

DIÁLOGOS. REVISTA ELECTRÓNICA DE HISTORIA

Escuela de Historia. Universidad de Costa Rica



¿Qué es la vida? ¿La ciencia, se atreve a definirla?

Dra. Libia Herrero Uribe

Comité Editorial:

Director de la Revista Dr. Juan José Marín Hernández jmarin@fcs.ucr.ac.cr

Miembros del Consejo Editorial: Dr. Ronny Viales, Dr. Guillermo Carvajal, MSc.
Francisco Enríquez, Msc. Bernal Rivas y MSc. Ana María Botey

“Diálogos Revista Electrónica de Historia” se publica ininterrumpidamente desde octubre de 1999

Dirección web: <http://historia.fcs.ucr.ac.cr/dialogos.htm>

(página 1 de 35)

Palabras claves: Historia, Investigación organismos vivos, Debate, Perspectivas Científicas

key words: History, Investigation live organizations, Discussion, Scientific Perspectives.

Resumen

Esta publicación presenta una revisión sobre el desarrollo del conocimiento sobre los organismos vivos a través de la historia y las diferentes perspectivas con que estos se han analizado y definido. Se demuestra como la mayoría de los dogmas del siglo XIX y XX se mantienen a pesar de los nuevos descubrimientos. Esta revisión permite demostrar la importancia de reunir las diferentes disciplinas para lograr una apertura en la definición de los organismos vivos y sus interrelaciones, para lograr cambiar los dogmas existentes. Esto sin duda alguna, dará a la investigación en este tema una libertad diferente para entender la naturaleza misma y abrir la posibilidad a la verdadera creatividad y con ella a nuevos descubrimientos que permitan un desarrollo más acorde en el planeta en que vivimos.

Abstract

This paper presents a review about the studies of live organisms throughout history and the different perspectives used to define and characterize them. It is shown that many of the dogmas of XIX and XX centuries are still applied even though the new discoveries. This review emphasizes the importance of discussion among the different disciplines to attain new views about this matter, giving the possibility to a more free research on live organisms and its interrelationships, hoping to increase the creativity that will permit a more sustainable development and understanding of our planet.

Dra. Libia Herrero Uribe Doctora en Virología.

Universidad de Costa Rica

Introducción

Con el avance de la ciencia se ha intensificado el estudio de organismos que cuestionan las definiciones tradicionales de la vida. Por el momento, no existe ninguna definición de la vida que sea universalmente aceptada. Obviamente existen características que todas las definiciones toman en cuenta, pero no todas le dan la misma importancia a cada una de ellas. Para algunos autores la característica más importante de la vida es el metabolismo celular, ya que por medio de éste los organismos pueden mantener su estructura y función. Para los biólogos moleculares, lo más importante es el ADN y la capacidad de replicarse que tenga dicho organismo. Para otros, los organismos vivos hay que definirlos desde la perspectiva ecológica, ya que ningún ser vivo puede vivir aisladamente, en tanto otros se inclinan hacia una perspectiva de carácter evolucionista.

El descubrimiento de microorganismos que han estado en fase latente durante miles de años, en los lugares más inhóspitos, cuestionan las definiciones de la vida. En su mayoría los organismos extremófilos pertenecen al grupo de las Archeas consideradas los seres más primitivos, viven en condiciones ambientales extremas que han cambiado los rangos químicos y físicos en que anteriormente se creía que ocurre la vida. Los priones, los agentes etiológicos de las encefalopatías espongiformes (por ejemplo “la enfermedad de las vacas locas”), son proteínas con capacidad de transmitirse de hospedero a hospedero y son capaces de producir enfermedad. Por otro lado, se ha demostrado, que ciertas características pueden ser transmitidas de forma propagativa mediante información alojada en las proteínas y no solamente en el ADN, mecanismo que utilizan los seres vivos para mejorar la adaptabilidad a su ambiente. Todos estos descubrimientos han traído nuevos cuestionamientos a la definición de la vida y convierten el tema en una de los más discutidos y apasionantes en los ámbitos de la ciencia y la filosofía actuales^{1,2,3}.

¿Cómo se originó la vida?

Si la vida es difícil definirla, también ha sido muy difícil para la ciencia llegar a comprender la forma cómo este fenómeno surgió sobre la tierra. La discusión sobre el origen de la vida y las diferentes hipótesis que se han presentado son un tema de gran interés y discusión permanente. La primera hipótesis consistente acerca de los procesos químicos que habrían dado origen a la vida fue la formulada por el bioquímico ruso Alexander I. Oparin ⁴, quien propuso que, después de la formación de la atmósfera primitiva de la Tierra, se había producido una serie de eventos químicos en la sopa primitiva o primordial que aumentaron en complejidad originando la vida. En 1965, el físico inglés John Bernal ⁵ propuso la teoría que una entidad molecular podría definirse como viva si poseyera dos propiedades: capacidad de acumular información genética y capacidad de producir copias de su propia estructura. El metabolismo de este primer ser vivo —el "polímero primordial"— consistiría únicamente en esa capacidad de generar, autocatalíticamente, copias de sí mismo. (Un polímero es una molécula formada por la unión de muchas moléculas más pequeñas llamadas monómeros.) Quedaba entonces la pregunta ¿Cuáles podrían ser estos polímeros? Los candidatos naturales eran las proteínas (cadenas de moléculas pequeñas, los aminoácidos, ordenados en una secuencia determinada) o los ácidos nucleicos, el ARN y el ADN. Después de muchas investigaciones y discusiones, Cech y sus colegas ⁶ en 1981 verificaron, que determinadas secuencias del ARN de ciertas bacterias eran capaces de acelerar la velocidad de algunas reacciones. En otras palabras, descubrieron que el ARN podía comportarse como una enzima. Cech llegó a bautizar a su ARN con el nombre de "ribozima", es decir una enzima constituida por ácido ribonucleico. Las apasionantes discusiones sobre este capítulo del origen de la vida se prolongó por muchos años, y se pueden encontrar con más detalle en las siguientes referencias ^{7,8,9,10}.

Las principales concepciones tendientes a explicar el origen de la vida se pueden dividir en dos grupos, aquellas basadas en la química y la física evolucionando hacia sistemas más complejos y el creacionismo y la panspermia. Dentro del primer grupo está la tesis que el origen de la vida es el producto del azar, pero comprensible dentro de las leyes de la física y la química, pero la cual no es predecible ni demostrable ya que es el producto de muchos eventos al azar y por lo tanto la naturaleza de la vida es esencialmente única. El origen de la vida es un evento en un mundo gobernado por el azar y por lo tanto no es demostrable. Esta tesis fue elegantemente discutida por Jacques Monod ¹¹ en su libro “El Azar y la Necesidad”. La segunda concepción es que el origen de la vida es un evento determinista, el resultado de la acción de las leyes de la naturaleza en un sistema fisicoquímico de cierto tipo. Este sistema evoluciona en el tiempo, es gobernado por principios físicos y químicos y eventualmente lleva a la aparición de formas vivientes. Los detalles no necesitan ser totalmente deterministas en cada aspecto, pero el comportamiento en general es predecible ¹².

El Creacionismo es una concepción más bien de carácter religioso, que no puede ser verificado por la investigación científica. Plantea que el origen de la vida es un acto divino que está fuera de las leyes de la ciencia. Los detalles no pueden ser conocidos por las leyes de la naturaleza sino solamente por las revelaciones divinas, siempre y cuando el creador quiera revelarlos. La mayoría de los seguidores de esta teoría creen que todo ha sido revelado en las santas escrituras, por lo tanto se tienen varias doctrinas sobre el origen de la vida dependiendo de las diferentes religiones ortodoxas ¹³. La Panspermia, por otro lado, concibe que la vida fue traída de otro planeta a través del espacio. La observación que algunos organismos anhidrobióticos (organismos que tienen la capacidad de sobrevivir a pesar de la paralización de su metabolismo debido a pérdida de agua) resisten las condiciones del espacio eleva la posibilidad que ciertos microorganismos puedan ser transferidos entre planetas de una forma natural por medio de meteoritos o artificial por medio de naves espaciales ^{14,15}.

Historia

La ciencia y la filosofía han sido interdependientes a la hora de elaborar su pensamiento y perspectivas a través de la historia y el estudio de los organismos vivos no escapa de esta relación entre ambas. Los descubrimientos realizados por los científicos durante los siglos XIX, XX y XXI han traído nuevos conocimientos que han influido en la definición de los organismos vivos, por lo tanto, a través de la historia, éstos se han estudiado bajo muy diferentes perspectivas.

