

**FORMAS DE VIDA O FORMAS DE VIVIR Y SU PAPEL EN LA EVOLUCIÓN. UNA REFLEXIÓN INTERDISCIPLINAR BAJO UN CONTEXTO DE ENORME COMPLEJIDAD / LIFE FORMS OR WAYS OF LIVING AND THEIR ROLE IN EVOLUTION. AN INTERDISCIPLINARY REFLECTION IN A CONTEXT OF ENORMOUS COMPLEXITY / FORMAS DE VIDA OU MODOS DE VIDA E SEU PAPEL NA EVOLUÇÃO. UMA REFLEXÃO INTERDISCIPLINAR EM UM CONTEXTO DE ENORME COMPLEXIDADE**

EMILIO MUÑOZ RUIZ

Profesor emérito vinculado. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Instituto de Filosofía (IFS), Departamento de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), Madrid, España  
emiliomunozruiz@gmail.com  0000-0002-5872-5683

**RESUMEN**

Este artículo nace con una perspectiva evolutiva que cubre aspectos de la vida como el origen, la diversidad y la coevolución a lo largo de todos los grandes reinos o dominios que agrupan taxonómicamente a los seres vivos del planeta.

Se ha afrontado a través de una nueva forma de abordar los estudios humanistas y sociales: perspectiva multi e interdisciplinaria y aproximación a los estudios experimentales. Se persigue investigar para disponer de una metodología adecuada, analizar los resultados del modo más integrador y cooperativo posible, explorar nuevas preguntas que surjan de la propia investigación, contar con un acervo propio que permita confirmar y avanzar conclusiones y hasta formular nuevas hipótesis.

Los libros de Lane y McGowan que se glosan, con el propósito de crear patrimonio intelectual, han sido decisivos. Ideas contrastadas y conceptos testados en trabajos previos, como la importancia de la educación, de los conocimientos, de una visión más integrada y actual de la teoría de la evolución, del entorno de sociabilidad NACE, de la convergencia evolutiva intelectual y de las interéticas, y el concepto de paradojas antrópicas, han sido el soporte que ha permitido alcanzar conclusiones como que la introducción de los límites físicos (bioenergética) permite explicar la detención de la evolución, asentar la idea de que cada grupo de seres vivos tiene su propio mundo en el que han experimentado la evolución, que la simbiosis fue esencial para las células eucariotas y que su metabolismo y relación con el tamaño y las estrategias reproductivas han contribuido a la evolución de los animales.

**Palabras clave:** origen de la vida, evolución, formas de vida, estudios humanistas, estudios sociales.

## ABSTRACT

This article is born with an evolutionary perspective that covers aspects of life such as origin, diversity and co-evolution throughout all the kingdoms or domains that taxonomically group the living beings of the planet.

It has been approached through a new way of dealing with humanistic and social studies: a multi- and interdisciplinary perspective and an approach to experimental studies. The aim is to carry out research in order to have an appropriate methodology, to analyse the results in the most integrated and cooperative way possible, to explore new questions that arise from the research itself, to have a body of knowledge that allows us to confirm and advance conclusions and even to formulate new hypotheses.

The books by Lane and McGowan that are glossed, with the aim of creating intellectual heritage, have been decisive. Contrasting ideas and concepts tested in previous works, such as the importance of education, of knowledge, of a more integrated and current vision of the theory of evolution, of the sociability environment, of intellectual evolutionary convergence and interethics, and the concept of anthropic paradoxes, have been the basis for reaching conclusions such as that the introduction of physical limits (bioenergetics) allows to explain the arrest of evolution, the idea that each group of living beings has its own world in which they have experienced evolution, that symbiosis was essential for eukaryotic cells and that their metabolism and relationship to size and reproductive strategies have contributed to the evolution of animals.

**Key words:** origin of life, evolution, life forms, humanistic studies, social studies.

## RESUMO

Este artigo nasce com uma perspectiva evolutiva que abrange aspectos da vida como a origem, diversidade e co-evolução em todos os grandes reinos ou domínios que taxonomicamente agrupam os seres vivos do planeta.

Tem sido abordada através de uma nova forma de lidar com estudos humanistas e sociais: uma perspectiva multi e interdisciplinar e uma abordagem aos estudos experimentais. O objectivo é levar a cabo investigação de modo a ter uma metodologia apropriada, analisar os resultados da forma mais integrada e cooperativa possível, explorar novas questões que surjam da própria investigação, ter um corpo de conhecimentos que nos permita confirmar e avançar conclusões e mesmo formular novas hipóteses.

Os livros de Lane e McGowan que são lustrados, com o objectivo de criar património intelectual, têm sido decisivos. Ideias e conceitos contrastados testados em trabalhos anteriores, tais como a importância da educação, do conhecimento, de uma visão mais integrada e actual da teoria da evolução, do ambiente de sociabilidade NACE, da convergência evolutiva intelectual e da interética, e o conceito de paradoxos antrópicos, foram o suporte que nos permitiu chegar a conclusões como a introdução de limites físicos (bioenergética) para explicar a prisão da evolução, a ideia de que cada grupo de seres vivos tem o seu próprio mundo no qual experimentou a evolução, que a simbiose foi essencial para as células eucarióticas e que o seu metabolismo e relação com o tamanho e estratégias reprodutivas contribuíram para a evolução dos animais.

**Palavras-chave:** origem da vida, evolução, formas de vida, estudos humanísticos, estudos sociais.

## 1. DISTOPÍAS Y PARADOJAS ANTRÓPICAS

Empiezo a escribir este texto a finales de julio de 2022, tras un mes apocalíptico en términos de catástrofe ambiental con unas cifras de temperaturas sufridas con persistencia que ahora ya – sin temor a ningún cuestionamiento social y político– se puede considerar que se han superado los límites de temperaturas de sequedad no solo pluviométrica sino hidrológica y agrícola y de incendios explosivos, peculiares del cambio climático. Hasta el punto de que se hace muy difícil negar su existencia.

Un periódico de tirada nacional como *El País*, que se tilda de ser global y presume de buscar una racionalidad acotada, rotulaba la primera página de su edición del día 24 de dicho mes “El clima ruge en un mundo en crisis”, mientras que el subtítulo incidía en el complejo entorno sociopolítico: “Las turbulencias geopolíticas infligen reveses a la lucha contra el calentamiento”, en tanto que –con las flamígeras consecuencias de la invasión de Ucrania por el autócrata Putin–, se perciben las dificultades, las quiebras y las grietas en que se mueven las decisiones y estrategias de la UE: mezclas de economías en conflicto extremo y distinto y distante de lo habitual durante los últimos cuarenta años de neoliberalismo y débil política en experiencia y robustez para sostener el armazón democrático.

En estas condiciones de emergencia climática y crisis política, me sentía con ganas de proponer una distopía tecnológica y por ello instrumental. Que fuera posible teletransportar a nuestros espacios y tiempos a una rúbrica de expertos como los grandes naturalistas de la historia<sup>1</sup>, entre ellos: Darwin, von Humboldt, Wallace, Lamarck, Linneo, María Sybilla Merian, Sloane, Ray, Félix de Azara, Mendel... Ellos quizá sabrían ilustrar, atraer, encantar, y quizás convencer a las ciudadanías impelidas por las prisas y los deseos, en suma, a los impacientes ignorantes, de lo importante que son las vidas y los modos de vivir en la naturaleza de nuestro planeta. En todo caso, es preciso señalar que en los temas en los que se centra este ensayo: origen y evolución de la vida, Darwin es la figura señera como trataremos de mostrar al final de este texto.

