

Astrobiología. ¿Azar biológico o determinismo físico?

Jesús Ruiz Felipe. Jesús Ruiz Felipe. Profesor de Física y Química del IES Cristóbal Pérez Pastor de Tobarra. (Albacete) jesusruiz@sociedadelainformacion.com

El debate acerca de la existencia de mundos exteriores tiene desde su origen una doble vertiente, un punto de vista físico y cosmológico y unos criterios biológicos y bioquímicos. Generalizando un tanto en exceso, se puede considerar que los científicos que han abordado el problema desde un punto de vista físico, Leucipo, Lucrecio, Bruno, Drake y un largo etcétera, son partidarios optimistas de la posibilidad de vida inteligente extraterrestre, mientras por el contrario, biólogos como Mayr¹ y Monod son más escépticos, argumentando en base a condiciones bioquímicas iniciales y de evolución que los físicos consideran frecuentes y no raras en el universo.

¿Qué diferencia a estas dos Ciencias en su concepción para discrepar tanto en cuanto expectativas? Ante todo, la universalidad de sus leyes y tal vez el determinismo.

Antes de Darwin y durante mucho tiempo, la actitud generalizada de los científicos se basaba en que las leyes de la Ciencia se reducían a unos principios elementales mecanicistas. Queda reflejada esta teoría en los Principios de filosofía de Descartes: *el funcionamiento de un reloj no es menos natural que la producción de frutos por un árbol*. Todas las manifestaciones naturales son explicadas mediante posición y movimiento. Esto derivó, en su paroxismo al determinismo de Laplace, quien sostenía que el futuro estaría fijado por las condiciones mecánicas en un instante. La contribución de Darwin, vista en retrospectiva, fue independizar a la biología de los mecanismos físicos, librarla, mucho antes que la mecánica cuántica, del determinismo y cuestionar la universalidad de sus principios y leyes. Esta cuestión pone de manifiesto la disparidad de criterios, las perspectivas optimistas y pesimistas en cuanto a la probabilidad de vida extraterrestre a través de dos planteamientos divergentes.

¹ Ernest Mayr, quien mantiene que: " *no es una cuestión de las leyes físicas y tecnológicas, sino es más bien un asunto de factores biológicos y sociológicos.*" Mayr, E. (1995). The search for extraterrestrial intelligence. En: Extraterrestrials. Where are they? B. Zuckerman and M.H. Hart, Segunda Edición, Cambridge University Press, Londres, pp. 152 y ss.

Combinaciones de átomos y genes.

Las primeras ideas acerca de la posibilidad de existencia de otros mundos que albergasen vida inteligente iban íntimamente ligadas a la noción de vacío extracósmico, es decir, al atomismo, y a la concepción de un universo finito o infinito. Es muy distinta cualitativa y cuantitativamente, la posibilidad de una vida extraterrestre en un universo finito que en otro infinito, cuestión desconocida hasta ahora. La actitud cosmológica del atomismo se refiere, en parte, a la concepción de la pluralidad de mundos. Demócrito junto a Leucipo, son los precursores del atomismo. Según Demócrito infinitud de átomos imperecederos se agitan en el vacío desde la eternidad en función de unas leyes naturales, generando múltiples choques y uniones en el infinito vacío, que dan origen a los mundos y a sus moradores a partir de los numerosos conjuntos que se establecen. La naturaleza animal, mineral, vegetal, y humana se arma con agregaciones de átomos en el vacío (Descartes recogería siglos después esta idea). Los átomos en su caída interaccionan mediante choques. Los más pesados, caen más rápido y chocan contra los más lentos engendrando agrupaciones y mezclas que constituyen la materia macroscópica animada e inanimada. Las leyes de la naturaleza establecen los movimientos atómicos, no son aleatorios². No obstante, la materia animada no surgirá en cada uno de las infinitas combinaciones de los mundos. Esta contingencia, es fruto del determinismo que gobierna el movimiento atómico, y surgirá o no dependiendo de las condiciones existentes.

Epicuro heredó el atomismo de Demócrito y Leucipo. Para el de Samos, las configuraciones que percibimos están constituidas por átomos que se desplazan de modo aleatorio en el vacío. Los átomos difieren en aspecto y peso, la variedad que percibimos es debida a la pluralidad atómica de los elementos que se forman cuando los átomos se unen en su caída debido a su gravedad. Pero esta caída tiene una componente casual. En este movimiento imprevisible, indeterminado, se van constituyendo los cuerpos. Las ideas de Epicuro fueron propagadas por Lucrecio (siglo I a.C.), en su poema científico *De Rerum Natura*. El físico romano sostiene que en el vacío los cuerpos de diferente

² *Todas las cosas suceden por necesidad, porque la causa del nacimiento de todo es el remolino, al que llama necesidad.* (Diógenes Laercio, IX)

peso caen con igual velocidad (un antecedente serio de Galileo). Los átomos se desvían al descender, no por los choques al que están sometidos, sino por razones accidentales. Este albedrío es la base de la libertad individual. Si los movimientos se relacionan y parten del anterior, se encadenan en orden establecido, si no declinan los átomos un poco, *¿de do viene El que los animales todos gocen De aquesta libertad?*" (De rerum natura, libro II, 253 y ss³). En esto se diferencia Epicuro con Demócrito, para quién la libertad para actuar es sólo aparente.

En cuanto a la posibilidad de estar acompañados en el universo, siendo infinito el número de átomos también lo será el de mundos. En palabras de Metródoro, seguidor de Epicuro *"imaginar la Tierra como el único mundo habitado en el universo infinito es tan irracional como afirmar que en un campo de trigo, brotará una única espiga"*.