Desde el principio de la humanidad, nos podemos imaginar como los primitivos *Homo sapiens* podrían haber clasificado lo que tenían a su alrededor: aquello que se deja coleccionar o lo que hay que cazar, lo dulce de lo amargo y lo venenoso o beneficioso para su sobrevivencia. La formulación del orden cósmico fue introducida por Aristóteles al introducir sus nociones holísticas y teleológicas. La frase aristotélica “El todo es más que la suma de sus partes” ha sufrido sus embates a través de los tiempos, y su significado ha dependido en gran medida de la tecnología desarrollada por los científicos para analizar su objeto de estudio. Desde el tiempo de Aristóteles, los académicos y la gente en general, dividieron a los organismos vivos en dos grandes grupos: Animales y Plantas.

En 1735, el sueco Carl von Linnaeus publicó *Systema Naturae*, donde presenta la primera clasificación de todos los organismos vivos y los agrupó básicamente de acuerdo a similitudes. Además introdujo la clasificación de los seres vivos en género y especie que todavía se utiliza hoy en día. Linnaeus no tenía una explicación científica del por qué estos grupos se agrupaban de esta forma ya que él pensaba que las especies eran permanentes, pero su lógica de clasificación sin duda alguna fue muy exitosa pues todavía es utilizada hoy en día.

Fue el naturalista francés, considerado el padre de la evolución Jean Baptiste Lamarck quien en su libro *Philosophie Zoologique* insiste que todos los organismos aparecen por evolución y son un *continuum* filogenético. Entre más semejantes los organismos, más relacionados están y tienen un ancestro común. Este gran logro de Lamarck es reconocido por el mismo Darwin cuando dice “En estos trabajos (Lamarck)

mantiene la doctrina que todas las especies, incluyendo el ser humano, son descendientes de otras especies”¹⁶.

A partir del descubrimiento del mundo microscópico, a finales del siglo XVII, por Anton van Leeuwenhoek¹⁷ quien fue el primero que observó seres microscópicos, se da el inicio al estudio de un mundo de gran abundancia y diversidad. Al pasar de los años, los conocimientos sobre la anatomía y fisiología de los microorganismos se fueron acumulando, hasta que Ernst Haeckel¹⁸ introdujo un tercer reino a la clasificación: el reino Protista donde acomodó a los organismos microscópicos unicelulares y algunos de sus parientes multicelulares.

Durante los siguientes años, se realizaron gran cantidad de observaciones y descripciones de los diferentes tejidos hasta que Matías Schleiden y Theodor Schwann¹⁹ presentaron, en forma independiente, “la doctrina de la célula”: las plantas y los animales no son un todo indivisibles, sino que son compuestos, hechos de innumerables células, y cada célula en sí misma es un organismo, con los atributos esenciales de la vida. “Cada célula vive una doble vida: una independiente, ocupándose por su propio desarrollo; y otro incidental, ya que se ha convertido en parte integral de la planta”.

Años después, Rudolf Virchow²⁰ publica su frase categórica, que sigue siendo una verdad esencial en biología, “Omnis cellula e cellula” donde afirma categóricamente que cada célula viene de una célula, es decir que las células no se originan de forma espontánea.

En 1937, el francés E. Chatton²¹ distingue por primera vez entre las células eucariotas y procariotas, lo cual establece la doctrina que existe dos modalidades de organización biológica. Los organismos eucariotas, que en griego significa “núcleo verdadero”, son aquellos que están compuestos por células que poseen en su citoplasma un núcleo discreto rodeado de una membrana, el cual contiene el ADN y en donde se pueden ver los cromosomas durante la división celular. Estas células además del núcleo tienen sus organelas, un cito-esqueleto y una red de membranas internas. Entre los organismos eucarióticos se encuentran los animales, las plantas, los fungi y muchos protistas como las amebas. Los organismos procariotas son más pequeños y más simples y no tienen un verdadero núcleo, su ADN se encuentra en el citoplasma celular sin estar delimitado por

una membrana. Debido a este descubrimiento, las bacterias se pasaron a otro reino, dejando en el Protista a los eucariotas unicelulares.

En 1959, R.H. Whitaker ²² divide los seres vivos en cinco reinos: un reino procariota: Monera, donde se colocaron las bacterias y cuatro reinos eucariotas: Animalia, Plantae, Fungi y Protista. Nótese que en esta clasificación no se incluyeron los virus, los cuales no se han considerado como organismos vivos por algunas características que se discutirán posteriormente.

Durante los años cuarenta del siglo pasado, la biología se estudiaba enfocada en los organismos vivos, es decir en las células, ya que éstas se consideraban los componentes básicos y se encontraba lejos de la física. Después de la segunda guerra mundial, el estudio de los organismos vivos empieza a explicarse desde la física y la química a raíz del libro publicado por esa época por el famoso físico Erwin Schrödinger ²³. Aunque él mismo aceptaba que el estudio de los seres vivos no puede basarse solamente en el conocimiento existente en ese momento, estaba seguro que el problema se resolvería cuando se descubrieran otras leyes de la física hasta el momento desconocidas.

En 1962, Maurice Wilkins, James Watson y Francis Crick ²⁴ reciben el Premio Nobel de Fisiología o Medicina al publicar la estructura del ADN, descubrimiento que lograron al utilizar algunos de los estudios cristalográficos de difracción de rayos X de Rosalyn Franklin ²⁵. Este hecho cambió la perspectiva del estudio de la vida. Este descubrimiento llevó al triunfo de la genética y redireccionó completamente la investigación biológica. Mientras que las células se veían como los componentes básicos de los organismos vivos durante el siglo XIX, la atención cambió de las células a las moléculas. Este triunfo de la biología molecular derivó en la creencia generalizada de que todas las funciones biológicas pueden ser explicadas en términos de estructuras y mecanismos, convirtiendo de esta forma a la mayoría de los biólogos en apasionados reduccionistas.

Durante los años sesenta, se descubrió que tanto la secuencia de aminoácidos en las proteínas o los nucleótidos en los ácidos nucleicos contienen mucha información genealógica (ascendencia genética). Las macromoléculas que descienden de una molécula

común ancestral divergen progresivamente durante el tiempo y gracias a la acumulación de las mutaciones, la comparación de sus secuencias puede dar información acerca la relación entre organismos desde el punto de vista evolutivo. Durante los años siguientes se utilizaron las secuencias de aminoácidos de las proteínas y la secuencia de los ácidos nucleicos para llevar a cabo los estudios genealógicos³². Pero a partir de los años noventas, la macromolécula de escogencia para hacer estudios genealógicos de los microorganismos ha sido el RNA ribosomal ²⁶, que se encuentra en el ribosoma, la organela celular que traduce el idioma del ARN a las proteínas, ya que se ha encontrado que es la macromolécula más conservada que se conoce, es decir que ha variado muy poco a través de los años.

La comparación de los ARN ribosomales de las bacterias demostró que los procariotas se pueden dividir en dos grandes grupos. El primero, designado como Eubacteria, donde se encuentran las bacterias más conocidas, y otro, el grupo Archaeobacteria, donde se encuentran bacterias más primitivas y exóticas, como las extremofílicas (amantes de los extremos) entre las cuales se encuentran las termofílicas, que crecen a altas temperaturas, las halofílicas que crecen a altas concentraciones de sal, las acidofílicas que crecen en medios de mucha acidez y bacterias del rumen que son, todas, microorganismos más ancestrales.

³² *Toda la información y las instrucciones necesarias para “ser” y mantener un organismo vivo está en su ADN. Toda esta información está codificada en un lenguaje de cuatro letras de nucleótidos de ADN las cuales están abreviadas en A (adenina), G (guanidina), C (citosina) y T (timidina). El genoma humano tiene alrededor de tres billones de nucleótidos en sus hélices que forman la doble hélice característica. Cuando aparecen las señales que indiquen que es necesario que se exprese un gene, la doble hélice se abre a modo de zipper exponiendo la secuencia del gene necesario, el cual se expone y éste es copiado en el idioma del ARN, el cual a su vez, es leído por los ribosomas traduciendo el código en el lenguaje de las proteínas. Cada secuencia de nucleótidos de ADN que se transcribe en la versión del ARN se llama gene. ADN a ADN se le llama replicación, de ADN a ARN se llama transcripción y de ARN a proteínas se llama traducción.* ³²

En 1990, Woese, Kandler y Wheelis²⁷ propusieron el término Dominios, que son unidades taxonómicas (o sea, de clasificación) más amplias que los reinos; basados en la secuencia del ARN ribosomal dividieron los seres vivos en tres grandes dominios: Eubacteria, Archaea y Eukarya. Esta nueva clasificación recibió varias críticas, especialmente de Ernest Mayr²⁸, quien enfatizó que variaciones en un solo carácter de la estructura del ARN ribosomal es una fundación frágil para hacer divisiones taxonómicas. Él propuso que la organización general de las células debería basarse en una plataforma más robusta para esta clasificación, por lo tanto propuso dos dominios: el Eukaryotico y el Prokaryotico el cual estaría dividido en dos subdominios: Eubacteria y Archaeobacteria.