Pero como los sueños no valen para escribir un ensayo y hay que volver a las cosas concretas, o como se decía en el español castizo “pasar de las musas al teatro”, aquí empiezan las primeras ideas.

### 1.1. REFLEXIONES METODOLÓGICAS

Es obvio que, al recobrar el sentido de la realidad, se advierte que el título propuesto para este trabajo es ambicioso en exceso y desbordante en la demanda de recursos y esfuerzos, por lo que requeriría métodos de acumulación y observación y de ahí la distopía que hemos apuntado anteriormente junto a la aplicación de un trabajo de reconstrucción de la historia natural que queda lejos de nuestras modestas posibilidades.

Por lo tanto mi obligación era encontrar una metodología apropiada, quiero subrayar este punto, y esta tarea se ha basado en centrar el análisis aprovechando nuestra actividad de los últimos tiempos en los que hemos decidido explorar el concepto de paradoja antrópica tomando ventaja de dos circunstancias favorables: la invitación compartida con Jesús Rey para formar parte de la plataforma *Conexiones-Vida* o *LifeHub* del CSIC, que persigue la relación entre investigadores que

<sup>1</sup> <https://www.google.es/search?q=grandes+naturalistas+de+la+historia>.

bajo diferentes perspectivas trabajen sobre el origen, (co)evolución, diversidad y síntesis de la vida, y la subsiguiente construcción de un equipo y preparación de un proyecto asimismo bajo la dirección de Jesús Rey, de orientación interdisciplinaria y que se ha constituido bajo el acrónimo *Pantrovida (Paradoja(s) antrópica(s): dificultando y mejorando la vida en el planeta)*.

Hemos iniciado la colaboración con un encuentro celebrado en Sevilla (Rey Rocha y Muñoz Ruiz 2022a) y con la preparación de un proyecto y la constitución de un equipo interdisciplinario.

Un segundo e importante paso era seleccionar un corto número de fuentes que, dentro del ámbito de mis conocimientos, permitieran abordar los campos de investigación que abarca la red *LifeHub*. Se han escogido dos libros: uno, publicado en 2016, de Nick Lane (2015), con el título en la versión castellana de *La Cuestión Vital. ¿Por qué la vida es como es*, y el otro en inglés de Christopher McGowan (1999), *Diatoms to Dinosaurs. The size and scale of living things*.

Soy consciente de las dificultades del empeño y advierto a los lectores de que este es un ejercicio experimental en el ensayo filosófico. Se que estoy en el alambre, pero con la percha de un rigor ético sustentado en el reconocimiento de los problemas que presenta el experimento de conectar lo que es el análisis y comentarios de texto con la alta divulgación en biología aplicado a un tema tan complejo como es el origen y la evolución de la vida.<sup>2</sup>

## 1.2. EL ORIGEN DE LA VIDA Y LOS PROCESOS COEVOLUTIVOS. LA CUESTIÓN VITAL

*El libro*: Es un libro valiente, comprometido, revolucionario como lo acreditan las ocho opiniones de periódicos y medios de comunicación en la contraportada del libro que van desde *The Guardian* hasta *The Observer*. Transcribo, como ejemplo, lo que se recoge de esta última fuente: “Un libro atrevido... Lane es de esa rara especie, un científico que puede iluminar las complejidades desconcertantes de la biología con palabras claras y reveladoras”.

Consta de 414 páginas, de las cuales unas trescientas son el corazón del texto, con una extraordinaria introducción cuyo título es el del subtítulo, desde el principio considerado como “... un agujero negro en el corazón de la biología”. Dicho sin rodeos: “no sabemos ¿por qué la vida es (tal) como es?”.

La reseña profunda de dicha introducción podría ser suficiente para responder al reto de este artículo, pero para ajustarme a los objetivos de *LifeHub.CSIC* haré una incursión en los cuatro capítulos que configuran las dos primeras partes. La primera, que se titula *El problema*, trata de contestar a dos preguntas clave: ¿qué es la vida? y ¿qué es vivir?, mientras que la segunda bajo el título *El origen de la vida* contempla las ideas revolucionarias del autor: energía en el origen de la vida y la aparición de las células.

Las cien últimas páginas del libro son complementarias: epílogo, glosario, agradecimientos, bibliografía, lista y crédito de las ilustraciones, índice analítico.

*El autor*. Si es sorprendente el libro que glosamos, no lo es menos la figura y carrera profesional de su autor. He escogido la biografía más interesante de entre las que me ofrecía la consulta en Google y de la que adjunto el enlace<sup>3</sup>. Tiene en la actualidad 55 años, y siete menos cuando publicó *La cuestión vital*. Su tesis doctoral es más que biomédica, el título apunta a la clínica experimental,

<sup>2</sup> El autor agradece a dos revisores anónimos que hayan aceptado este reto y ofrecido comentarios críticos de distinto alcance a los que se trata de dar respuesta

<sup>3</sup> [https://hmong.es/wiki/Nick\\_Lane](https://hmong.es/wiki/Nick_Lane).

citada en el enlace, mientras que su carrera profesional es dual, compartida entre la actividad en comunicación científica con una carrera académica de altura en tanto que su puesto de *Honorary Reader*, es dentro de la Commonwealth el puesto más alto dentro de esa vía honorífica, solo superada por el título y puesto de *Professor*.

Quizá el apartado de *Agradecimientos* del libro que estamos comentando es la fuente más útil para contextualizar quién es y qué ha hecho Nick Lane para escribir este libro. Son siete apasionantes páginas cuya lectura recomiendo y para nuestro propósito, transcribo una selección de las veinte líneas de la página 347:

Este libro supone el final de un largo viaje personal y el inicio de una nueva singladura. El viaje comenzó cuando escribía un libro anterior: *Power, Sex, Suicide: Mitochondria and the Meaning of Life*, publicado ... en 2005. Allí empecé ... con las cuestiones... (sobre) los orígenes de la vida compleja. Me influyó... el extraordinario trabajo de Bill Martin sobre el origen de la célula procariota y su... igualmente radical con el geoquímico pionero Mike Russell sobre el origen de la vida y la divergencia muy temprana de arqueos y bacterias.

Todo... está basado en el contexto que establecieron estos dos colosos de la biología evolutiva. Pero algunas de las ideas... son originales. Escribir libros le da a uno un amplio margen para pensar, y para mí... supone un placer inigualable... escribir para un público general: he de pensar claramente, intentar expresarme de una manera que... yo mismo pueda entender. Esto me sitúa (frente) a las cosas que no entiendo, algunas de las cuales... resultan reflejar una ignorancia universal.

## 2. SINOPSIS ANALÍTICA SOBRE ALGUNOS DESAFÍOS QUE NOS PLANTEA LA VIDA: ¿QUÉ ES?, ORIGEN, EVOLUCIÓN

Este análisis forzosamente sintético de grandes cuestiones va a adoptar el formato de reseña del libro de Nick Lane, recogiendo algunas de sus reflexiones y propuestas filtradas por la malla de nuestros conocimientos e intereses. Anticipo que se va a circunscribir a la primera mitad del libro: Introducción y Partes I y II. Advierto asimismo que habrá posiciones del autor bastante radicales que no son necesariamente compartidas por mí en tanto que cronista crítico del libro de Lane y espero que eso se refleje en nuestro texto.