Modelos de universo:

Desde un punto de vista muy simplificado, dando por supuesto el Big-Bang como un punto singular que ubicaremos en el origen de coordenadas cartesianas (0, 0 0) el universo se expande creando un espacio donde la distancia entre dos puntos se define como $\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$ o sea, un espacio euclídeo. Y se propaga en cualquier dirección (siendo más o menos homogéneo e isótropo tendría forma esférica) con la velocidad de la partícula u onda más rápida, que es la velocidad de la luz. De tal manera que si el universo (esta onda electromagnética) ha alcanzado una distancia de por ejemplo 100 (unidades de longitud) ¿cabría definir el punto 101? Matemáticamente sí ¿forma parte ese punto del universo? Con este modelo tan grosero no, es decir, el espacio, como el tiempo serían propiedades inherentes al universo, no ajenos e independientes.

Por otra parte, si al producirse el Big-Bang la masa del universo fuera suficientemente grande, el universo se contraería por atracción gravitatoria y estaríamos en una situación cíclica. Si no alcanza esta masa crítica el universo se estará expandiendo indefinidamente.

Una objeción a este modelo de connotaciones estoicas y aristotélicas, es que si una onda se desplaza en el eje x a una velocidad de c y otra en el semieje negativo (-x) con la misma celeridad, la velocidad relativa entre estas dos ondas no es 2.c sino que permanece

³ De la naturaleza de las cosas: poema en seis cantos de Tito Lucrecio Caro; traducido por D. José Marchena.

ce como una constante universal c , con lo cual el parámetro que hay que modificar es el tiempo que no es universal sino que estaría definido para cada observador⁴. Esto nos haría pasar de 3 dimensiones a cuatro. Sin embargo las teorías de cuerdas y supercuerdas manejan 25 dimensiones. Esas mismas teorías, y las implicaciones de la relatividad, nos impiden definir el espacio como euclidiano. Por otra parte, el espacio vacío intracósmico podría a su vez generar materia mediante pares de partículas virtuales indetectables por los detectores de partículas pero confirmadas experimentalmente, de forma indirecta.

Muchas objeciones al modelo, pero los argumentos son intuitivos y antiguos. En realidad, asumimos con la misma naturalidad el Big-Bang y la expansión del universo, con la que Kant estaba imbuido en la teoría newtoniana, o Alberto Magno en la doctrina aristotélica.

La visión estoica del cosmos forja un universo finito y esférico envuelto en un vacío extracósmico. Diógenes Laercio en su libro dedicado a los estoicos (*Diez libros sobre la vida, opiniones y sentencias de los filósofos más ilustres*, libro VII) atestigua de boca de los estoicos, *un mundo único, finito y de forma esférica, ... rodeado de un vacío inmenso*. Además como un anticipo de la teoría del Big-Bang los estoicos creen que el cosmos alterna estados de contracción y expansión teniendo como origen un gran fuego inicial.

Para argumentar en torno al vacío que rodea al universo material exponen la teoría de la flecha o el bastón que consiste en imaginar la paradoja de una frontera entre lo material e inmaterial:

Si estoy a la extremidad del cielo de las estrellas fijas, ¿pudierase extender la mano o el bastón más allá o no? Es ilógico pensar que no; pero si es posible habrá materia y espacio más allá. Es posible ir más allá de eso y así sucesivamente; y si siempre hay un nuevo espacio hacia el que se extender el bastón, eso implica una extensión sin límites. SIMPLICIO, Física.

Ahora bien, siendo el universo que se expande, esparciéndose en materia y radiación, si los confines del cosmos los marca la onda electromagnética propagándose a una velocidad c , no será posible extender la mano, dando por válida la imposibilidad de superar c .

Aristóteles, atendiendo a otras consideraciones, rechazó el argumento, como negaba el vacío. Para Aristóteles el universo no tiene principio ni fin y contiene en sí mismo la

⁴ Bertrand Russell explica esta cuestión de una manera simple y elegante en *El ABC de la Relatividad*.

infinitud del tiempo, es eterno (Acerca del cielo, libro II, 284^a) y no ha sido por tanto engendrado ni puede ser destruido. El universo es finito y esférico en su envoltura final, no se ubica en el espacio, ya que si invadiera un espacio habría un no universo más allá del universo mismo, lo que es inadmisibles. Además el tamaño del universo es finito y constante (sin expansión).

...y al ser infinito lo que está fuera del cielo, se piensa que existe también un cuerpo infinito y un número infinito de mundos; pues, ¿por qué habría algo en una parte del vacío más bien que en otra? De ahí que se piense que si hay masa en alguna, parte tiene que haberla en todas partes. Y también, que si hay un vacío y un lugar infinitos, tendrá que haber también un cuerpo infinito, porque en las cosas eternas no hay ninguna diferencia entre poder ser y ser. Física, libro III 203^b

Esta tesis sostiene que si más allá del universo hay un vacío extracósmico podría admitir un ente infinito, y por tanto tendría que existir un cuerpo infinito. No es posible pues, cuestionarse acerca del más allá, no es pertinente la pregunta. No existe un contenedor que albergue al universo como a un cuerpo. Más allá del universo no existe nada porque el universo es lo único que existe. *Que ahora ni hay múltiples cielos ni los hubo, ni es posible que los llegue a haber, sino que el cielo es uno, único y perfecto* Acerca del cielo, libro I, 279a

La doctrina aristotélica prevaleció durante siglos con la ayuda de los teólogos Alberto Magno y Tomás de Aquino, que adaptaron la doctrina aristotélica a su Fe. Santo Tomás argumenta que no existe un vacío más allá, ya que el vacío es algo concerniente a los entes, es el lugar donde los cuerpos podrían ubicarse. Si no hay tales cuerpos, no hay vacío. Yo suscribiría esta tesis.