A principios del siglo XX, la teoría de relatividad de Einstein, y sobretodo las diferentes interpretaciones de la física cuántica, traen un cambio de paradigma del mundo mecanicista de Descartes y Newton hacia la visión ecológica y holística. Es decir, que el Universo deja de ser visto como una máquina compuesta de partes, y se introduce una visión de integración. Aunque la física cuántica se desarrolla durante los primeros 30 años del siglo, sus implicaciones filosóficas han sido muy difíciles de aceptar ya que su comprensión llevaría al ser humano a relacionarse con el Universo de una forma totalmente diferente.

La física o mecánica cuántica²⁹ es una teoría matemática sobre el comportamiento de las partículas subatómicas. Sin ella, no podríamos entender los átomos, las moléculas, los cristales, la luz, los transistores, los rayos láser o las partículas subatómicas. Ningún científico serio podría negar las ideas básicas de la teoría, pero sus implicaciones filosóficas han sido muy difíciles de aceptar. Esta teoría introduce el aspecto dual de la materia en donde entidades como los electrones pueden comportarse tanto como partículas o como ondas, dependiendo del contexto del medio en el cual ellos existen y son observados. En segundo lugar, introduce la noción que la acción cuántica es indivisible, lo cual implica que transiciones entre estados estacionales son en cierto sentido discreto (discontinuos). En

tercer lugar, cada situación física se caracteriza por una función de onda la cual no está directamente relacionada con las propiedades actuales de un objeto individual, evento o proceso. En general, solo se obtiene una medida estadísticamente probable de observaciones similares llevadas a cabo bajo las mismas condiciones y no se puede predecir en detalle qué pasará en cada una. En cuarto lugar, los electrones que inicialmente se combinan para formar una molécula y luego se separan, muestran una relación no-local, la cual puede ser descrita como una conexión no causal de dos elementos que se encuentran lejanos ³⁰. Por lo tanto, a nivel subatómico, la materia no existe con certeza en lugares definidos, más bien muestra tendencias a existir, y los eventos atómicos no ocurren con certeza a tiempos definidos y en formas definidas, más bien muestran tendencias a ocurrir. Estas tendencias se expresan como probabilidades, pero probabilidades de interconexiones ³¹. De manera que, el universo ya no es visto como una máquina compuesta de diferentes partes, sino como un todo indivisible, dinámico y cuyas partes están esencialmente interconectadas y pueden ser entendidas solo entre varios procesos de observación y medida. Al ser un todo indivisible e interconectado, el instrumento que observa no puede ser separado de lo observado. Por lo tanto, el ser humano pasa del mundo mecanicista de Newton, donde la naturaleza y el universo eran vistos como una máquina que podía dividirse en partes independientes para su estudio y cuyo futuro estaba completamente determinado, al mundo de la incertidumbre, donde no se puede separar entre el observador y lo observado, pues todo lo que existe se comporta como un todo indivisible.

Heisenberg ³² por otro lado, discute que lo que observamos, no es la naturaleza en sí misma, sino la naturaleza expuesta a nuestro método de observación de manera que el método a cuestionar se convierte en parte integrante de las teorías científicas. De esta manera, el pensamiento sistémico comporta un cambio de ciencia objetiva a ciencia “epistémica”, a un marco en que la epistemología – el modo de cuestionar – se convierte en parte integrante de las teorías científicas. Esta forma de pensamiento y análisis todavía no es aceptada por muchas de las ciencias llamadas duras.

Durante el siglo XX el cambio del paradigma mecanicista al sistémico se produce en distintas formas, y diferentes velocidades en los diferentes campos científicos. En la

ciencia actual, la perspectiva holística ha sido conocida como “sistémica” o pensamiento sistémico. Este pensamiento fue encabezado por biólogos, quienes pusieron en relieve la visión de los organismos vivos como totalidades integradas. El comportamiento de un organismo como un todo integrado no puede ser comprendido únicamente desde el estudio de sus partes. La teoría de los sistemas demuestra que el todo es más que la suma de sus partes. Comprender las cosas sistémicamente significa literalmente colocarlas en un contexto, establecer la naturaleza de sus relaciones ³³. En la visión sistémica, los objetos en sí mismos son redes de relaciones inmersas en redes mayores. Para el pensador sistémico las relaciones son prioritarias.

Durante los años cincuenta y sesenta, el pensamiento sistémico tuvo gran influencia en la ingeniería y la gestión de empresas, pero su incidencia en el campo de la biología fue paradójicamente casi inexistente. De manera que el estudio de la biología se mantuvo desde el mecanicismo, que explica la vida desde las leyes de la física y la química. Este enfoque manifiesta que todos los fenómenos biológicos pueden ser explicados en términos del estudio de las partes y las fuerzas entre ellos. Pero en el presente ha quedado bien demostrado que la morfología, el comportamiento y el desarrollo son ejemplos que no se han podido inferir solo por los mecanismos moleculares, es por eso que el biólogo Paul Weis ³⁴ manifiesta que “No hay ningún fenómeno en un sistema vivo que no sea molecular, pero no existe ninguno que sea tampoco totalmente molecular”.

Albert Lehninger ³⁵, en su famoso libro de Bioquímica, dice que las moléculas de la vida no difieren de aquellas del mundo no vivo en sus características químicas pero sí en sus características biológicas: con algunas excepciones como algunos compuestos que se excretan, todas las demás están al servicio del organismo como un todo. La noción de la función en los constituyentes del petróleo no tiene ningún significado, ya que dichas moléculas solo obedecen a las leyes de la química y la física. Pero la función es crucial cuando nos preguntamos por que las hojas son verdes y la sangre es roja. La función implica un propósito y por lo tanto un orden, y el orden está implícito en la organización.

Grunther Stent ³⁶ habló sobre la calidad paradójica de los organismos vivos, que obedecen a las leyes de la física y la química pero sin embargo no pueden ser explicados

en término de esas ciencias. En este nuevo contexto, en los años setenta el filósofo Arne Naes ³⁷ desarrolla un movimiento filosófico conocido como la ecología profunda, la cual reconoce el valor intrínseco de todos los seres vivos y ve a los humanos como una mera hebra de la trama de la vida.

A finales del siglo XX, debido a una serie de problemas globales que dañan la biosfera, la extinción en gran escala de especies de animales y plantas, la reemergencia y emergencia de agentes infecciosos y la desigualdad alarmante entre los seres humanos, los temas del ambiente adquirieron una importancia primordial. Cuanto más se estudian los problemas de nuestro mundo, más nos damos cuenta que no pueden ser entendidos aisladamente. Se trata de problemas sistémicos, lo que significa que están interconectados y son interdependientes.

Dentro de esta nueva perspectiva, aparece la teoría de Gaia (Gaia viene de la Diosa griega Madre Tierra) en que James E. Lovelock ³⁸ postula que el planeta Tierra se comporta como un superorganismo ya que tiende a la autorregulación. El trabajo de este científico se inició a principios de los años sesenta cuando fue invitado por la NASA para participar en la investigación sobre la búsqueda de vida en Marte. Para lograr este objetivo, se partió de una característica muy general de los organismos vivos: toman energía y materia del medio ambiente y descartan otros productos al exterior. También razonó que los organismos usan la atmósfera del planeta como un medio para su intercambio cíclico, así como nosotros respiramos oxígeno y expelemos dióxido de carbono. En conjunto con su colega Dian Hitchcock lograron determinar que la atmósfera de Marte y Venus está constituida de alrededor de un 95% de dióxido de carbono, oxígeno pero no se detecta metano. En cambio en el planeta tierra, la atmósfera está constituida por 77% de nitrógeno, 21% de oxígeno y una cantidad de metano. Marte y Venus están químicamente muertos, es decir que no hay intercambio químico, en cambio la tierra está lejos del equilibrio, ya que el metano y el oxígeno reaccionan fácilmente, pero se mantienen en la misma proporción, lo que lo llevó a concluir que para que esto ocurra, los gases deben estar en una constante circulación y que la bomba responsable son los organismos vivos. De esta manera, vista la

tierra desde el espacio y comparándola con sus vecinos, la tierra podría ser descrita como un superorganismo con capacidad de autoregularse.

En 2000, James Lovelock ³⁹ escribe su libro *Gaia: A new Look at Life on Earth* donde expresa que “las condiciones químicas y físicas de la superficie de la Tierra, de la atmósfera y los océanos han sido y son activamente adecuados y confortables para la presencia de los organismos vivos como tales. Esto en contraste con la creencia convencional que la vida se adaptó a las condiciones del planeta y que luego evolucionaron por caminos separados.”