### 2.1. ¿POR QUÉ LA VIDA ES TAL COMO ES?

Esta es la pregunta que rotula la introducción, abriendo una serie de ellas y en mi opinión desencadenando una llamarada de paradojas. Según el autor se trata de delimitar las preguntas que quedan por contestar en biología a pesar de los grandes avances que se han producido desde hace más de medio siglo en información, en las macromoléculas y los datos. Para Lane existen agujeros negros en su materia<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Me atrevo a dar una opinión sobre lo que creo que denuncia y es la ausencia de interdisciplinariedad dentro de la propia esencia de la ciencia biológica; espero que esta hipótesis se confirme luego.

La introducción del libro y de esta interrogante nos permiten anticipar muchas sorpresas. Desde el principio se introducen conceptos muy importantes que no son conocidos por el gran público y hasta son debatidos por los expertos que trabajan en biología evolutiva. Los resumo rápidamente: que la vida compleja de la tierra comparte un antepasado común, una célula que surgió de progenitores bacterianos, simples pero diversos, en un fenómeno único en 4.000 millones de años. Este antepasado común, según las teorías más revolucionarias que detallaremos luego, tenía una sofisticación estructural muy semejante a la de nuestras células. Todos los seres vivos complejos comparten una variedad de rasgos trascendentales –sexo, suicidio celular, senescencia– pero que curiosamente no se muestran, y por lo tanto no han evolucionado de forma independiente, en las bacterias.

Este hecho marca la peculiar trayectoria evolutiva de la vida sobre la Tierra. Comparto por razones muy dependientes de mi contexto vital e intelectual como científico, algunos de los temores que expresa Lane en las primeras páginas de su libro: la ciencia biológica ha optado por la sacralización de un material y de sus potencialidades como es el ADN y se ha puesto a trabajar en grandes retos antes de haber profundizado más en el estudio de los microbios y mucho más en la comprensión de la evolución temprana de las células. La gran mayoría de las investigaciones se han centrado en organismos grandes, grupos concretos de plantas o animales. Asimismo, existe el riesgo de ser pasto de las creencias de los creacionistas y defensores del diseño inteligente, y se corre el riesgo de abrir la puerta a los negacionistas al admitir por responsabilidad científica y posible repercusión mediática que no tenemos todas las respuestas, que no sabemos todo sobre la evolución. Paradójicamente, hay que dejar claro que comprendemos muchas cosas acerca de la selección natural y tantas otras acerca de algunos de los procesos más aleatorios que tallan y modelan los genomas, pero es en este conocimiento donde reside el problema. Por ello he extraído una idea que plasmo en el siguiente apartado.

## 2.2. LOS PROCARIOTAS COMO SOLUCIÓN A LA VIDA Y PROBLEMA PARA LA EVOLUCIÓN

A lo largo de mi carrera científica experimental en biología que ha tenido como compañeros indisolubles a las bacterias en su condición doble para mí de ser objeto de estudio y suministradores de herramientas para poder investigarlos, se produjo en paralelo un profundo interés por la evolución como gran teoría biológica. Al dar el salto a la investigación en ciencias humanas y sociales, la evolución se convirtió en mi apoyo adicional, en un “puente de oro” para el análisis de cuestiones sociales, económicas, políticas.

Como consecuencia siempre ha estado rondando en mis análisis sociales la búsqueda de relaciones con la teoría de la evolución y he pensado que la incorporación a LifeHUB.CSIC podría ser una ocasión para que tal paso fuera más plausible que nunca. Pero ha sido ahora con este desafío del número de *Astrágalo* y del evento en Sevilla en los finales de mayo de 2022 cuando he tenido que hacer una lectura mucho más profunda del libro de Lane.

Los resultados son sorprendentes porque desde la introducción me he encontrado con aportes importantes que nunca había pensado. Está ya en la pregunta que inicia el libro y que figura repetidamente en este texto, que para el autor no conocemos respuesta y que volvemos a repetir: “No sabemos por qué la vida tomó el rumbo peculiar que tomó”. Si esta frase se toma en serio es importante establecer el dilema sobre si los procariotas, ejemplo de adaptación a entornos extremos,

han sido el gran motor para la evolución o han tenido que recurrir a procesos cooperativos y de asociación para dar saltos evolutivos.

La invocación que hace Lane, reclamando desde finales de la página 10 de su libro la necesidad de conocer las bases evolutivas de los componentes de las células y por lo tanto de su historia, se llena de sentido y conocimiento cuando procura contestar a la pregunta: ¿Cómo están relacionadas las bacterias con la vida compleja?, con una breve historia en la identificación y clasificación de las bacterias (págs. 12 y 13)

Algunos datos históricos sobre el proceso de caracterización de las bacterias:

- a) Anthony Van Leeuwenhoek con su microscopio en la década de 1670 descubrió las bacterias e hizo una fascinante descripción de las mismas en un famoso artículo de 1677. Se dudó del poder de la lente en un aparato tan sencillo, pero hoy está claro que así fue y encontró bacterias en todos los ambientes que exploró. Lane se emociona y señala que también anticipó la complejidad celular ya que observó pequeños glóbulos dentro de las células mayores y quizás vio el núcleo celular.
- b) Carl Linné y la taxonomía, quien 50 años después de los descubrimientos de Leeuwenhoek agrupó todos los microbios en el género *Chaos* del tipo Vermes (gusanos).
- c) Ernst Haeckel, el gran evolucionista alemán y contemporáneo de Darwin (siglo XIX) formalizó la profunda división al separar a las bacterias de los demás microbios.
- d) La morfología y lo conceptual no permitieron grandes avances. Fue una nueva paradoja en el siglo XX, la bioquímica<sup>5</sup> como disciplina unificadora, la que aclaró el tema. El gran virtuosismo metabólico de las bacterias había hecho pensar que eran inclasificables, de aquí la paradoja.
- e) Albert Kluyver<sup>6</sup>, otro holandés, demostró que procesos bioquímicos similares dando coherencia, consolidaban la diversidad de la vida. Una integridad conceptual que apuntalaba la idea de que toda la vida descendía de un antepasado común.
- f) Cornelis Van Niel<sup>7</sup>, un asistente de Kluyver, junto con un estudiante suyo en Estados Unidos, Roger Y. Stanier, dieron la clave sobre la peculiaridad de las bacterias en términos de metabolismo respiratorio; las aerobias respiran oxígeno como nosotros, pero lo hacen con su totalidad celular, no pueden descomponerse más.

---

<sup>5</sup> Bioquímica como ciencia: <https://concepto.de/bioquimica/>.

<sup>6</sup> Albert Kluyver, fue un pionero de la interdisciplinariedad y postuló que “lo que era cierto para las bacterias, lo era también para los elefantes: [https://es.wikipedia.org/wiki/Albert\\_Kluyver](https://es.wikipedia.org/wiki/Albert_Kluyver). Jacques Monod sostuvo una tesis idéntica desde la genética de *Escherichia coli*.

<sup>7</sup> Cornelis Van Niel, con una carrera de microbiólogo iniciada en Países Bajos, su país natal, que terminó en Estados Unidos contribuyó decisivamente a desvelar los mecanismos de la fotosíntesis: [https://es.wikipedia.org/wiki/Cornelius\\_Bernardus\\_van\\_Niel](https://es.wikipedia.org/wiki/Cornelius_Bernardus_van_Niel).