Para Lucrecio, que recoge la doctrina de Epicuro y publica sus teorías en De la Naturaleza de las Cosas, el vacío intracósmico es una realidad, de hecho todo es átomos agitando en el vacío. Su teoría atómica, sostiene que el espacio es infinito y está poblado de mundos y nativos. La materia es eterna aunque no lo sean los átomos, siendo la muerte una transformación de los átomos que se reubican. Los átomos son átomos perpetuos, ni se crean ni se destruyen, sólo transforman sus configuraciones que son el origen de todos los seres vivos y materia inerte.

El universo no es finito en ninguna dirección, el universo material estará rodeado por el infinito. El argumento de la flecha es una prueba empleada numerosas veces desde Arquitas (siglo IV): La flecha es la onda electromagnética que va abriendo universo (se

hace camino al andar) sin que nada se lo impida al desplazarse. En todo caso la posibilidad de vida queda encerrado en esta gran esfera (en este modelo rudimentario no suponemos anisotropías).

Immanuel Kant, inculcado en la doctrina newtoniana, se cuestionó la infinitud del cosmos. En el siglo XVII el mundo cerrado aristotélico había cedido al espacio infinito⁵ donde la fuerza de la gravitación regía sin albedrío los movimientos planetarios. Kant se plantea si el mundo tiene un comienzo en el tiempo y está constreñido en el espacio o bien el universo material se extiende sin límites, aunque eso sí, sin plantear la posibilidad de que el espacio que contiene a la materia tuviera una frontera. *Las cuestiones son las siguientes: si el mundo tiene un comienzo y su extensión posee algún límite en el espacio; (...) si soy libre en mis acciones, o bien como ocurre con otros seres, estoy sometido a la dirección de la naturaleza y del destino* (Crítica de la razón pura).

En la conocida antinomia de extensión se puede argumentar la finitud y la infinitud del universo con la misma validez. La clave estaría en considerar una imposibilidad natural del ser humano en comprender la naturaleza del universo.

El siglo XX cambió la noción de un universo infinito a un universo finito pero no estático, a ello contribuyeron la teoría de la relatividad, las pruebas sobre la expansión del universo y la existencia del Big-Bang.

Hay evidencias científicas de que el universo se dilata, la más clara es el corrimiento hacia el rojo de los espectros de las estrellas. Hubble, además, notó que las galaxias más lejanas se distanciaban a mayor ritmo. La velocidad de alejamiento es proporcional a la separación de la galaxia en cuestión, con respecto a la nuestra multiplicada por la denominada constante de Hubble.

La teoría acerca de la relatividad general exigía un universo finito pero ilimitado. Explicado de un modo impreciso, las soluciones matemáticas a la ecuación relativista del campo, implican que el tiempo constituye una línea infinita, mientras el espacio se cierra, es finito aunque no tenga límites a modo de globo, es decir, el espacio deja de ser euclídeo. Un universo limitado sugiere masa finita dispuesta de manera homogénea e isotrópica, implicando un universo esférico y restringido, aunque sin fronteras.

⁵ Koyré *Del mundo cerrado al universo infinito* (1957)

El físico teórico Alexander Friedman, a partir de las de las ecuaciones relativistas, dedujo que el universo se expandía. Einstein influido por las concepciones cosmológicas tradicionales, pese a la revolución que trajo consigo, defendía un universo estático, aunque aceptó la validez de la propuesta del ruso. Friedman postuló tres modelos de universo un universo cerrado, abierto o crítico. En un universo cerrado la expansión del universo es frenada por la gravedad, ya que la masa es suficientemente grande para que comience un nuevo Big-Bang. Si la masa no supera la masa crítica, la expansión dominaría a la gravedad, lo que acabaría en un universo termodinámicamente frío, hacia la muerte térmica sin posibilidad de evolución. En un universo crítico se establece un equilibrio entre la atracción gravitatoria y la inercia de la explosión primigenia. En todo caso, hoy, aceptamos con naturalidad la idea de un universo finito, dinámico, en expansión.

A lo largo de la historia los modelos de Aristóteles, Lucrecio, Newton y Einstein distan de ser definitivos. Sólo unos cuantos conceptos, la evaluación de la constante de Hubble que indicaría la edad del universo, la radiación de fondo, interpretada como el llanto del universo al nacer, la paradoja de Olbers que indicaría un principio o punto singular en el tiempo, el efecto Doppler que nos indica que el universo se expande y que se originó en una gran explosión, nos indican algunos indicios de la naturaleza del cosmos, pero tal y como indicaba Kant el problema tal vez se nos escape de nuestras manos (de nuestro conocimiento y comprensión).

El escenario de Lucrecio.

Para asumir las tesis de Lucrecio, debemos debatir acerca de ciertas premisas que el romano da por válidas. Estas premisas se podrían clasificar en cuatro grupos, a saber:

1) La posibilidad de un universo material infinito, donde la materia prima constitutiva de la vida sea ilimitada, aunque con ciertas condiciones. En primer lugar, la materia se clasifica en un número finito, no demasiado grande, de elementos que están ordenados en la tabla periódica. Para organizar la vida partimos de un diccionario de 4 caracteres, para formar codones de 3 letras, ordenadas en secuencias finitas, ya que sería imposible reproducir secuencias infinitas. Esto implicaría la validez de un cierto atomismo en el sentido de tomar unidades discretas integrantes de los cuerpos orgánicos e inorgánicos, que se ordenarían de manera aleatoria para formar lo que sería la biblioteca de Babel

borgiana, libros formados por unos pocos elementos entre los que se contarían desde los más excelsos hasta la repetición incomprensible de ciertos signos.