Con la colaboración de la gran microbióloga Lynn Margulis, quien en ese momento estaba estudiando los procesos por los cuales los microorganismos producen y remueven gases de la atmósfera, logran describir ⁴⁰ un número de anillos de retroalimentación que podrían actuar como influencias regulatorias.

Como lo describe Lynn Margulis ⁴¹ en su libro *Symbiotic Planet* “Gaia es simbiosis vista desde el espacio: todos los organismos se están tocando por que todos están bañados en el mismo aire y la misma agua que fluye”. Al principio esta teoría tuvo muchas críticas, que el mismo Lovelock estuvo de acuerdo, y en su segundo libro, hace correcciones y da más evidencias, de manera que, esta teoría cada día es más aceptada por el mundo científico, pero se prefiere describirla como el Sistema Científico de la Tierra o de Geofisiología ⁴².

En los últimos años, los científicos y los matemáticos se han unido al estudio de los organismos vivos por medio de la formulación de una teoría de los sistemas vivientes al desarrollar un conjunto de conceptos matemáticos y técnicas que describen y analizan la complejidad de los sistemas vivientes. Esta nueva metodología se ha llamado “la teoría de la complejidad” o “la ciencia de la complejidad” o como les gusta llamarla a los matemáticos “la dinámica no-lineal” ⁴³.

La no-linealidad es una consecuencia común a las interacciones de retroalimentación que es común en los procesos de regulación en los organismos vivos. Esta nueva matemática de la complejidad explica cómo las formas biológicas y las funciones de un organismo no están determinadas por las características genéticas del organismo sino

que son propiedades emergentes de toda la red epigenética (interrelación entre el núcleo y el citoplasma de la célula) entre los diferentes procesos; su descripción matemática se basa en ecuaciones diferenciales compuestas. Para entender la emergencia de formas nuevas, necesitamos entender no solo la estructura genética y la bioquímica celular sino también su relación con el ambiente. Este encuentro entre la célula y el ambiente dará como resultado un número limitado de posibles funciones y formas. Esto es demostrado por medio de ecuaciones complejas y patrones geométricos que representan las propiedades dinámicas de los sistemas. Esta visión es totalmente diferente a la que mantienen los biólogos moleculares, los biotecnólogos y las compañías farmacéuticas que insisten en el determinismo genético ⁴⁴.

Una de las teorías más aceptadas en la actualidad para definir los organismos vivos es la formulada en 1980 por los científicos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela⁴⁵. Ellos proponen su teoría de la autopoyesis, es decir hacerse a sí mismo. Este concepto combina ambas cosas, el límite físico que es la membrana y la red metabólica. El límite de un sistema autopoyético es distinto químicamente del resto del sistema, y participa en procesos metabólicos armándose a sí mismo y llevando a cabo la filtración de las moléculas que entran y salen del sistema ⁴⁶. La definición de un sistema vivo como una red autopoyética significa que el fenómeno de la vida tiene que ser entendido como una propiedad del todo. Como dijo Pier Luigi Luisi ⁴⁷ “La vida no puede ser adscrita a ningún componente molecular por sí mismo, sino a toda la red metabólica interconectada”. La crítica más importante que se le hace a esta teoría es que no provee con una descripción detallada de los procesos químicos y físicos que participan en estas redes. Esta descripción es crucial para poder entender la emergencia de las formas y funciones biológicas.

Estudios detallados sobre el flujo de la energía a través de sistemas complejos resultaron en la teoría de estructuras disipativas desarrollada por Ilya Prigogine ⁴⁸ y sus colaboradores. Una estructura disipativa se describe como un sistema abierto que se mantiene a sí mismo en un estado lejos del equilibrio, pero es estable: su estructura se mantiene aunque este ocurriendo un constante flujo y cambio de componentes. Prigogine, quien gana el Premio Nobel en 1977 por esta teoría, escogió el término estructuras

disipativas para enfatizar este intercambio cerrado entre estructura por un lado y flujo y cambio (disipación) por el otro. La dinámica de estas estructuras disipativas específicamente incluye la emergencia espontánea de nuevas formas de orden. Esta emergencia espontánea del orden en puntos críticos de inestabilidad o puntos de bifurcación es uno de los nuevos conceptos más importantes. Es técnicamente reconocido como auto-organización o “emergencia”. Se ha reconocido como el origen dinámico del desarrollo, del aprendizaje y de la evolución. En otras palabras, creatividad- es una propiedad fundamental de los sistemas vivos. Ya que la emergencia es una parte integral de la dinámica de los sistemas abiertos, Capra⁴⁹ llega a la conclusión de “que los sistemas abiertos se desarrollan y evolucionan. Que la vida alcanza siempre la novedad”. La teoría de las estructuras disipativas, formulada en términos de la dinámica no-lineal, no solo explica la emergencia del orden sino que también ayuda a definir la complejidad e introducen aspectos más holísticos para definir la vida.

A pesar de todas las nuevas teorías y perspectivas para el estudio de los organismos vivos, algunos científicos mantienen el criterio que cada fenómeno biológico, por complejo que sea, está basado en interacciones químicas y físicas entre las moléculas. Pero la complejidad que caracteriza a los seres vivos, sus estructuras y función, metabolismo, reproducción, adaptación y su comportamiento hacia la búsqueda de una meta llevan a la pregunta si el estudio de la biología puede realmente reducirse a la química y a la física o si debe ser una ciencia autónoma con principios propios.

Para muchos científicos lo ideal sería estar entre el reduccionismo y el holismo, ya que el enfoque reduccionista es una estrategia importante para hacer investigación, y cuando es exitosa ofrece explicaciones que son satisfactorias. Hunter⁵⁰ presenta una respuesta conciliatoria; reexaminando si la pregunta de si la biología puede ser reducida a la química, él dice: “Los dos extremos son conciliatorios, no antagonistas: para aquellos que buscan entender los organismos vivos requieren ambas, la perspectiva holística desde

arriba para abajo y la perspectiva reduccionista de abajo para arriba. Ninguna de ambas es suficiente por sí misma”

Los Organismos Vivos:

Todo organismo que es considerado como vivo en la ciencia de hoy consiste de células. Pueden ser organismos unicelulares u organismos formados por cúmulos de diferentes células. Sin células se podría decir que no existe la vida en el planeta tierra. Una célula se caracteriza por tener una membrana, la cual la limita, la define como “propia” y la separa del ambiente. Otras células tienen además otros limitantes más rígidos como son las paredes celulares y las cápsulas, que son estructuras más resistentes, pero la existencia de membranas de matriz lipídica es fundamental para que la célula pueda tener su propia identidad y llevar a cabo sus funciones, su reproducción y su metabolismo y además de interactuar y protegerse del ambiente. Todas las células nucleadas tienen el sistema de endomembrana que es una única membrana que está en constante movimiento y que envuelve a sus organelas⁵¹.

Para poder definir entonces las características de la vida tenemos que concentrarnos en las características propias de la célula. Aunque es un enfoque reduccionista, no debemos quedarnos con la idea que entidades complejas son solo la suma de sus partes. Harold Morowitz⁵² dice que existe una simplicidad interna celular que es su ambiente bioquímico y una simplicidad ecológica donde el organismo hace algunas demandas químicas al medio externo. Cada célula además tiene la capacidad de hacerse a sí misma de manera autónoma multiplicándose por división y consecuentemente representan el nivel más simple de organización que manifiestan todas las características de la vida.

La membrana celular es la característica primera que define la vida celular y la segunda característica es el metabolismo que se lleva a cabo dentro de su límite. El metabolismo es el conjunto de procesos químicos por los cuales las células obtienen nutrientes y servicios requeridos para su continuidad, su crecimiento y su reproducción. Se

caracteriza por un flujo de materia y energía, es decir una actividad química incesante que permite la absorción de nutrientes del ambiente para producir biomasa y eliminar productos de deshecho. Como dijera Lynn Margulis⁵³ “El metabolismo, la incesante acción química de automantenerse, es una característica esencial de la vida. A través de un metabolismo incesante a través de la química y el flujo de energía, la vida se produce continuamente, se repara y se perpetúa a sí misma. Solo las células, y los organismos compuestos de células metabolizan”.

De esta manera, existen dos clases de redes celulares, la primera es la metabólica, es decir cuando se producen los metabolitos y la segunda la epigenética, que es cuando a partir de estos se forman las macromoléculas. Esta segunda fase incluye los genes. De esta forma se forman las redes químicas, que son otra característica de los organismos vivos. Donde se vea vida, se ven redes. La función fundamental de cada componente en estas redes es la transformación o reemplazo de otros componentes, de manera que toda la red se está regenerando continuamente a sí misma. Esto lleva a una definición sistémica de la vida “las redes vivientes continuamente crean, o se recrean a sí mismas a través de transformar o reemplazar sus componentes. De esta forma pueden llevar a cabo cambios estructurales continuos mientras que preservan sus patrones de organización.”⁵⁴.