## 2.3. LAS TRES PRINCIPALES REVOLUCIONES QUE, SEGÚN LANE, CAMBIARON LA CONCEPCIÓN DE LA VIDA EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

### 2.3.1. Endosimbiosis

La primera fue propulsada por la popular bióloga y activista identitaria Lynn Margulis en 1967. Las células complejas evolucionan en una orgía de cooperación –fuera de la selección natural “estándar”–, proceso en el que los microbios son el soporte del metabolismo que confiere energía a la vida de las células. Margulis acuñó la idea de *endosimbiosis*. Lane no parecía sintonizar mucho con el activismo de Margulis, que extendía sus propuestas al ámbito medioambiental –teoría Gaia de la que fue pionera conjuntamente con James Lovelock– y que no solo las células complejas que estarían hechas de retales de simbiosis, sino toda la vida sería resultado de una red colaborativa de simbiosis, para lo que se propuso un nuevo concepto, el de *endosimbiosis serial*.

A pesar de su escepticismo, Lane reconoce que la biología molecular permitió a Lynn Margulis contar con pruebas sustantivas de que dos estructuras especializadas en el interior de las células conservan pequeños genomas especializados propios: en las células de los animales son las mitocondrias, donde se verifica el metabolismo respiratorio –se quema el alimento con oxígeno para suministrar energía indispensable para vivir– mientras que en las plantas son los cloroplastos, motores de la fotosíntesis, que convierten la energía solar en energía química. Como bien se destaca el libro, los genomas propios son apenas un puñado de genes que codifican las proteínas implicadas en los mecanismos de la respiración o la fotosíntesis. Con ello se puede concluir que proceden de bacterias, pero no son bacterias con vida propia, sino que su vida en tanto que *orgánulos* depende de otros genes que forman parte del conjunto *célula (compleja, término que usa Lane)* o *eucariota* como ya se ha generalizado en la bibliografía especializada.

El juicio final sobre ciencia de la infortunada bióloga estadounidense, prematuramente desaparecida en 2011, para Nick Lane es ambivalente. La estima acertada en algunas cosas, bastante revolucionarias subrayo, pero lastrada por su combatividad militante. La sentencia que clausura esta parte del libro es quizás, a mi juicio, demasiado contundente y *que no debe desmerecer el impacto de su obra*: “Una heroína feminista para algunos y una bomba de relojería para otros, gran parte de su herencia lamentablemente estaba muy alejada de la ciencia”. La ideología/polarización ya se filtraba en la literatura sobre ciencia hace seis años.

### 2.3.2. Revolución filogenética o el linaje de los genes

El heraldo de esta revolución fue como era de esperar Francis Crick. Tampoco está feliz del todo con lo que ha traído esta revolución a la evolución a pesar de los indudables logros el autor de *La cuestión vital*: estimo que por errores de concepto pues creo que los comparto.

Con la posibilidad de saltar la información relacionada con la secuenciación ahora la biología ya no compara las secuencias de aminoácidos de los elementos funcionales que son las proteínas, sino que prefiere los informacionales que se asientan en el ADN que las codifica.

La narrativa del proceso seguido por Woese, según el libro, es rica en conocimientos y atractiva en cuanto al estilo porque parece que a Lane le gustan las paradojas. La conclusión del proceso electivo la transcribo a continuación: “Woese eligió una de las subunidades del ribosoma, una única



pieza de la máquina (que traduce el código genético en proteínas), y comparó su secuencia en especies diferentes, desde bacterias como *Escherichia coli* hasta levaduras y hasta los humanos”.

Las aportaciones fueron revolucionarias y cambiaron la concepción del mundo biológico: la distinción entre las bacterias y los eucariotas complejos estaba clara, estableciendo el árbol ramificado del parentesco genético de cada uno de estos grupos y dentro de ellos, con el sorprendente dato de las pocas diferencias existentes entre plantas, animales y hongos, un dato que cuestiona el potencial taxonómico existente en esta aproximación basada en la información, para una parte muy significativa de los eucariotas.

La sorpresa estuvo en la existencia de un tercer dominio, del que se conocían algunos ejemplos que se habían considerado como bacterias por su apariencia microscópicas y sin estructura celular discernible. Sin embargo, los genes y proteínas eran muy distintos de los de las bacterias. Se los llamó *arqueobacterias* en un principio por considerar, equivocadamente, que eran más antiguas, pero Woese rechazó el antiguo término procariota, se opuso a aceptar ninguna diferencia morfológica –en términos moleculares– entre bacterias y eucariotas mientras que, paradójicamente en mi modesta opinión, dibujó a los tres dominios como reinos equivalentes remontándose directamente al pasado profundo, en el que habrían compartido un misterioso antepasado común. Lane los identifica como arqueos –este nombre es probablemente un error de la traducción del libro puesto que como señalan los revisores el nombre en castellano es arquea y en inglés *Archea* - y bacterias, distinción que encuentro razonable.

Quizás Woese se volvió loco científicamente –en palabras de Lane “se convirtió casi en un místico”- exigiendo una concepción más holística de la vida. Personalmente, estoy de acuerdo con Lane y desde nuestra perspectiva analítica, su propuesta aflora como una tremenda paradoja metodológica y científica, pues se basaba en una aproximación totalmente reduccionista: análisis de un solo gen de una maquinaria común a todas las células, es decir altamente conservada.

En contra de esta opinión, uno de los revisores sostiene “que no hay contradicción entre el árbol de los tres dominios de Woese y un árbol que represente el origen de los eucariotas por la fusión de las dos ramas procarióticas. Se basan en informaciones diferentes y esquematizan procesos diferentes (evolución del ribosoma y evolución celular”, aportando datos sólidos basados sobre la señal filogenética conservada en miles y miles de proteínas. Estamos en un buen ejemplo de lo que es la ciencia y su debate constante, en ello no hay dogmas sino verdades que evolucionan en continuo contraste,<sup>8</sup>

### 2.3.3. Revolución quimérica: Predicciones y conocimientos

Estas contradicciones de Woese finalmente le llevarían a su Waterloo, estamos como expone Lane en una tercera revolución que está en curso y que anula la de Woese. Como ocurre con frecuencia en ciencia, esta visión renovadora reconoce que hay datos positivos en las dos revoluciones previas

---

**8** Encuentro que es el momento de romper la independencia y de elogiar el ejercicio que supone el concepto de Hub o Conexiones que ha puesto en marcha el CSIC para abordar la investigación inter, multi e incluso transdisciplinar para el campo analítico de la filosofía de la política científica (subcampo de la filosofía de la ciencia) al que me dedico desde hace años. Gracias a ello esta aventura del número de Astrágalo ha sido posible y soy afortunado al poder enriquecer un texto con comentarios de revisores que gracias a su responsabilidad ética no hay rechazado un trabajo basado en un libro con el que no están de acuerdo sino que dejan abierto su posible mejora para la difusión de lo que es el conocimiento científico en sentido amplio.

pero que se hace la lógica pregunta respecto a cómo se pueden relacionar esas dos revoluciones: “el árbol de Woese ilustra la divergencia de un gen fundamental para los tres reinos de la vida, mientras que en la endosimbiosis de Margulis hay genes procedentes de diferentes especies que convergen por medio de las fusiones y adquisiciones de la endosimbiosis. Si se representa como árbol, en Margulis hay fusión de las ramas y no la bifurcación que propone Woese”.

Es indudable que Lane apuesta por esta tercera revolución y aprovecha las últimas páginas de la Introducción (19-24) y el estilo argumentativo que le es propio planteando muchas preguntas a las que da casi siempre inmediata respuesta para destacar, con aparente modestia visual pero con notable fuerza científica, la predicción de Bill Martin en 1998, al que define como científico evolutivo librepensador pero que era *–yo diría es–* intuitivo y brillante, sobre la base del extraordinario mosaico de genes en las células eucariotas, contribución en gran parte debida al propio Martin<sup>9</sup>.