2) La universalidad de las leyes físicas y biológicas que permitan la reproducción de la vida en unos términos similares a la vida conocida en la Tierra, aunque sujeta al principio universal de evolución. Es decir, sintaxis similares basadas en un mismo alfabeto que permitan reproducir un Quijote aunque en idiomas distintos.

3) El azar se impondría al determinismo, tanto físico como, ante todo, biológico. Los elementos atómicos se ordenan con una componente fortuita aunque limitada por las leyes de la naturaleza. Lucrecio asume que unos pocos tipos de átomos se combinan con cierto albedrío, con una cantidad de materia prima inconmensurable.

4) Las condiciones bioquímicas suficientes y necesarias para el brote de la vida.

Analicemos ahora estas premisas con más detalle, basándonos tan sólo en el conocimiento parcial de nuestro universo conocido, donde a pesar de los avances cosmológicos en todas las épocas, prevalece más el desconocimiento y la especulación que la certeza empírica.

1) Materia infinita o limitada

Los estoicos imaginaban el universo como un número finito de estrellas envuelto en un vacío infinito extracósmico. Los epicúreos, a través de Lucrecio concebían el universo formado por incontables mundos en un espacio infinito, agregaciones de átomos ordenados por leyes naturales aunque formadas con una gran componente fortuita. Si los pitagóricos barajaban la posibilidad de que hubiera vida en la luna, la situación no ha cambiado tanto cuando ahora especulamos con encontrar vida en otras lunas de nuestro sistema solar. Aristóteles niega el atomismo que desaparece prácticamente hasta la el Renacimiento y sobre todo hasta el siglo XVII. Los escolásticos descartarían la sucesión de mundos de los estoicos y el concepto de incontables mundos de los epicúreos. Pero el mito aristotélico comenzó a resquebrajarse poco después. A mediados del siglo XV Nicolás de Cusa publica "*De Docta Ignorantia*" en donde se opone a la existencia de un cosmos infinito cuyo centro es la Tierra, defendiendo un universo sin simetría esférica.

Con Copérnico, la idea que subyace es que la tierra no ocupa una ubicación preferente en el universo. Giordano Bruno, defiende la teoría copernicana, que desplaza a la Tierra de su sitio privilegiado en el universo y la convierte en un planeta de un sistema solar ajeno a una esfera de estrellas fijas en el firmamento, donde en oposición al mismo Copérnico, sostenía que la octava esfera, no es tal esfera de las estrellas fijas con un centro, sino que el universo es infinito; con incontables mundos o planetas orbitando en otros tantos soles, donde morarían otros seres inteligentes. El dominico se apoya en la doctrina de Nicolás de Cusa y en los atomistas antiguos que defendieron la pluralidad de mundos en un universo. En el quinto diálogo de su obra *Sobre el infinito universo y los mundos*⁶ (1584) explica la distribución de estrellas, planetas y mundos astros en el universo:

En los albores del XVII, el mecanicismo marca la pauta científica y se impone hasta que es reemplazado por la teoría de la evolución y la revolución física de comienzos del siglo XX, donde el carácter inmutable e indivisible de los átomos, y el determinismo son cuestionados y reemplazados. El nuevo paradigma científico de Galileo y Descartes y más tarde de Darwin, reemplaza la física casi subjetiva aristotélica y su biología no evolucionista. La física empírica, mecanicista y atómica de la materia, inspirada en Leucipo y Demócrito se abre camino. Descartes, en sus *Principios de filosofía* defendía que la materia se extiende indefinidamente en todas direcciones. No obstante ni Copérnico, ni más tarde Kepler ni Galileo, aceptan las tesis de la infinitud del universo, tal vez avisados por el trágico final de Bruno (aunque el pisano ya tuvo suficiente con lo suyo, Kepler tuvo más libertad de acción) ni la de la pluralidad de los mundos.

El libro de la naturaleza escrito en caracteres matemáticos desemboca en la gravitación newtoniana y el materialismo de los siglos XVIII y XIX. También se sustituye progresivamente la biología de Aristóteles, por la revolución darwiniana. Newton defendía un cosmos material finito encerrado en un vacío infinito.

La imagen cosmológica del XVII, tanto en copernicanos como en detractores, fue la de un mundo de connotaciones neoestoicas, limitado rodeado de un espacio vacío extracósmico infinito entre la finitud del mundo material y la infinitud del espacio. Frente a ella se situaría la posición cartesiana, que rechaza la distinción entre espacio y mundo, y la concepción de la pluralidad de mundos de Bruno que en adelante, va cobrando fuerza.

⁶ Giordano Bruno *Sobre el infinito universo y los mundos*. Ed. de Angel J. Cappelletti

En el siglo XIX, la denominada paradoja de Olbers aseveraba que un cielo infinito de estrellas implicaría un cielo infinitamente brillante. Sucintamente el problema se plantea así. Dividamos el universo en circunferencias de espesor infinitesimal proporcional a r^2 . Las estrellas contenidas en estos volúmenes enviarían sus rayos atenuándose en la medida de r^{-2} . En consecuencia, el brillo de cada capa es el mismo. Si el cosmos es infinito, el número de envolturas concéntricas es infinito. El brillo de cada estrato, aunque débil sumado un número infinito de veces confiere un esplendor infinito, lo que se contradice con la realidad.