Existe, además, una conexión fundamental entre el estado viviente y un orden especial. Cada célula constituye una unidad del todo, una unidad de vida. Cada constituyente molecular tiene sus funciones. Cada molécula forma parte de un sistema integrado, y de esa manera cada uno le sirve a la célula en su totalidad. John von Neuman dijo que la organización tiene un propósito, en cambio el orden no. “Los organismos vivientes claramente tienen un propósito, el perpetuarse. Por lo tanto, la organización es la palabra que suma la esencia del orden biológico”⁵⁵.

Las células están formadas por grandes cantidades de moléculas, desde elementos trazas, ácidos nucleicos y proteínas con diferentes funciones y especificidades. Los diferentes procesos metabólicos son llevados a cabo por enzimas las cuales están codificadas por los genes y la reproducción depende también de la eficiencia de la duplicación del ADN en la célula. Sin esta molécula, además, hubiera sido imposible la

evolución de las especies y la gran variabilidad de organismos vivos que existen, si estamos de acuerdo que la vida se generó en este planeta y que todos tenemos un origen común. Dada la importancia de esta molécula podríamos entonces decir que los organismos vivos son aquellos que contienen ADN. Pero como sabemos, el ADN es una molécula muy estable y puede estar presente en células muertas, por lo tanto, su sola presencia no define la vida. También hay que tomar en cuenta que cuando una célula se divide no solo el ADN pasa a la célula hija, sino que pasa el citoplasma y sus organelas, es una continuidad de la toda la red epigenética. Hoy en día existen dos grandes corrientes filosóficas y experimentales sobre este aspecto, la visión que se centra en el ADN y la visión que se centra en la célula ⁵⁶.

La herencia epigenética es la transmisión de información de una célula o un organismo multicelular a sus descendientes sin que esa información esté codificada en la secuencia de nucleótidos de su ADN. El sistema de herencia epigenética le permite a las células de fenotipos diferentes e iguales genotipos transmitir su fenotipo a los descendientes, aunque el estímulo responsable de inducir esa característica esté ausente. Hay tres ejemplos en la naturaleza: el primero de ellos es cuando algunos patrones metabólicos se auto perpetúan. Un gen puede ser estimulado directa o indirectamente para transcribir un producto que mantiene la actividad de ese gen. Los descendientes de esa célula pueden heredar esa actividad aunque el estímulo que activó el gen ya no esté. La difusión del producto de ese gen puede pasarle esa característica a las células vecinas. El segundo caso es cuando se heredan sistemas estructurales como en el caso de algunos ciliados como el *Paramecium*. Alteraciones experimentales en los patrones de los cilios en la superficie celular pueden ser transmitidas a sus descendientes idénticos. El mecanismo no se conoce muy bien, pero parece que estructuras existentes sirven de modelo para nuevas estructuras. Se cree que organismos multicelulares también utilizan este mecanismo. El tercer caso es el de los sistemas marcadores de la cromatina, que son las proteínas y grupos químicos que están ligados al ADN. Estas marcas pueden ser copiadas con el ADN las cuales influenciarán al gen de las células hijas ^{57,58}.

Las variantes epigenéticas exhiben reversión y emergencia espontáneas, pero también pueden ser inducidas por otros factores genéticos. Además, factores ambientales también pueden influenciar la emergencia y reversión de los factores epigenéticos. Esto produce la posibilidad que variaciones epigenéticas se puedan producir en diferentes lugares, células y organismos, pudiendo afectar la evolución biológica; la variación adaptativa podría ocurrir y por lo tanto se acercaría mucho a la teoría de Lamarck. La gran pregunta es ¿qué papel juega y en qué medida afecta la evolución la herencia epigenética?

Según la definición de la vida desde la termodinámica, los organismos vivos están en contradicción con la segunda ley de la termodinámica, la cual dice: el aumento de entropía (desorden) está siempre creciendo, con el universo moviéndose a un estado de desorden y azar. En un principio, pareciera que realmente, los organismos vivos, la contradicen ya que mantienen orden en el aumento de entropía constante. Pero en realidad no es así, pues los organismos vivos, aunque sean sistemas cerrados desde el punto de vista de su organización, son sistemas abiertos material y energéticamente ya que tienen un intercambio constante con su medio externo. Por ejemplo, al utilizar la energía del sol como fuente de energía, les permite mantener su estructura en última instancia a expensas de un aumento de la entropía de sus alrededores.

Harold Morowitz ⁵⁹ lo explica de la siguiente manera: los organismos vivos extraen energía del ambiente, la utilizan para llevar a cabo toda clase de interacciones químicas y físicas, convirtiendo la energía en organización. Por lo tanto, la vida no está en contra de la segunda ley, sino que más bien la evade. El problema permanece, ya que las entidades capaces de convertir energía en organización no son predecibles desde el punto de vista de la física. Schrödinger consideraba que la materia viviente no elude las leyes de la física, pero que todavía se desconocen las leyes que podrían explicar y predecir este fenómeno.

Capra ⁶⁰, basándose en la teoría de la autopoyesis y la de estructuras disipativas, define a la célula como una entidad rodeada por una membrana, que se auto genera; es una red metabólica cerrada desde el punto de vista organizacional, la cual es un sistema abierto desde el punto de vista material y energético, utilizando constantemente un flujo de materia

y energía para producir, repararse y perpetuarse. Opera lejos del equilibrio, donde nuevas estructuras y nuevas formas de orden pueden emerger espontáneamente, llevándola al desarrollo y la evolución.

En marzo del 2002, Daniel E. Koshland Jr.⁶¹ publica en la revista Science “Los siete pilares de la vida”, los que él considera los principios esenciales para definir un organismo vivo desde la termodinámica y la cinética, y los llamó “PICERAS”. La “P” viene por Programa, ya que todo ser vivo tiene su programa el cual debe estar sujeto a la “I”mprovisación que le permite hacer los cambios necesarios para adaptarse a las condiciones cambiantes del ambiente. El tercero es la “C” compartimentalización, ya que todo organismo que se considere vivo debe estar delimitado, diferenciado de su ambiente por medio de una pared, o membrana o piel. El cuarto pilar es la “E” energía que es necesaria para llevar a cabo todas sus funciones y mantenerse sano y en acción. El quinto pilar es la “R” regeneración de sus estructuras por medio del metabolismo y su interrelación con su ambiente. El sexto pilar es la “A” adaptabilidad, sin la cual no podría sobrevivir en un ambiente cambiante y el último pilar es la “S” seclusión para llevar a cabo sus funciones específicas. Para este autor, los principios PICERA son los esenciales para que un sistema vivo pueda operar, aunque argumenta que pueden existir otros mecanismos para operar mientras cumpla con los principios cinéticos y termodinámicos.

Teoría de la Evolución de los seres vivos

El impacto de la publicación de del libro de Charles Darwin *El Origen de las Especies* ha representado uno de los cambios más profundos y más radicales de la forma en que se veía el mundo hasta ese momento, y con el descubrimiento del ADN se convirtió en uno de los dogmas más fuertes de la ciencia, ya que aún hoy, la teoría de la evolución es el pensamiento ortodoxo en esta materia y tiene muchos fervientes y apasionados seguidores.

Aunque el darwinismo y el neodarwinismo han sido la base para explicar el origen de las especies, la diversidad de los organismos, la evolución y el orden biológico, no explica los grandes cambios evolutivos que se observan en los fósiles, ya que éstos demuestran que la transformación de las poblaciones no es ni lenta ni mantenida, como lo sugiere Darwin. Stephen Jay Gould, en 1982, argumenta que el darwinismo no es que sea incorrecto para explicar la evolución, pero que necesitaba expandirse sobre todo en su aplicación al origen de nuevas especies y categorías superiores. Es así como propone en conjunto con Eldredge ⁶² un nuevo modelo de patrón de evolución, el “equilibrio interrumpido” en donde explican que durante largos períodos de constancia relativa en las especies, existen cambios rápidos y abruptos por episodios puntuales, los cuales generan nuevas especies. Gould (Gould / Eldredge ⁶³, creen que la evolución es más rica y más ocurrente de lo que la ortodoxia permite, gracias a la infusión de novedades no adaptativas, brinco episódicos y una buena dosis de eventualidad.

El anatomista Ivan E. Wallin ⁶⁴ argumentó en su libro *Symbioticism and the Origin of Species* que nuevas especies se originan por medio de la simbiosis. Años después, Lynn Margulis ⁶⁵ establece el término evolucionista “Simbiogénesis”, que se refiere al origen de nuevos tejidos, órganos, organismos y hasta nuevas especies por medio del establecimiento de simbiosis permanentes o por largos períodos entre organismos. Es un cambio evolutivo por la herencia del conjunto de genes adquiridos por los padres. La simbiosis para Margulis es crucial para entender novedades evolutivas y el origen de nuevas especies. La simbiosis no es un evento marginal o raro, al contrario es un evento común en la naturaleza. En sus propias palabras: “la simbiosis es como un resplandor de un rayo en la evolución”.