Lane se detiene relatando en esa fascinante introducción, las contribuciones de Martin, con el que publicó un artículo en *Science* sobre la energía y evolución en 2014. Me ha atraído la figura de este científico nacido en Estados Unidos donde solo cursó estudios hasta los niveles de secundaria, puesto que su carrera científica y académica la cursó y desarrollo con éxito en Alemania, donde profesó en la Universidad Heinrich Heine sita en Düsseldorf<sup>10</sup>.

Volvamos a la discusión científica, para contestar a ese fenómeno, casi incomprensible, de cómo la célula patrón que era una arquea adquirió tantos genes de sus endosimbiontes y por qué los integró de manera tan firme en su propia estructura. La respuesta de Martin junto con Miklos Müller es la hipótesis del hidrógeno por la que esa célula era capaz de crecer a partir de dos gases simples: el hidrógeno y el dióxido de carbono.

En línea con lo que indica Lane porque lo entiendo en su mayoría, lo trascendental es lo que predijo Bill Martin y que transcribo:

... la vida compleja (eucariota) surgió mediante una endosimbiosis singular entre solo dos células; la célula patrón era *una arquea*, que carecía de la complejidad barroca de las...eucariotas...; nunca hubo una célula eucariota simple e intermedia, que carecía de mitocondrias; la adquisición de mitocondrias y el origen de la vida compleja fue un acontecimiento único...; ...todos los rasgos complicados de las células complejas surgieron por evolución *después* de la adquisición de las mitocondrias.

Suscribo el entusiasmo que manifiesta Lane ante estas intuiciones, según las llama quizás para ir más allá del concepto hipótesis, y estoy plenamente de acuerdo en que deberían ser mucho más conocidas y destacadas porque en biología evolutiva se está proponiendo un proceso de endosimbiosis único a diferentes niveles o escalas que, como Lane también muestra, no están presentes

<sup>9</sup> Un gran trabajo posible gracias a la genómica y que suscitó el entusiasmo del científico y divulgador español Javier Samperro (2015). ¡Un lago de paradojas! Nótese que, para él, la noticia es sobre Lynn Margulis, no acerca de las investigaciones en la Universidad de Dusseldorf. Esto es secundario, en términos mediáticos.

<sup>10</sup> Es evidente que esta Universidad que será sin duda valiosa e importante, no lidera los rankings universitarios. La carrera de Martin es sorprendente en todo caso: ([https://en.wikipedia.org/wiki/William\\_F.\\_Martin](https://en.wikipedia.org/wiki/William_F._Martin)) y más aún lo son las notas autobiográficas con su currículo: <https://www.molevol.hhu.de/prof-dr-william-f-martin>. Sin embargo, la repercusión mediática de este investigador coetáneo de Nick Lane y por lo tanto miembro de la generación de 1950-1960, no es influyente; una generación cuyos integrantes luchan cargados con la mochila del mayor o menor prestigio de sus instituciones. Me preocupa que en la ciencia se esté instalando ese concepto peligroso de *guerra cultural* que contamina a la política, y pienso que puede haber sido facilitado por el término acuñado hace unas décadas de *centros de excelencia*; quizás hoy sería mejor hablar de y reconocer *centros de interés*.

en el concepto de endosimbiosis serial. Este es un argumento que puede ser cuestionado con plena razón para el debate por biólogos evolutivos que apuesten por la endosimbiosis como mecanismo primordial, pero el libro de Lane, contando con la ventaja de lo que es la alta divulgación científica por medio de libros y no de artículos que salen tarde o amputados, abre avenidas importantes para quienes trabajamos en el campo de la filosofía de la ciencia y de su comunicación que nos parecen importantes si queremos avanzar en la cultura científica y en la educación para el pensamiento crítico.

Para ir terminando con la introducción, quiero destacar tres contribuciones adicionales que figuran en la misma: el árbol de la vida de la figura 1 que muestra el origen quimérico de las células complejas/eucariotas; en segundo lugar, que sabemos que las células complejas surgieron en una única ocasión en 4.000 millones de años de evolución a través de una endosimbiosis singular entre un arqueo y una bacteria, pero seguimos sin saber todavía por qué estos rasgos particulares no mostraron ninguna señal de aparición por evolución en los arqueos y las bacterias.

Por lo tanto no parece sorprendente que Lane quizás como él mismo agradece estimulado por sus contactos con Martin y sus colaboradores y por la colaboración con un colega genetista evolutivo del University College, Andrew Pomiankowski, pensara que la razón de esa limitación de los procariotas para la evolución podía residir en el peculiar mecanismo de generación de energía en las células y que el autor ha asociado con la hipótesis quimiosmótica y el flujo de protones a través de membranas a la que califica en su texto como “la idea más contraria al sentido común en biología desde Darwin y la única que es comparable con las ideas de Einstein, Heisenberg y Schrödinger en física”; en todo caso este mecanismo es “una parte tan integral de toda la vida como lo es el código genético universal”.

La introducción del libro ha dado para mucho y ahora sí termino con esta su reseña, transcribiendo una confesión del autor: “En ciencia actuar como un abogado puede estar mal visto, pero existe una magnífica tradición de hacer... eso en biología que se remonta al mismo Darwin; su autor dijo de *El origen de las especies* que era una *larga controversia*”.

### 3. SÍNTESIS DE LA PARTE I– EL PROBLEMA: ¿QUÉ ES LA VIDA? Y ¿QUÉ ES VIVIR?

En el análisis de estas partes del libro, voy a utilizar una forma descriptiva diferente, más sintética, extrayendo ideas fuerzas y reduciendo la parte argumentativa, los “ejemplos, los casos”. La presentación será como una sucesión de diapositivas.

#### 3.1. ¿QUÉ ES LA VIDA?

- No se puede descartar la existencia de vida en otros planetas, porque la Tierra presenta un problema, ya que solo tenemos el tamaño muestral de uno.
- En cualquier caso, la vida en la Tierra no es la muestra de uno, sino de una variedad infinita de organismos que evolucionan a lo largo de un tiempo infinito.
- Pero la teoría evolutiva que no es errónea tiene la limitación de que no es predictiva.

- Una parte de la responsabilidad de esta situación recae en el ADN, el gran predominio de la información como elemento definitorio de la vida y la biología molecular como instrumento analítico.
- Hay restricciones energéticas a la evolución que no hacen posible predecir algunos de los rasgos más importantes de la vida a partir de primeros principios.
- Sin embargo, en la biología moderna, la vida se define en términos de transferencia de información.
- Los genomas son información, pero no parecen existir reglas ni limitaciones para los genomas. Si tuviéramos que resumir en una sola frase las limitaciones estructurales de los genomas, sería *cualquier cosa vale*.
- Pero no *todo vale*, las fuerzas que actúan sobre los genomas son la selección natural, y otros factores más aleatorios que generalmente son impredecibles y forman parte del ambiente.
- Un número infinito de especies viven en una variedad sin fin de microambientes que van desde el interior de otras células hasta las ciudades humanas y hasta las profundidades presurizadas de los océanos.
- Consideremos posibles otros mundos. Sobre lo expuesto en relación a la información: si es responsable de la vida y no está limitada, no podemos predecir qué aspecto tendrá la vida en otro planeta, solo que no contravendrá las leyes de la física.
- Lo que aparezca entonces realmente dependerá del ambiente exacto, de las contingencias de la historia y del ingenio de la selección.
- Si volvemos a la Tierra, esto que se dice es razonable para la enorme variedad de la vida tal como existe actualmente, pero no es verdad para la mayor parte de la larga historia de la Tierra. En ella durante miles de millones de años, parece que la vida estuvo limitada de maneras que no pueden interpretarse fácilmente en términos de genomas, historia y ambiente.