Kepler se percató de la contradicción en 1610. Desconociendo que la rapidez de la luz no es instantánea, postuló un universo finito. En el XVIII, Halley retomó la cuestión, presentando dos monográficos⁷ en 1720 ante la Royal Society, en los que haciendo caso omiso a los principios del cálculo, argumenta que la debilidad de la radiación, aún sumada indefinidamente, resulta despreciable. Presidía las reuniones Newton, que pasó por alto la cuestión.

En el siglo XVII y XVIII, los referentes científicos como Galileo, Descartes o Newton, suponían que el mundo tenía una edad cercana a los 6000 años. Suponiendo que la velocidad de la luz no goza de una *diffusione instantanea*, la supuesta paradoja es una indicación de que el universo tuvo un comienzo, y que como (curiosamente) señaló Poe en su Eureka que *ningún rayo de éste hubiera podido alcanzarnos todavía*.

A partir de unos pocos hechos realmente relevantes como son la teoría heliocéntrica, la explicación a la paradoja de Olbers, las pruebas de la existencia del Big-Bang y la expansión, situaríamos al universo en una de las siguientes categorías: un cosmos infinito, poblado de infinitos mundos, como el sostenido por Lucrecio y Bruno; un universo material finito, rodeado a modo estoico y newtoniano de un ilimitado vacío extracósmico, o un universo finito y sin bordes, a la manera de Einstein y Aristóteles. Las teorías no son definitivas e incluso se reciclan, meciéndose la cosmología al compás de las hipótesis científicas prevalecientes. Es por esto, que el punto primero está abierto, es una incógnita que ha acompañado al género humano desde siempre, que ha cedido, en general,

⁷ 1) Of the Infinity of the Sphere of Fix'd Stars. By Edmund Halley Philosophical Transactions (1683-1775), Vol. 31, (1720 - 1721), pp. 22-24. 2) Of the Number, Order, and Light of the Fix'd Stars. By Edmund Halley Philosophical Transactions (1683-1775), Vol. 31, (1720 - 1721), pp. 24-26.

a la explicación sobrenatural por carecer de respuesta y que nos obliga a explorar un trocito limitado de nuestro entorno galáctico, y a tratar de extrapolar desde ciertas certezas.

2) Leyes universales.

La doctrina escolástica sostenía el principio de un orden existente en la naturaleza moldeado con las leyes físicas. Al evolucionar la Física y la Biología, cobra fuerza la universalidad de la primera, mientras queda en entredicho la generalidad o el concepto de ley biológica sustituido por el de regularidad.

En su prepotencia física, Descartes reduce el funcionamiento del mundo animado e inanimado a unas leyes universales mecanicistas que gobiernan la naturaleza. La idea, según Mayr, consiste en formular todas las teorías científicas como casos particulares de una disciplina elemental, la Física. No obstante para conseguir este propósito, los términos de la rama más compleja, la Biología, deben ser expresados en función de la más básica, lo cual resulta imposible, pese a las pretensiones de Descartes y Laplace. El mecanicismo se vale del orden reduccionista para explicar la realidad.

Existe una diferencia de enfoque entre la época anterior y posterior al evolucionismo. Al examinar la cuestión de la existencia de seres extraterrestres, se debe partir desde el cómo se originó y evolucionó la vida. Sin la faceta evolucionista, más aún, si se añade el concepto de geocentrismo, lo normal sería dilucidar el mundo asignando el prototipo terráqueo. Para Platón, el demiurgo quiso asemejar la vida al más bello y absolutamente perfecto de los seres inteligibles fundando un universo único, que existe y existirá sólo, adoptando la forma esférica, la más perfecta y semejante a sí misma de todas las figuras, naciendo el tiempo a la vez que el universo.

Desde la perspectiva biológica, Darwin sentó que la vida evolucionaba buscando soluciones a las condiciones ambientales. Sin embargo ya Aristóteles, caracterizado por un finalismo donde la naturaleza no origina nada en vano, y Lucrecio, sostenían que subsistían los animales que se adecuaban al medio. La morfología no surgió por casualidad (azar), pero sobrevivió después por necesidad ya que goza de un fin. En cambio, para Monod el ADN se modifica por puro azar, pero al estar modificada la estructura, aunque

se reproduce también por necesidad, de acuerdo a unas leyes naturales. Para Monod, la evolución no tiene un fin en sí mismo, a no ser la supervivencia de una especie.

Lucrecio sustenta una teoría próxima a la evolución confeccionada por Darwin. Las especies surgen con sus características, pero sólo las que se adapten al medio se propagarán y reproducirán, las menos aptas serán eliminadas. Esta evolución, propia del mundo animado e inanimado, rompe de alguna forma, con el universo estático.

No obstante si se carece de un planteamiento evolucionista tanto en el plano cosmológico como en el biológico, las leyes universales que nos ayudan a afrontar el problema de los mundos poblados son muy distintas a las actuales. En un universo estático, sin evolución, el razonamiento platónico es el más razonable. En todas las épocas de la historia, tanto cosmológica como biológicamente aplicamos las leyes imperantes, y se extrapola a menudo sin confirmación. Es por tanto decisiva la frontera que marca la teoría de la evolución, sólo comparable a la teoría heliocéntrica en física.

La idea de mundos exteriores con peculiaridades humanas es tan razonable, acorde a la época, como la hipótesis de que la vida evolucione de manera análoga a la Tierra, en los planetas, o satélites similares al azul, en nuestro sistema solar, galaxia u otras galaxias; aunque a partir de cierta distancia todo sea especulación, ya que nuestro alcance electromagnético, el *contacto*, está limitado por el factor tiempo, y por tanto no seremos capaces de investigar más allá de una porción estrecha de nuestro espacio.