Jean Baptiste Lamarck decía que los organismos heredan las características de sus padres que fueron inducidas por el ambiente; de esta forma Lynn Margulis ⁶⁶ dice que la simbiogénesis es un tipo de neo-lamarckismo ya que los organismos adquieren no las características inducidas por el ambiente, pero organismos enteros con su conjunto de genes. El origen de células de plantas y animales por medio de la simbiosis ya no es controversial, ya que la biología molecular lo ha demostrado utilizando métodos de secuenciación de ácidos nucleicos.

Cada día aparecen más informes en la literatura científica sobre la transferencia horizontal de genes, la cual ocurre entre organismos de la misma especie y hasta entre un Filo y un Reino. Esta promiscuidad genética entre los organismos vivos lleva a la duda en el momento de definir el linaje de una especie a través de la transmisión vertical (sus propios genes?) de padres a hijos.

Los virus son los responsables de la transferencia de genes por excelencia, lo hacen entre bacterias, entre humanos y otras células, haciéndolos también parte de cambios evolutivos muy importantes. Las poblaciones de organismos infectados por virus son asideros de selección natural, y como dice Lynn Margulis ⁶⁷ “nosotros somos nuestros virus”.

Problemas con el Dogma Central

En los años 70, los problemas con el Dogma Central se volvieron más evidentes cuando los investigadores extendieron sus trabajos más allá de las bacterias. Se encontró que la correspondencia entre las secuencias de ADN y las secuencias de aminoácidos en las proteínas no existe en los organismos más complejos. Por lo tanto, el principio de un gen-una proteína tuvo que ser abandonado. En organismos superiores, los genes que codifican por proteínas tienden a estar fragmentados más que ser una secuencia continua. De manera que muchas proteínas pueden ser producidas de la misma secuencia genética primaria; a veces hasta varios cientos de ellas de acuerdo con últimos estimados ⁶⁸. Según Ast ⁶⁹, “La señal o señales que determinan el patrón específico en que el transcripto final es formado viene de la regulación dinámica compleja de la célula como un todo. Descifrar la estructura de las vías de dicho señalamiento se ha convertido en el foco principal de la biología molecular contemporánea”. Hoy en día se ha demostrado que un organismo entre más complejo sea, extrae múltiples proteínas de un solo gen. Esto se comprueba cuando se

realiza la secuenciación del genoma humano donde se identificaron de 30.000 a 35.000 genes cuando siempre se había sugerido que el ser humano sintetiza alrededor de 100.000 proteínas.

El mecanismo que se utiliza es el de “edición alternativa” lo que significa que el código genético que presenta cada gen es leído utilizando diferentes sitios de iniciación, lo que se traduce en proteínas de diferentes secuencias de aminoácidos y por lo tanto de conformación (tridimensionalidad) y función diferente. Para aclarar el concepto me voy a permitir dar un ejemplo. El mecanismo de la apoptosis es muy importante para la célula ya que por medio de este, las células dañadas que no pueden reparar su ADN o se encuentran infectadas tienen la capacidad de activar el programa para su propia eliminación. Es decir, la célula tiene la capacidad de suicidarse para no causarle problemas al organismo. El gen Bcl-x que es el regulador de la apoptosis puede ser editado en dos formas de manera que genera una proteína que activa y la otra que inhibe la apoptosis según las necesidades de la célula ⁷⁰.

Las investigaciones, por lo tanto, han demostrado que el programa de activar los genes no reside en el genoma, sino en la red epigenética de la célula. Una serie de estructuras celulares se han identificado en la regulación de la expresión de un gen. Estas incluyen proteínas estructurales, hormonas, redes de enzimas y muchos otros compuestos moleculares. En particular, la cromatina parece jugar un rol crítico, ya que constituye el ambiente más cercano al genoma ⁷¹.

A través de las investigaciones que se realizan, lo que emerge es una nueva visión de los procesos que tienen que ver con los genes, la fidelidad de la replicación del ADN, la razón de las mutaciones, la transcripción de secuencias codificadoras, la selección de las funciones de las proteínas, los patrones de expresión genética - todas están reguladas por las redes celulares en las cuales está embebido el genoma. Esta red es no-lineal, conteniendo múltiples bucles de retroalimentación, de manera que los patrones de actividad genética continuamente está cambiando en respuesta a circunstancias cambiantes ⁷².

¿Vivos o inertes?

Los virus

Aunque los virus han afectado a la humanidad desde el principio de la historia, los he incluido en nuevos hallazgos por que son “entes” que mantienen a los científicos en emergencia, debido a los problemas de salud pública con la amenaza de las pandemias debido a su capacidad de adaptación tan exitosa y por que sus diferentes mecanismos para perpetuarse ponen a la ciencia en cuestionamientos evidentes que pareciera que ésta se resiste a tomar en consideración.

Los virus siguen siendo catalogados como inertes, no pertenecen al reino de los organismos vivos ya que estos son estructuras moleculares consistentes en ácido nucleico y proteínas, carecen de membrana celular ya que no son células y son estrictamente parásitos por que necesitan una célula metabolitamente activa para poder llevar a cabo sus características de seres vivos, afectando muchos de ellos el comportamiento de sus hospederos dramáticamente. Pero por otro lado, dentro de su célula hospedera tienen la capacidad de replicarse y formar una progenie idéntica a sus progenitores, están sujetos a la selección natural ya que mutan y varían sus proteínas para adaptarse a las condiciones cambiantes del medio y por lo tanto cumplen con una de las finalidades de cualquier ser vivo “perpetuarse”.

Recientemente, Didier Raoult y colaboradores ⁷³ publicaron la secuencia del genoma del virus más grande que se conoce. Su hospedero es una ameba, tiene casi el tamaño de una bacteria y contiene genes, proteínas y funciones que solo se creía que existían en organismos celulares. La complejidad de estos Mimivirus pone en evidencia la frágil frontera entre los virus y los organismos celulares que son parásitos. Además, en el mes de agosto del 2005, Monika Häring y colaboradores ⁷⁴ describen un virus que tiene la capacidad de transformar sus estructuras fuera de la célula hospedera y de forma independiente. Este fenómeno acerca más a este virus a calzar en la definición de los

organismos vivos. Aunque los virus se consideran dependientes ya que dependen del metabolismo de la célula hospedera para replicarse, son independientes a la hora de escoger su hospedero producto de la coevolución.

Por otro lado, los virus son los agentes más exitosos en transferir genes de una especie y un género a otro, son capaces de robarse genes de sus hospederos y utilizarlos luego para burlar sus mecanismos de defensa, son capaces de inhibir la apoptosis para evitar que la célula se suicide y se mantenga para ellos replicarse. Como lo evidencia Villareal ⁷⁵ en su artículo “Are Viruses Alive?” de diciembre de 2004, los virus son parte fundamental de la red de la vida.

Los Priones

El descubrimiento de los priones ⁷⁶ como proteínas transmisibles y productoras de enfermedad han contribuido al conocimiento científico de una manera considerable. Tanto así, que aquellos fenómenos y procesos característicos de ellos, que cuestionan los dogmas de la biología se les ha llamado “las herejías de los priones”. La primera de ellas propone una forma diferente de transmisión de la información de una generación a otra. Es decir, dejamos de lado la idea que la herencia se aloja solamente en el ADN para pasar a la herencia propagativa alojada en las proteínas.

La segunda herejía de los priones se basa en la demostración que el concepto: una secuencia de nucleótidos en el ADN se traduce a una secuencia de aminoácidos en la proteína y por lo tanto una conformación o estructura y una función dada, ya no es cierta en los organismos superiores. Los priones nos han demostrado que una sola secuencia de aminoácidos puede dar dos o más conformaciones estructurales de la molécula y por lo tanto funciones diferentes de esas proteínas.

Este fenómeno ocurre espontáneamente o por una conversión de la conformación o forma de una proteína normal o “buena” a una conformación que le da a la proteína otras características bioquímicas con la modalidad de producir enfermedad como en el caso de

las encefalopatías espongiiformes como la enfermedad de las vacas locas. Estas dos proteínas tienen la misma secuencia de aminoácidos, pero sus partes se acomodan de varias formas dando estructuras diferentes, con características químicas y bioquímicas diferentes. El mejor ejemplo es pensar en aquellos muñecos que moviendo sus brazos, piernas y cabeza adquirirían nuevas formas.