A continuación, se esboza el panorama que está surgiendo y que se ofrece para su contraste:

### 3.1.1. Breve historia de los primeros 2.000 millones de años de la vida

- Los primeros 700 millones años de los 4.500 de antigüedad del planeta fueron testigos de un duro bombardeo de asteroides mientras el naciente sistema solar se asentaba.
- Aunque no hay rocas terrestres de edad comparable, existen pistas de las condiciones en la Tierra temprana. La composición de los circones, minúsculos cristales de silicato de circonio, que se encuentran en muchas rocas, sugiere que había océanos mucho antes de lo que se pensaba. Dataciones con uranio indican que estos cristales se formaron hace entre 4.000 y 4.500 millones de años y después se acumularon en rocas sedimentarias.
- La geoquímica de los cristales de circón sugiere que se formaron a relativamente bajas temperaturas y en presencia de agua. Los cristales de circón indican un mundo acuático más tranquilo con una superficie terrestre limitada.
- El escrutinio de los circones no sostiene la idea clásica de una atmósfera primordial repleta de gases como metano, hidrógeno y dióxido de carbono. La presencia de cerio en tales cristales sugiere una atmósfera dominada por gases oxidados (dióxido de carbono, vapor de agua, hidrógeno gas y dióxido de azufre) que emanaban de volcanes.

- La demostración de existencia de vida ha costado porque no se ha dado crédito a las pruebas de fraccionamiento isotópico de 3.800 millones de años en rocas del sudoeste de Groenlandia. Ha quedado claro que tal proceso no es algo único que pertenezca a la vida, sino que puede ser imitado por procesos geológicos que tienen lugar en las fumarolas hidrotermales.
- Al avanzar unos pocos cientos de años más, la evidencia de vida en rocas antiguas de Australia y Sudáfrica fue más robusta, pues allí existen microfósiles que denotan rúbricas isotópicas más pronunciadas, lo que sugiere un metabolismo organizado. Además de estos fósiles, hay características geológicas de 3.200 millones de años con rocas ricas en hierro, depósitos que indican no solo vida, sino fotosíntesis oxigénica, una forma primordial de este proceso.
- Con la evolución de la fotosíntesis oxigénica, la caja de herramientas metabólicas estaba esencialmente completa, si bien solo con el aumento del oxígeno desde hace 2.400 millones de años se transfiguró la vida en nuestro planeta hasta el punto de que con el mundo bacteriano tan próspero podía ser detectado como planeta vivo desde el espacio.

### 3.1.2. El problema con los genes y el ambiente - El agujero negro en el meollo de la biología

Estos dos epígrafes son importantes porque abordan el periodo y los procesos que se refieren con el nombre de “Gran Evento de la Oxidación” en el libro y que se analizan con rigor y ciertas dosis de escepticismo, como casi siempre manifiesta el autor, combinado en la narrativa con ciertas contradicciones o paradojas.

- Lane da por supuesto que los animales necesitan oxígeno, por lo tanto, que cualquier relato respecto a esta necesidad es soso y no excepcional.
- La tesis de Lane sobre el evento es que la versión antigua que considera que el oxígeno fue el determinante ambiental crítico para la vida no se ajusta a lo que es esencial. Que está más cerca de la trivialidad, de lo obvio, que de lo esencial.
- Porque no podemos olvidar, hablando de Lane, su preocupación por el valor cognitivo que atribuye, para entender la evolución, al mundo microbiano.
- Solemos considerar que el oxígeno es bueno y saludable, pero desde el punto de vista de la bioquímica primordial es más bien tóxico y reactivo. El mundo microbiano sufrió con la abundancia de este gas una gran presión evolutiva que condujo a una gran extinción, catástrofe de la que no hay registros. El relato que acompaña la secuela hasta la generación de un “núcleo verdadero” es considerado erróneo por el autor de *La cuestión vital*. En lo que se señala recogido del texto hay subyacentes algunas paradojas.
- Insiste en su tesis de que la biología no va solo en función de genes y ambiente. Todo el discurso de Lane en este apartado del libro se orienta a diluir la concepción de que todo el escenario de desarrollo de la vida que gira alrededor del oxígeno tenga que ver con la relación entre genes y ambiente, sino que ha tenido mucho más que ver con la debilitación de los límites físicos.
- El concepto de agujero negro en el meollo de la biología es sin duda interesante al que llega Nick Lane por el camino de demostrar que no existe evolución polifilética de las eucariotas con varios grupos diferentes de bacterias que originaran de manera independiente tipos celulares más complejos. Esta ausencia hace imposible las soluciones genéticas estándar o las propuestas endosimbióticas de Margulis y seguidores

- Sabemos que todos los eucariotas comparten un antepasado común que por definición surgió solo una vez en los 4000 millones de años de vida sobre la Tierra, a partir de ahí abraza la posibilidad de que este antepasado común diera lugar a cinco supergrupos con diversas morfologías celulares, de aquí se propone una radiación temprana y explosiva, una radiación monofilética que sugiere una liberación de limitaciones estructurales
- Casi todos los genes que codifican para lo que se llaman “proteínas de rúbrica”<sup>11</sup> de los eucariotas no se encuentran en los procariotas, mientras que, en sentido contrario, las bacterias no muestran tendencia alguna a producir por evolución rasgo complejo alguno de los eucariotas
- En la figura 4, página 51, sobre la base de un árbol de la vida, calificado por el autor como engañoso, basado en los trabajos de la perspectiva filogenética (ARN ribosómico) con los tres reinos: arqueos, bacterias y eucariotas, aparecen indicadas las supuestas evolución temprana del núcleo y tardía adquisición de las mitocondrias, de donde emergen los grupos que constituyen los arqueozos, eucariotas supuestamente primitivos sin mitocondrias. Hoy se sabe que no son primitivos sino adaptados que han perdido estos orgánulos y su posición en el árbol de la vida estaría en la parte principal del árbol eucariota
- No existen formas evolutivas intermedias conocidas entre la morfología simple de los procariotas y el misterioso y complejo antepasado común de los eucariotas
- Todos estos atributos de la vida compleja surgieron en un vacío filogenético, un agujero negro en el meollo de la biología.

### 3.1.3. Los pasos que faltan hasta la complejidad. Para quedar en paz con la selección natural y entender la evolución eucariota

- A pesar de lo declarado por el autor previamente, sostiene en este momento de la narración, que la teoría evolutiva hace una predicción simple, es decir que tiene valor predictivo: predice que debe haber orígenes múltiples (polifiléticos) de aquellos rasgos en los que hay pequeños pasos de mejora sobre lo anterior, y la desaparición de rasgos menos perfectos en el camino hacia tal cumbre<sup>12</sup>.
- Tras esta autorreflexión, da un salto, trae a colación la evolución de los ojos para acuñar un concepto que sería propio de la evolución de los eucariotas: *espectro ecológico*, y con ello poner el énfasis en la importancia de los ambientes. “A partir de un punto rudimentario sensible a la luz en algún animal primitivo parecido a un gusano, los ojos han surgido de manera independiente en multitud de ocasiones. Esto es exactamente lo que predice la selección natural. Cada pequeño paso ofrece una pequeña ventaja en un ambiente concreto, y la ventaja precisa depende del ambiente preciso”.