Darwin esclareció la selección natural. No obstante, las leyes que explica son más bien ciertos casos de regularidades que introducen una gran cantidad de aleatoriedad y excepciones. Las teorías biológicas se asientan más en conceptos que en leyes. Mayr⁸ cita como ejemplos la selección, la competición, la adaptación, la biodiversidad, etc. La física, pues, se basará en leyes, que en términos macroscópicos dejan poco espacio a las excepciones, mientras que la biología se apoya en estos conceptos, donde la singularidad no es la norma, pero no es algo excepcional. Y este es un punto clave en el debate que nos ocupa, los humanos somos, según el prisma con que observamos, la norma o la excepción.

Desde el punto de vista físico, observar el campo de trigo inerte al que se remitía Metródor, explorar las espigas estériles que nos rodean, significa que en una de cada 10,

⁸ *Por qué es única la biología : consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica* Ernst Mayr Buenos Aires : Katz, 2006.

20 o 30 debe germinar, porque disfruta de condiciones parecidas de sol, substratos, sustancias orgánicas a la nuestra. Para el enfoque biológico, la regularidad es la ausencia de vida, somos por tanto la excepción a la norma, aunque el campo de conocimiento de esta Ciencia, estudie la singularidad.

3) Determinismo.

La idea de que el orden del universo en un instante dado determina el estado en cualquier otro momento fue uno de los dogmas centrales de la ciencia en los tiempos de Laplace. El peligro de esta teoría no es que se pudiera predecir el futuro⁹ desde los datos de posición, masa, velocidad de cada partícula, sino que el futuro estuviera determinado a partir de estas cantidades mecanicistas.

Esta idea floreció durante la revolución física del XVII. Anteriormente, Lucrecio otorgaba cierta aleatoriedad a los movimientos de los átomos de manera que partículas y animales gozarían de cierta libertad. No obstante para Kant, existe una diferencia entre el determinismo de la naturaleza inerte y el albedrío de los animales que abordaría en su tercera antinomia:

...en la serie entera de todos los acontecimientos no hay más que necesidad natural, considerar como posible que esa misma necesidad natural sea mero efecto de la naturaleza, por un lado, y efecto de la libertad, por otro; en si no hay una contradicción directa entre estas dos clases de causalidad. (Crítica de la razón pura)

Kant distingue entre la necesidad de la naturaleza y el azar de la razón. Eso es perfectamente compatible, si nos ceñimos a los procesos naturales macroscópicos, mientras que como señaló Bohr, los procesos mentales pertenecen al rango energético cuántico, y por tanto son indeterminados, en consonancia con la hipótesis de Lucrecio y la explicación de Kant. Aunque esto podría considerarse como un claro ejemplo de reduccionismo hacia unos principios elementales físicos.

En cuanto a uno de los temas que nos concierne, uno de los factores de la ecuación de Drake, la supervivencia de una especie, la libertad intelectual podría imponerse a la necesidad natural. Por ejemplo, estaría establecido por gravedad, que impactara un meteo-

⁹ *In the sharp formulation of the law of causality "if we know the present exactly, we can calculate the future" it is not the conclusion that is wrong but the premise. Werner Karl Heisenberg uncertainty principle paper, 1927*

rito en la Tierra y modificara el orden de las especies, sin embargo, a través del conocimiento humano se podría evitar en un futuro esa catástrofe (misión Don Quijote de destrucción de asteroides), o bien al contrario, disponemos de desarrollo tecnológico para poner en marcha nuestro propio aniquilamiento, y estos son procesos mentales arbitrarios, que se imponen a la necesidad natural.

El planteamiento biológico tacha a las leyes físicas de deterministas, y lo son en cierto sentido macroscópico, el cometa Halley se acercará a la tierra cada 76 años, etc., pero desde un canon microscópico, el principio de incertidumbre (y el segundo principio de la termodinámica) rompen el imperativo natural. La incertidumbre cuántica nació en la Escuela de Copenhague en los años veinte dirigida por el danés Niels Bohr. La incertidumbre en la medida de la posición de una partícula, multiplicada por la incertidumbre en su momento, supera a la denominada constante de Planck normalizada. El determinismo, que implicaba establecer las posiciones y momentos de las partículas en un instante, dio paso al principio de incertidumbre de Heisenberg. A partir de entonces no nos referimos a la posición de una partícula sino a la posibilidad de encontrar una partícula en un determinado estado cuántico, por tanto, queda refutado el determinismo laplaciano.

Darwin, vivía inculcado en ese determinismo y en la creencia de que los procesos aleatorios, como las mutaciones, partían de una causa. No obstante fue incapaz de cimentar sus teorías en supuestos newtonianos, y por ello fue duramente criticado, como en el caso anteriormente mencionado del desarrollo accidental de la visión, escasamente justificado. Mayr señala que Kant, trató de desarrollar una filosofía de la biología fundamentada en la filosofía de Newton. Fracasó, convencido de que factor adicional que le faltaba y no encontraba en las Ciencias Físicas, se encontraba en la causa final de Aristóteles. Todo lo que la Física carece se encontraba en la teleología. No obstante, Aristóteles no postula un teleologismo universal, no todo tiene un fin. Algunos procesos naturales son para un fin, generalmente en la materia orgánica, pero lo que concierne a la sustancia inerte no asume un propósito, sino que es necesario. El éxito de Darwin, según Mayr, sería explicar por selección natural los fenómenos para los que Kant se remite a la teleología, la refutación de la causa final.