Este fenómeno de una secuencia: varias conformaciones es un proceso natural que se ha encontrado en hongos y levaduras que lo utilizan para adaptarse rápidamente a cambios en el ambiente externo. En este proceso se pone en evidencia la relación entre el ambiente externo que estimula los cambios a la red epigenética para activar los procesos necesarios para la sobrevivencia de los organismos ⁷⁷.

Organismos Criptobióticos

En los últimos años, se han descubierto organismos con la capacidad de permanecer en un estado latente durante miles de años. A este estado se le ha llamado criptobiosis (vida escondida), anabiosis (vida de nuevo) o vida latente. Vida latente es tal vez el término más apropiado ya que en este estado, la capacidad de vida está presente pero no es aparente. Estos organismos pueden vivir en estado latente por miles de años y en algunos casos hay reportes controversiales de millones de años ⁷⁸.

Estas bacterias tienen la habilidad de sobrevivir al cesar el metabolismo, el cual no ha podido ser detectado utilizando los métodos hasta ahora conocidos. Durante este estado, por lo tanto, no ocurre reparación, ni intercambio energético con su ambiente, ni está sujeto a la selección natural.

El Dilema

Según David Wharton ⁷⁹, la definición de la vida desde el punto de vista fisiológico es un organismo vivo que debe llevar a cabo las siguientes funciones: alimentarse, excretar,

reproducirse, crecer, moverse y responder a los estímulos. Por lo tanto, los organismos criptobióticos, al no metabolizar, ¿deberían ser considerados vivos o inertes? Tienen la potencialidad de vivir cuando las condiciones ambientales cambian a ser favorables, pero en ese estado, realmente estaría no vivo ya que carece de un metabolismo activo. El fenómeno de criptobiosis cuestiona esta definición de la vida.

La definición metabólica considera un organismo a aquel que tenga un límite definido como lo es la membrana que los separa de su ambiente, donde existe un intercambio de materiales con su medio, para lograr que el organismo mantenga su estructura por medio del consumo de energía. Nuevamente, la criptobiosis cuestiona esta definición de vida ya que al no metabolizar no hay un intercambio con su medio. Otro aspecto interesante sobre la definición de la vida, es la reproducción, la cual es una característica *sine quanon* de un ser vivo., los organismos criptobióticos tampoco se reproducen y por lo tanto desafían nuevamente la definición de lo vivo. Por lo tanto, si tomamos los ejemplos expuestos aquí, pareciera que en el caso de la criptobiosis llevar a cabo el metabolismo, mantener su estructura y función o llegar realmente a reproducirse se convierten en características importantes que debe tener un ser vivo, pero que no necesariamente tienen que llevarlas a cabo. Lo importante pareciera entonces, es tener la capacidad aunque esta no se exprese, es tener las características de la vida en forma latente. Se supone, que algunos de los organismos criptobióticos, han estado en forma de latencia por miles de años y no necesariamente sabemos si volverán a “vivir”, me lleva entonces a la pregunta si este estado no debería tener un límite tratándose de seres vivos o si se considera que el estado de latencia es infinito? Entonces, ¿son realmente organismos vivos? ¿U organismos que teóricamente podrían considerarse como vivos? ¿Qué criterios se siguen? ¿Que tengan una membrana celular? ¿Que tengan la capacidad teórica de metabolizar? ¿Qué los diferencian de los virus? ¿Que tengan membrana, que puedan metabolizar algún día? No se reproducen, no están sujetos a la selección natural, no tienen interrelación aparente con el medio externo, no tienen variabilidad genética y no participan en la red de la vida, como sí es el caso de los virus. Si fuera así, entonces los virus tendrían que considerarse organismos vivos ya que son independientes a la hora de escoger su célula

hospedera, utilizan los mecanismos metabólicos de la célula, pero al fin y al cabo se produce una descendencia idéntica y mantienen todas las características anteriormente expuestas.

Seguimos apegados al concepto de “*cellula omnis cellula*” del siglo XIX. Todo indica que se sigue la visión reduccionista de ver la naturaleza y tratar de explicarla fragmentando su riqueza y su complejidad. La teoría de la complejidad, la teoría del caos y otros descubrimientos matemáticos no han hecho huella en los biólogos que insisten en definir la vida con conceptos newtonianos y basados en las leyes de la física. Como comenta Ellis ⁸¹ en su ensayo en Nature de junio del 2005, la física en todo caso tendría que desarrollar una descripción real de la causalidad de las verdaderas estructuras complejas, donde la causa de arriba hacia abajo y los efectos de la memoria permiten que emerjan niveles más altos y autónomos de orden con poderes genuinos causales.

En el mundo de la complejidad, cada nivel lleva al nivel de arriba: la química lleva a la bioquímica, a la biología celular, a la fisiología, a la psicología, a la sociología, a la economía y la política ⁸². La física cuántica es la materia fundamental que de alguna manera explica todo lo demás, pero no explica la intencionalidad, ni la existencia de la creatividad de la vida, desde un organismo tan pequeño como un virus a la creatividad del cerebro humano.

Después de todo, la vida apareció hace millones de años, ahí ha estado y la hemos ido descubriendo poco a poco según se van desarrollando nuevas tecnologías. Los organismos vivos siguen evolucionando, la ciencia sigue descubriendo mecanismos e interrelaciones nuevas, pero de alguna manera no se logra atrever a revisar sus dogmas y definiciones. La mayoría de los científicos insisten en mantenerse firmes en el paradigma de la naturaleza determinista, lineal y cuantitativa y se resisten a explorar el paradigma de la complejidad. Entonces, ¿no sería más sensato que los científicos se admiren y se acomoden a los nuevos descubrimientos para evitar algunas definiciones contradictorias y limitadas?, ¿No debería ajustarse a la maravillosa biodiversidad, libertad y creatividad incesante?

Así como la física cuántica todavía es difícil de entender en sus diferentes interpretaciones por ser tan lejanas a la realidad del ser humano, los nuevos conocimientos obtenidos en los últimos años sobre los organismos vivos no han sido incorporados por los estudiosos de este importante tema para lograr cambiar los dogmas que se arrastran desde finales del siglo XIX y XX. Esta revisión logra demostrar la importancia de reunir las diferentes disciplinas, que son muchas, para lograr una apertura en la definición de la vida y lograr cambiar los dogmas existentes. Esto sin duda alguna, dará a la investigación en este tema una libertad diferente que logre entender la naturaleza misma y dar posibilidad a la verdadera creatividad y con ella a nuevos descubrimientos que permitan un desarrollo más acorde con el planeta en que vivimos.

Referencias

- 1- Keller, Fox E. 2002. *Making Sense of Life: Explaining biological development with models, metaphors, and machines*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts and London.
- 2- Capra, Fritjof. (2002). *The Hidden Connections: integrating the biological, cognitive, and social dimensions of life into a science of sustainability*. Doubleday, Random House, Inc. New York.
- 3- Ellis, G:F:R: 2005. Physics, complexity and causality. *Nature* 435:Junio 9,743.
- 4- Oparin, A. 1937. *El Origen de la Vida*. Editorial Losada, Buenos Aires, 1967. pp.226.
- 5- Bernal, J. 1965. En: *theoretical and Mathematical Biology*. Ed. T. Waterman & H.J. Morowitz, Blaisdell.
- 6- Citado en: Margulis, Lynn. 1998. *Symbiotic Planet. A New Look at Evolution*. Brockman Inc. Massachussets, pp. 82.
- 7- Morowitz, Harold. 1992. *Beginnings of Cellular Life*. University Press.

- 8- Harold F.M. 2001. *The way of the cell. Molecules, Organisms and the Order of Life.* Oxford University Press. Oxford, New York.
- 9- Brack, A. 2001. Origen of Life. *Encyclopedia of Life Sciences.* Macmillian Publishers Ltd, Nature Publishing Group/www.els.net
- 10- Wharton, D.A. 2002. *Life at the Limits. Organisms in extreme environments.* Cambridge University Press.
- 11- Monod, J. 1971. *Chance and Necessity.* Random House, New York.
- 12- Morowitz, Harold. 1992. *Beginnings of Cellular Life.* University Press, pp. 2-3.
- 13- Ibid
- 14- Ibid
- 15- Brack, A. 2001. Origen of Life. *Encyclopedia of Life Sciences.* Macmillian Publishers Ltd, Nature Publishing Group/www.els.net
- 16- Darwin Charles. 1859. *On the Origin of the Species.* Murray, London.
- 17- Van Leeuwenock, A. 1677. Observations concerning little animals in rain-, well-, sea- and snow-water. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol 11, No. 133, pp 821-831. En: *Milestones in Microbiology, 1540 to 1940* (Brock, T.D., ed) American Society for Microbiology Press,, Washington, D.C., 1999.
- 18- Citado en: Harold F.M. 2001. *The way of the cell. Molecules, Organisms and the Order of Life.* Oxford University Press. Oxford, New York, pp.20.
- 19- Citado en: Smith, C.U.M. 1976. *The Problem of Life.* Wiley and Sons, New York.
- 20- Citado en: Smith, C.U.M. 1976. *The Problem of Life.* Wiley and Sons, New York.
- 21- Citado en: Harold F.M. 2001. *The way of the cell. Molecules, Organisms and the Order of Life.* Oxford University Press. Oxford, New York, pp.20-21.
- 22- Whitaker, R.H. 1959. On the broad classification of organism. *Quarterly Review of Biology* 34:210-226.
- 23- Schrodinger, E. 1944. *What is life?* Cambridge University Press. Cambridge.