---

**11** Proteínas de rúbrica o rasgos complejos de los eucariotas: núcleo, sexo, envejecimiento, citoesqueleto flexible (aparato de Golgi, retículo endoplasmático), mitocondrias, lisosomas, peroxisomas, la maquinaria de importación y exportación y sistemas comunes de señalización.

**12** En este momento del libro, uno de los que más referencia y reconocimiento se hace a la selección natural, Lane dice: “En *El Origen de las especies*, Darwin planteó el hecho de que la selección natural predice realmente que las formas intermedias han de perderse”. En este contexto, parece hacerse una autocorrección o autorreflexión: “..., no es... sorprendente que no existan formas intermedias supervivientes entre las bacterias y los eucariotas”.

- Con el sexo, el núcleo, la fagocitosis, se podría aplicar el mismo razonamiento. Pero vuelven las autoflagelaciones y las dudas constantes del autor: entonces arguye: “Si cada uno de estos pequeños rasgos surgió mediante selección natural (y ello es indudable) y todos los pasos adaptativos ofrecieron alguna ventaja (y ello es indudable) entonces tendríamos que ver orígenes múltiples de rasgos de los eucariotas en las bacterias. Pero no los vemos y estamos ante un *escándalo evolutivo*”. Siempre inteligente e informado, nos recuerda que en las bacterias hay atisbos de rasgos de eucariotas, se encuentran prácticamente todos los inicios de la complejidad eucariota. Pero las bacterias se han echado atrás siempre y no han llegado a la complejidad barroca de los eucariotas y si lo hacen combinan rasgos múltiples en la misma célula y con simplicidad estructural o morfológica.
- La explicación más fácil para tan profundas diferencias es la competencia. Los eucariotas surgidos de la evolución fueron tan competitivos que dominaron el nicho de la complejidad morfológica. Según el discurso habitualmente dramático de la evolución, las bacterias habrían sido incapaces de competir en y por ese nicho y se habrían extinguido. Pero ese no es el caso.
- No existen indicios de ninguna extinción microbiana, ni siquiera tras la Gran Oxidación, hasta el punto de considerar exagerado y sin prueba alguna el concepto *holocausto del oxígeno* que por el peso de la emoción sobre la razón propuso la aniquilación de los anaerobios. No hay pruebas ni de la filogenia ni de la geoquímica de que tal extinción tuviera lugar. Más bien los anaerobios prosperaron.
- Incluso hay, con el caso de los arqueozoos, pruebas consistentes de que existen como formas intermedias no evolutivas sino ecológicas. Hay un millar o más de especies de arqueozoos que se adaptaron al nicho que se demostró que era viable haciéndose eucariotas más simples no bacterias más complejas: estimaciones estadísticas avalan la explicación de que había algo en la estructura de los eucariotas que facilitó la invasión de ese nicho intermedio, mientras que había algo relacionado con la estructura de las bacterias que impidió su evolución hacia una mayor complejidad morfológica.
- El punto crucial de todo este debate es que “las bacterias y los arqueos son extremadamente diferentes, pero casi indistinguibles por su morfología (células pequeñas, microscópicas), que carecen de núcleo y de todos los demás rasgos eucariotas que definen la vida compleja”.
- Se sigue insistiendo, hasta caer casi en la obsesión, sobre lo sorprendente que resulta la incapacidad de que ambos procariotas, a pesar de su diversidad genética y de su ingeniosidad bioquímica, propiedades que poseen a niveles muy altos, desarrollen una morfología compleja.
- Volviendo a la carga sobre la posible existencia de una limitación física intrínseca, el autor recuerda, como ya se expone y discute con riqueza en la introducción, la endosimbiosis singular entre dos procariotas, uno de cada dominio.
- Este subapartado se cierra resumiendo el gran leitmotiv de esta primera parte del libro: “...algún tipo de limitación estructural tuvo que haber actuado en ambos..., las bacterias y las arqueas, lo que obligó a ambos grupos a permanecer simples en su morfología lo largo de unos incomprensibles 4.000 millones de años. Solo los eucariotas exploraron el ámbito de la complejidad...mediante una radiación monofilética explosiva que implica una liberación...(de) limitaciones estructurales”.
- “Parece que esto ocurrió una sola vez: todos los eucariotas están emparentados”.

## 3.1.4. La pregunta equivocada: reforzar los argumentos y anticipar el futuro

- *Breve resumen:* la Tierra primitiva no era muy diferente de nuestro propio mundo; nuestro planeta carecía de oxígeno, pero en gases para la química orgánica –hidrógeno, metano y amoníaco– tampoco era rico; la idea de la sopa primordial es descartada; sin embargo, las bacterias colonizaron cada nicho ecológico remodelando el globo; durante unos eternos cuatro mil años con cambios extremos ambientales y ecológicos, las bacterias cambiaron sus genes y su bioquímica pero no cambiaron nunca su forma (esta declaración obsesiva y esencial en las tesis de Lane será matizada seguidamente por nosotros).

Aquí en la Tierra, en una única ocasión, las bacterias dieron origen a los eucariotas, pero no hay nada ni en términos de registro fósil o de filogenia que apunte a que la vida compleja surgió de manera repetida, evolutivamente a pasos. Más bien al contrario, de nuevo el gran y constante argumento: la radiación monofilética de los eucariotas señala a que el origen único tuvo que ver en restricciones físicas innatas que apenas tuvieron que ver con grandes fenómenos ambientales como la Gran Oxidación<sup>13</sup>.

Lane continúa insistiendo en esta recapitulación en los siguientes argumentos: las mayores preguntas en biología siguen sin resolverse. Y recalco que todas las preguntas que reformula han ido desgranándose y las hemos recogido ya. Insistiré una vez más en algo que considero sugerencia clave en el libro de Lane “...la vida está limitada de maneras que no pueden ser... interpretadas en términos de genomas, historia o ambiente”.

Para terminar este primer y fundamental capítulo; Lane evoca de nuevo las excesivas promesas o confianzas que se han dado al DNA para responder a todas las preguntas y evocar a Schrödinger y su segundo principio sobre vida y entropía: que la vida resiste a la entropía y por tanto la tendencia a la descomposición. ¿En una nota a pie de página a *What is life?*, el físico austríaco-irlandés advertía que si hubiera escrito para una audiencia de físicos hubiera planteado su argumentación no en términos de entropía sino de energía libre.

Al añadir la energía la pregunta es más contundente, lleva a *What is living?* y con este giro, Lane introduce lo que es su contribución esencial con esta frase que puede encabezar el capítulo siguiente y cubrir el resto del libro, pues de eso trata: “Cuando (Schrödinger) escribía, nadie sabía demasiado...de la moneda biológica de la energía. Ahora sabemos cómo funciona todo ...hasta el nivel de los átomos. Los mecanismos detallados de la obtención de la energía resultan conservarse ...universalmente en toda la vida como el propio código genético..., mecanismos (que) ejercen limitaciones fundamentales sobre las células. Pero no tenemos ni idea de cómo evolucionaron, ni de qué manera la energía biológica limitó el relato de la vida”.