En la hipótesis neodarwinista, el azar desarrolla un rol fundamental. Monod explica que los seres vivos presentan alteraciones en sus genes cuyas consecuencias son que los

descendientes se distinguen de sus antecesores. La aparición de nuevos caracteres se justifica por las mutaciones y recombinaciones genéticas, cambios efectuados de manera espontánea o uniones entre los genes de los padres al engendrar los gametos.

La selección natural provoca la adaptación de la población de una especie. Darwin creía que evolucionaban los individuos no las especies. Sobreviven los grupos más afines al hábitat. Después las especies interrelacionan, se mezclan, pero las mutaciones son fortuitas, sin propósito de adaptarse al entorno. Las mutaciones son aleatorias mientras que la herencia se establece por leyes genéticas. Monod sustituye los términos de Azar y Necesidad, propiedades que determinan la vida, por emergencia y teleonomía. La emergencia se encarga de reproducir y multiplicar estructuras ordenadas complejas facultando la creación evolutiva. Telos es un proceso que tiene un fin definido. Y nomos es la norma. Este término sustituye al de teleología que fue establecido en el siglo XVIII, y que significaba finalidad. En el pasado la tesis de que la finalidad conduce la emergencia fue defendida por Aristóteles. Hoy se impone la tesis de que emergencia antecede a la teleonomía, lo que significa que una mutación es aleatoria, pero cuando esta mutación demuestra su validez, queda como una huella indeleble en la especie adaptada, en contra de lo que creía Darwin, que los caracteres adquiridos no se heredan.

Para Monod, el fundamento implícito del azar se encuentra en la segunda ley de la termodinámica (el aumento de entropía) y el principio de incertidumbre. Algunos autores aseveran (Stéphane Lupasco) que cuanto más se asciende en el orden de los organismos este principio entrópico desaparece, estableciendo con este criterio una diferencia entre lo que es la vida y los sistemas inertes. Sin embargo la existencia de los seres vivos no viola la segunda ley de la termodinámica y la prueba es que los seres vivos necesitan adquirir energía de forma constante. La muerte y la degradación de los cuerpos permiten el reordenamiento de la materia, de los átomos como defendía Lucrecio, permitiendo la evolución.

La vida y las funciones vitales, evolucionan a partir de estos incidentes fortuitos insensibles, independientes del medio. La ciencia rechaza la interpretación de los fenómenos naturales en términos de intenciones, el único fin que parece encontrar Monod es que los seres vivos se estructuran y organizan para la favorecer la supervivencia del individuo y la especie. Por tanto, la existencia, en términos de finalidad, no es un *milagro*. La vida ha evolucionado tanto y por caminos tan intrincados que, para Monod, intentar

reproducir la vida en términos actuales, es aspirar que un mono taquígrafíe las obras de Shakespeare, o escribir, del modo en que pretendía Pierre Menard¹⁰, el Quijote. Esta dudosa afirmación nos conduce al modo en que se originó la vida y las condiciones necesarias.

4) El origen de la vida y las condiciones previas.

Para analizar cuales son las condiciones necesarias para la formación de la vida hay que partir de qué se entiende por vida. Mayr lanza una definición de vida muy general: la vida debe ser capaz de replicarse a sí misma y hacer uso de la energía solar o de moléculas a su alcance. Esta definición, y cualquier otra, corre el peligro de encontrarse con contraejemplos. El fuego cuadraría con esta disquisición, se nutre, reproduce etc. Otra muestra serían las mulas que descienden de un cruce de caballo y asno, siendo estériles, y no podrían englobarse en la descripción del alemán. La definición de vida es fuente de controversia.

El problema del origen de la vida previo a la teoría de la evolución, tenía unos enfoques distintos. La generación espontánea se entendía como un fenómeno natural, aceptado sin reservas. El mecanicismo admite la generación espontánea y Descartes la expone en términos mecánicos ya que sería menester tan pocas condiciones para formar un ser vivo que no es de extrañar que se *formen gusanos e insectos espontáneamente en cualquier materia en putrefacción*. Calor y movimiento le bastan para explicar el origen, en un ejercicio reduccionista. Para Descartes, como para Galileo¹¹ y Kepler (4), el Sol es fuente de vida.

En una carta a Joseph Dalton Hooker de Febrero de 1871, Charles Darwin sospecha que *la vida pudo originarse en algún pequeño estanque templado, con todo tipo de sales*

¹⁰ Jorge Luis Borges El jardín de senderos que se bifurcan (1941;Ficciones, 1944)

¹¹ Galileo, en la carta a Pietro Dini del 23 de Marzo de 1615 trató de mostrar que el motor del universo es la irradiación solar que rota con él. La idea es que esa emisión, de la que el Sol actúa de fuente, es una sustancia sutilísima: la luz *que calienta, vivifica y fecunda a todas las criaturas vivientes*. Estas reflexiones (y justificaciones) indujeron a redactar esta destacada carta en la que mantiene equilibrios entre argumentaciones físicas y teológicas. Kepler encontró en el sol una fuente de luz y calor (como Galileo a su manera), un centro y corazón del Mundo y una capacidad para impulsar los planetas. Esto le dispensaba a este Astro poder Divino de generador de vida y movimiento y le postulaba como morada de Dios.

fosfóricas y de amonio, en presencia además de luz, calor, electricidad, etc.; de modo que se formara un compuesto proteico listo para sufrir cambios aún más complejos. Darwin no afrontó de lleno la cuestión del origen de la vida disculpándose en el escaso conocimiento químico y biológico para desafiar la cuestión. Las hipótesis de Darwin no son justificaciones del origen de la vida, la teoría de la selección natural no impugna la generación espontánea. La creencia de la generación espontánea no es refutada por Darwin, sino por Pasteur. Darwin distancia el origen de las especies y el origen de la vida, dando por válida, o sin preocuparse de la cuestión, la generación espontánea. La selección es independiente del origen.