- 24- Watson, J.D. & Crick, F.H.D. 1953. A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature* 171:737-738.
- 25- Franklin, R & R. G. Gosling. 1953. Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate. *Nature*. 171: 740-741.
- 26- Woese, C.R. & Fox, G.E. 1977. Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: The primary kingdoms. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 74:5088-5900.
- 27- Woese, C.R., Kandler, O., & Wheelis, M.L. 1990. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archea, Bacteria and Eucarya. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 87:4576-4579.
- 28- Mayr, E. 1990. A Natural system of organisms. *Nature* 348:491.
- 29- Bohm, D. 1951. *Quantum Theory*. Prentice-Hall, New York
- 30- Bohm, D. 1980. *Wholeness and the Implicate Order*. Routledge & Kegan Paul. Londres, Boston.
- 31- Capra, Fritjof. 1996. *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Editorial Anagrama. Barcelona, pp.50.
- 32- Heisenberg, Werner. 1971. *Physics and Beyond*. Harper & Row. New York.
- 33- Capra, Fritjof. 1996. *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Editorial Anagrama. Barcelona, pp.48-50.
- 34- Harold F.M. 2001. *The way of the cell. Molecules, Organisms and the Order of Life*. Oxford University Press. Oxford, New York, pp.15.
- 35- Lehninger, Albert. 1972. *Bioquímica*. Ediciones Omega S.A. Barcelona, pp.3-15.
- 36- Strent, G.S. 1978. That was the molecular biology that was. *Science* 160:390-395.
- 37- Citado en: Devall, Bill & Sessions, G. 1998. *Deep Ecology*, Peregrine Smith, Salt Lake City, UTAH, pp.74.
- 38- Lovelock, J.E. 2000. *Gaia. A new Look at Life on Earth*. Oxford University Press.
- 39- Ibid. pp 1-11.

- 40- Margulis, L. & J.E. Lovelock .1974. *Biological Modulation of the earth's Atmosphere, Icarus*, 21:471.
- 41- Citado en: Margulis, Lynn.1998. *Symbiotic Planet. A New Look at Evolution*. Brockman Inc. Massachussets, pp. 2.
- 42- Lovelock, J.E. 2000. *Gaia. A new Look at Life on Earth*. Oxford University Press, pp.xiii.
- 43- Capra, Fritjof. 2002. *The Hidden Connections: integrating the biological, cognitive, and social dimensions of life into a science of sustainability*. Doubleday, Random House, Inc. New York, pp.12, 26-27.
- 44- Keller, Evelyn Fox.2000. *The Century of the Gene. Harvard University Press. Cambridge, Massachussets, pp.14*.
- 45- Maturama, Humberto. 1980. *Biology of Cognition*. Published originally in 1970; reprinted in Humberto Maturama and Francisco Varela. *Autopoiesis and Cognition*. D. Reidel, Dordrecht, Holland.
- 46- Luisi, Pier Luigi. 1998. About Various Definitions of Life. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 28:.613-22.
- 47- Luisi, Pier Luigi. 1993. Defining the Transition of Life:Self –Replicating Bounded Structures and Chemical Autopoiesis, en W. Stein and F.J. Varela (eds). *Thinking about Biology*. Addison-Wesley, New York.
- 48- Prigogine, I. & Stengers, I. 1984. *Order out of Chaos: Mans New Dialogue with Nature*. Bantam Books. Toronto, New York, Sydney and London,pp.142,146.
- 49- Capra, Fritjof. 2002. *The Hidden Connections: integrating the biological, cognitive, and social dimensions of life into a science of sustainability*. Doubleday, Random House, Inc. New York, pp.13.
- 50- Hunter, G.K. 1996. Is biology reducible to chemistry? *Perspectives in Biology and Medicine* 40:181-203.
- 51- Capra, Fritjof. 2002. *The Hidden Connections: integrating the biological, cognitive, and social dimensions of life into a science of sustainability*. Doubleday, Random House, Inc. New York, pp.8.
- 52- Morowitz, Harold. 1992. *Beginnings of Cellular Life*. University Press, pp.38-41.

- 53- Margulis, Lynn. 1998. *Symbiotic Planet. A New Look at Evolution*. Brockman Inc. Massachussets, pp. 63.
- 54- Capra, Fritjof. 2002. *The Hidden Connections: integrating the biological, cognitive, and social dimensions of life into a science of sustainability*. Doubleday, Random House, Inc. New York, pp.10.
- 55- Pittendrigh, C.S. 1993. *Temporal organization: reflexions of a Darwinism clock watcher*. Annual Review of Physiology 55:17-54.
- 56- Luisi, Pier Luigi. 1998. About Various Definitions of Life. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 28:613-22.
- 57- Jablonka, E., Lachmann, M. and Lamb, M.J. 1992. *Evidence, mechanisms and models for the inheritance of acquired characteristics*, Journal of Theoretical Biology. 158: 245-268.
- 58- Tremblay, K.D., Saam, J.R., Ingram, R.S., Tilghman, S.M. and Bartolomei, M.S. 1995. *A paternal specific methylation imprint marks the alleles of the mouse H19 gene*. Nature Genetic. 9: 407-413.
- 59- Morowitz, Harold. 1992. *Beginnings of Cellular Life*. University Press, pp.69-77.
- 60- Capra, Fritjof. 2002. *The Hidden Connections: integrating the biological, cognitive, and social dimensions of life into a science of sustainability*. Doubleday, Random House, Inc. New York, pp.10-14.
- 61- Koshland Jr., D.E. 2002. *The Seven Pillars of Life*. Science 295 .Marzo 22, 2215-2216.
- 62- Eldredge, N. & Gould, S.J. 1973. "Punctuated Equilibria: An Alternative to Phylogenetic Gradualism" en *Models of Paleobiology*, ed. T.J.M. Schopf, Freeman, Cooper and Co., San Francisco, pp. 82-115.
- 63- Gould, S.J. & Eldredge, N. 1993. Punctuated Equilibrium comes to age. *Nature* 366:223-227.
- 64- Wallin, I.E. 1927. *Symbioticism and the Origin of Species*. Williams & Wilkings. Baltimore.
- 65- Margulis, Lynn. 1998. *Symbiotic Planet. A New Look at Evolution*. Brockman Inc. Massachussets, pp XX
- 66- Ibid. pp.5-9

67- Ibid. pp. 63-64,71.

68- Ast, G. 2005. The alternative Genome. *Scientific American*. April, p.58-65.

69- Ibid

70- Ibid

71- Mattick, J.S 2004. The Hidden Genetic Program of Complex Organisms. *Scientific American* 291:60-67.

72- Strohmman, Richard. 1997. The Coming Kuhnian Revolution in Biology. *Nature Biotechnology*, vol 15, Marzo.

73- Raoult, Didier, Stephane Audio, Catherine Robert, Chantal Abergel, Patricia Ernesto, Hiroyuki Ogata, Bernard LaScola, Marie Susan, Jean-Michel Claverie. 2004. Scienceexpress/www.scienceexpress.org/14October2004/Page1/10.1126/science.1101485

74- Häring, Monika, Gisle Vestergaard, Reinhard Rachel, Lanmimng Chen, Roger A. Garrett, David Prangishvili. 2005. Independent virus development outside a host. *Nature* 436:Agosto 25, 1101-1102.

75- Villareal, L.P. 2004. Are Viruses Alive? *Scientific American*. Dic. 101-105.

76- Prusiner, S.B. 1998. Prions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. USA 95:13363-13383.

77- Osherovich, L.Z., Cox, B.S., Tuite, M.E. Weisman, J.S. Dissection and design of yeast prions. *PloS Biol*2:e86 doi:10.1371/journal.pbio.0020086.

78- Wharton, D.A. 2002. *Life at the Limits. Organisms in extreme environments*. Cambridge University Press, pp.1-10.

79- Ibid. pp.104.

80- Ellis, G:F:R: 2005. Physics, complexity and causality. *Nature* 435:Junio 9,743.

81- Ibid.

82- Ibid.