproximaría cada vez más a la Tierra a una velocidad estimada de 16 kilómetros por segundo. La humanidad esperaría nerviosa el momento del impacto; un trillón de toneladas de hielo y roca destinadas a chocar contra el planeta y la mayor parte de la gente no tendría un sitio en donde refugiarse y esperaría impaciente su fatal destino. Al principio se abriría una grieta en el cielo, una enorme cantidad de aire estallaría y una llamarada chamusqueante más ancha que una ciudad se lanzaría sobre el planeta sacudiéndolo con la fuerza de diez mil terremotos. Una onda de choque de aire desplazado barrería la superficie del globo, destrozando todas las estructuras y pulverizando todo a su paso. El terreno alrededor del área del impacto se levantaría como un anillo de montañas líquidas a varias millas de altitud, dejando un cráter de cien millas de diámetro, dentro del cual, trillones de toneladas de roca se evaporizarían. El material fundido de las rocas caería en el océano levantando grandes tsunamis (enormes olas) y aumentaría la confusión

general. Una vasta columna de escombros se esparciría en la atmósfera y ocultaría al Sol a lo largo de todo el planeta y su luz sería reemplazada por una lluvia de meteoritos que quemarían el suelo con su abrazante calor²³.

El planteamiento anterior se basa en la predicción de que el 21 de Agosto del año 2126 el cometa Swift-Tuttle colisionará con la Tierra. De resultar verídico lo anterior, se produciría indudablemente una devastación global y se destruiría la civilización humana. Es decir, este sería sin lugar a dudas el Día del Fin del Mundo. No obstante, cálculos posteriores indican que tal colisión no será posible y que el cometa fallará por dos semanas. (Cf. Davis: 1995, 2,3). Sin embargo, la humanidad no estará segura porque tarde o temprano algún fenómeno de esta magnitud ocurrirá²⁴. Los cometas y otros cuerpos del espacio exterior chocan con nuestro planeta aproximadamente cada 50.000 años y producen un deterioro como se describió anteriormente. Se podría pensar que estas catástrofes naturales han sido incorporadas en los ritos religiosos de algunas comunidades, formando parte de la cultura y perduran en el tiempo por la tradición oral, la cual a través de mitos, cuentos y leyendas las reproduce y las transmite de generación en generación. Además, con el surgimiento de la escritura, algunas de estas historias se incorporaron en los textos. Por esta razón, probablemente algunas de estas narraciones forman parte de La Biblia y presentan una visión apocalíptica, que posteriormente sustenta la cultura occidental (Cf. Van der Laan: 1998, 63-71). No es casual entonces, que el ser humano se preocupe por esta fecha y al final de cada siglo teme la llegada del Fin del Mundo y del Juicio Final, como lo indica el historiador Roberto Marín al sostener que en los años anteriores al año mil, durante la Edad Media Europea “surgieron movimientos mesiánicos que advertían acerca del fin del mundo y sobre la llegada de un Salvador que pondría orden.” (La Nación: 25/03/97, Viva N°1). Sin embargo, aunque estos temores parecen infundados, se basan en hechos que podrían ser reales y se aproximan mucho a lo que podría ocurrir si chocáramos contra un cometa. Este impacto produciría efectos muy parecidos a los que describe la Biblia en el Apocalipsis.

El destino de la humanidad no está claro del todo. Muchas personas creen firmemente en la existencia de una vida posterior a la muerte, ya sea por medio de la reencarnación continua o bien, en el más allá. Pero en fin, quizás que para

²³ Lo que aparece entre guiones es una adaptación muy somera de la descripción que Paul Davis hace sobre este fenómeno en el capítulo 1 de su libro *The last three minutes*. (Cf. Davis: 1995; 1,2).

²⁴ Durante los próximos diez años se teme un apocalíptico choque entre un asteroide y nuestro planeta. A pesar de que algunos científicos no están de acuerdo con este peligro, otros como Víktor Sokolov, del Instituto de Astronomía Teórica

mitigar este miedo, esta creencia constituye una búsqueda de la eternidad, que puede ser en la Tierra o junto a Dios y esto es quizás una de las razones para que el hombre haya desarrollado la cultura y se haya diferenciado de los animales. Tal vez, el ser humano en su interior no logra comprender del todo el desenlace final que significa la muerte y por ello construye mitos, creencias y hasta argumentos de carácter científico con el propósito de alcanzar la eternidad. De ahí, que la cultura en sus diferentes expresiones manifiesta esta búsqueda constante de lo eterno. Incluso, la ciencia moderna colabora en este sentido, con modelos que muestran la posibilidad de existencia de un universo eterno en el tiempo, como lo argumenta Hawking recientemente.

Pero, a pesar de lo anterior y del miedo a la muerte, el ser humano contribuye a su autodestrucción. La agresión constante al medio ambiente por parte del hombre es un problema y las consecuencias de su deterioro son obvias. La economía actual con su política orientada hacia el consumo de bienes innecesarios y al desarrollo militar, perjudica al ecosistema global y a la sociedad en general. Por eso, para presenciar el fin de la humanidad no será necesario una catástrofe como la descrita en el texto bíblico, ni tampoco esperar la evolución del Sol o el colapso final del universo.

Bibliografía

- Asimov, Isaac. 1991. El Universo. Madrid, Alianza Editorial, S.A.
- Asimov, Isaac. 1993. Las amenazas de nuestro mundo. Barcelona, Plaza & Janés Editores, S.A.
- Asimov, Isaac. 1989. Vida y Tiempo. 2ª Edición. Barcelona, Plaza & Janés Editores, S.A.
- Ayala, Francisco. 1983. Origen y Evolución del Hombre. 2ª Edición. Madrid, Alianza Editorial, S.A.
- Beckett, B., Hands, R. A. 1990. Concise Dictionary of Physics. Second Edition. Oxford, Oxford University Press.
- Bialko, A. 1985. Nuestro Planeta la Tierra. Moscú, Editorial Mir.
- Bravo, V., Rivera, A. "Muere el Siglo, nace el Miedo". En Viva, La Nación, San José, Costa Rica, 25 de Marzo de 1997, p. 1.