La Ciencia ha intentado reproducir el *estanque templado*. En 1924 Aleksandr Ivanovich Oparin demostró que el oxígeno impedía la síntesis de moléculas orgánicas imprescindibles para el brote de la vida. En *el origen de la vida*, el ruso mantenía que una sopa primitiva era la solución a los problemas generados por Pasteur sobre la quimera de la generación espontánea. Oparin entendió que la evolución biológica habría sido precedida de una etapa de evolución química a partir de unas condiciones fisicoquímicas propicias. Por otra parte, Haldane propuso en 1929 la idea de una sopa prebiótica de sustancias orgánicas disueltas en los océanos de la que surgirían las entidades vivas más primitivas. Los argumentos de ruso y británico se basarían en que la atmósfera original de la Tierra era pobre en oxígeno y ozono, permitiendo la incidencia de radiación ultravioleta que activaría químicamente a las moléculas de agua, dióxido de carbono y amoníaco, originándose aminoácidos, que concluirían en proteínas.

Miller y Urey reprodujeron las condiciones primitivas de la Tierra compuesta de agua, metano, amoníaco e hidrógeno. Urey, consideraba que la atmósfera de la Tierra debía ser reductora, como opinaba Oparin, favoreciendo las síntesis orgánicas. Después de calentar el líquido preparado y hacerle incidir descargas, se analizó el contenido del matraz y se observó que contenía gran cantidad de moléculas orgánicas, en especial aminoácidos, que es la materia prima de las proteínas.

Ahora se sabe que las condiciones dispuestas por Urey no eran las más características de la atmósfera primitiva. El hecho de no partir de las mismas condiciones iniciales puede derivar en caminos divergentes. En 1963, Lorenz investigaba un modelo de dinámica atmosférica en el que pequeñas variaciones de los datos iniciales conducían a un comportamiento muy distinto. Este fenómeno, señalado como caos determinista, implica

una dependencia importante de las condiciones de origen, eliminando la capacidad de predicción en un esquema determinista. Poincaré había demostrado el proceder caótico de la dinámica celeste. El caos determinista aparece en la naturaleza, en todas las ciencias, pero mientras que para la dinámica celeste regida inflexiblemente por unas leyes deterministas, variaciones poco significativas promoverán pequeñas divergencias (que se intensificarán con el tiempo), en la dinámica atmosférica la aleatoriedad se acentúa, por la propia idiosincrasia de esta rama de la Ciencia, mientras que el camino que seguirá la vida a partir de condiciones ligeramente distintas es completamente impredecible.

Los experimentos de Miller y Urey apuntan a que la aparición de la vida es un fenómeno natural que aparece si existen las condiciones favorables. La transformación de aminoácidos en organismos unicelulares es complejísima y su réplica artificial es hoy por hoy una utopía.

Otro posible generador de moléculas orgánicas serían los sistemas hidrotermales en los fondos oceánicos, donde el magma basáltico es inyectado hasta la corteza, introduciéndose por las grietas, calentando el agua que es devuelta al océano. Esto generaría moléculas orgánicas del mismo tipo que las que surgieron del experimento de Miller y Urey. Otra posible teoría está fundamentada en que la aparición de la vida es tan improbable, y que surgió tan rápido en la Tierra, que tuvo que ser introducida originaria de otra parte. El concepto de panspermia en el que la vida es transportada al azar de planeta a planeta, está ligado en sus orígenes a Anaxágoras (500, 428 a.C.), que situó el origen de la vida en la esfera celeste, por lo que se le puede considerar como el precursor de la hipótesis extraterrestre. No obstante, esta hipótesis se restringe a transponer el brote de la vida a otro sitio; sin resolver su causa.

El origen de la vida es una incógnita en la que se intuyen los primeros pasos que transforman las moléculas, materia prima biogénica, al origen y posterior evolución de la vida. Los experimentos de Oparin, Miller, etc. inducen a pensar que la evolución molecular en las condiciones propicias, engendra las sustancias necesarias para la generación de la vida. Falta saber si las condiciones son necesarias o además son suficientes.

Hoy en día el debate se centraría en especular si la aparición de la vida, lejos de ser casualmente difícilísima, un azar casi inimitable, no mostraría además una necesidad. El planteamiento físico, amparado en la universalidad de sus leyes, confía en la reproduci-

bilidad de las condiciones iniciales que favorecieron el rápido brote de la vida en nuestro planeta, vida que surge de unas condiciones bioquímicas propicias, posiblemente no únicas, suficientes pero no necesarias, donde no se descartaría (esto rayano al optimismo extravagante) una vida sin basarse en el carbono. Sólo conocemos un ejemplo de vida, la residente en la Tierra, y no se debe generalizar sobre las condiciones imprescindibles para que germine. Y allí donde la vida florezca, estará sujeta a la gravitación y evolución.

La explicación de la Teoría de la Evolución, que destaca la casualidad intrínseca de las mutaciones genéticas induciría a pensar en la singularidad de la especie humana dentro del universo, el antropocentrismo, debilitado tras Copérnico. Darwin puso fin a la causa final de Aristóteles, refutando el principio entrópico en su versión fuerte. La encarnación de la vida es una eventualidad que perdura por necesidad, tanto si nuestra presencia en la norma o la singularidad.

SOCIEDAD DE LA INFORMACION

www.sociedadelainformacion.com

Edita:



Director: José Ángel Ruiz Felipe

Jefe de publicaciones: Antero Soria Luján

D.L.: AB 293-2001

ISSN: 1578-326x