---

<sup>13</sup> El autor anuncia que en la parte III de libro que consta de dos capítulos: el quinto, *El origen de las células complejas* (págs. 187-226) y el sexto *El sexo y los orígenes de la muerte* exponen las posibilidades sobre cuáles pudieron ser las restricciones. Pero repito lo que he avanzado, que en este texto no vamos a entrar en el análisis de esa segunda mitad del libro puesto que el objeto es abordar la cuestión de las formas. Reconoce Lane en estas páginas del libro que “cualquier intento de explicar un acontecimiento singular tendrá siempre el aspecto de una chiripa”.



### 3.2. UN ALTO EN EL CAMINO PARA REFLEXIONAR SOBRE ÁMBITOS DE EVOLUCIÓN Y VIDA

Antes de intentar el desafío de cerrar las tesis de este libro, creo necesaria una pausa para reflexionar y pensar en propuestas acerca de dos de los grandes argumentos que atraviesan las primeras setenta páginas del libro.

El primer argumento constituye en mi opinión una de las ideas fuertes tanto por su intensidad como por la frecuencia con que se emplea. Atañe a la incapacidad de los procariotas, a pesar de haber disfrutado del nicho de la vida en la Tierra durante más de 3.000 millones de años, para evolucionar hacia la complejidad celular de los eucariotas.

Esto lo consideramos un hecho indudable al considerar el espacio de vida en la Tierra como un hecho global: las bacterias y los arqueos han ocupado en solitario/dominado tal espacio a lo largo de entre 1.500 y 2.000 millones de años y luego lo han compartido otros 1.500-1.800 millones de años con los eucariotas desde las células hasta los animales de mayor tamaño y con grandes esqueletos luego en la escala temporal más corta de apenas 2 millones de años con la llegada de los primeros homínidos.

La tesis o referencia que quiero retomar es que cada gran grupo de seres vivos tiene su propio mundo y en cada uno de ellos han experimentado procesos de evolución, y eso está claro para los procariotas y sus dos grandes reinos o dominios: bacterias y arqueas.

Las bacterias de las que conozco más han aprovechado no solo para enriquecer sus bioquímicas, avanzando hacia alcanzar notable variedad metabólica sino también han desarrollado una gran variedad de formas: cocos, bacilos, vibrios, filamentos. Tales cambios tienen sus correlatos químicos no solo en los genes sino en otras estructuras y procesos como la pared celular, la respuesta a métodos de tinción selectiva (Gram, por ejemplo), la esporulación para resistir carencias y ambientes adversos, el diseño de su movilidad en función de los hábitats (tierra, mar y aire), la producción y la resistencia a los antibióticos, y la relación con sus virus, los bacteriófagos o la inmunidad (CRISPR-Cas).

Durante la convivencia/coevolución con animales y los seres humanos las bacterias han desarrollado formas de vivir (parasitismo, comensalismo) generando enfermedades o procesos favorables de simbiosis como nos ofrece la gran cuestión de los microbiomas que cada vez tienen más importancia académica y práctica.

Recojo uno de los buenos e importantes documentos (voces) que se han desarrollado en y para Wikipedia y que atañe a las bacterias<sup>14</sup>.

Por lo que respecta a las arqueas o arqueos su historia es mucho más reciente, lo que hace que los conocimientos tanto a nivel personal como de difusión sean mucho más livianos. Algunos hablan de mundo microbiológico por descubrir, aunque Wikipedia también tiene un muy sugerente y completo documento que recomiendo<sup>15</sup>.

De momento y a este respecto quiero concluir que hay distintas formas de vida o mejor de vivir y que entre ellas hay que incluir el mundo, el ámbito, el modo procariota y advertir de los riesgos explosivos del mundo, ámbito o modo eucariota. Que detallo a continuación.

<sup>14</sup> <https://es.wikipedia.org/wiki/Bacteria>.

<sup>15</sup> <https://es.wikipedia.org/wiki/Archaea>.

El segundo argumento que quiero comentar es el más sorprendente. Me refiero a la conclusión de que la vida tiene características de limitación que sobre la base de lo que sabemos en relación a la evolución y que con la intensa cooperación de la información imperfecta o incompleta (genes, ambiente, historia) no podemos explicarlas. A ello se unen las tendencias crecientes a implicarse en debates en redes sociales para buscar el *me gusta* en lugar de *aquí va una propuesta reflexiva, continuista o radical*, situación que me asusta por si puede llevarnos a un colapso del mundo en el que vivimos.

Al final de este texto haré de nuevo y hasta la saciedad una llamada de atención a los conceptos que me parecen más valiosos entre los que con mayor o menor fortuna haya acuñado en estos cuarenta últimos años de actividad intelectual: el de las *interéticas basadas en un consecuencialismo sustentado en valores* y el del *entorno de sociabilidad*, ambos profundamente interconectados.

### 3.3. EPÍTOMES DE LOS CAPÍTULO QUE AFRONTAN TRES CUESTIONES: ¿QUÉ ES VIVIR?, ENERGÍA EN EL ORIGEN DE LA VIDA Y LA APARICIÓN DE LAS CÉLULAS

En este momento del desafío que ha supuesto y supone la elaboración de este artículo, confieso que estoy llegando también a una limitación tanto física como cognitiva. Es un término que tomo prestado a Nick Lane. Por lo tanto, lo que se expone a continuación va ser muy limitado tanto en lo que atañe al análisis como en la capacidad para ser selectivo y profundo:

#### 3.4. ¿QUÉ ES VIVIR?

La pandemia ha puesto de moda a los virus y curiosamente años antes Lane plantea la distinción entre virus, plantas y animales en términos del metabolismo. Luego la actividad metabólica es un atributo necesario de la vida, pero la paradoja es que los virus usan su entorno inmediato para hacer copias, pero eso no ocurre solo con los virus, sino que las plantas y animales hacemos lo mismo para vivir. Todos necesitamos soportes de los ambientes y sin embargo la mayoría de las definiciones de vida se centran en el propio organismo vivo. Vivir depende casi únicamente de la generosidad del ambiente.

La introducción de la física, de la bioenergética lleva a un apartado donde se trata la relación entre energía, entropía y estructura.

Paradójicamente una vez más, Lane acude a un fenómeno evolutivo microbiano como es la espora para jugar a la magia de la ciencia: podemos manipular la espora, hacerla papilla y pensar que el paso del orden estructural de un sistema capaz de crecer en cuanto encuentre un sistema favorable al desorden de los compuestos moleculares en un amasijo de polvo, aumenta la entropía. Pues la entropía a diferencia de la vida puede medirse y las medidas realizadas por un experto en bioenergética, Ted Bailey, mostraron que la entropía apenas cambió. Esto apunta a que para la entropía hay algo más que la espora, cuenta también su entorno y este tiene asimismo un cierto nivel de desorden.

Este ejemplo sirve para introducir la idea y el concepto de *membrana lipídica* como un estado de entropía superior que una mezcla aleatoria de moléculas inmiscibles, aunque parezca más ordenado. La vida no es un estado de baja entropía.

En su compleja pero interesante argumentación, Lane llega a una serie de conclusiones que apunto: "... en último término la energía para el crecimiento procede de la reactividad del ambiente, que fluye continuamente... en la forma de alimento y oxígeno en el caso de los humanos y de fotones de luz en el caso de las plantas".

Lo que aborda Lane es un compendio de conocimientos sobre la introducción de la energía en la vida, con muchas preguntas y auto respuestas en los que aborda los siguientes temas: energía libre y sus relaciones con el calor y la energía; la energía que necesitan los organismos y la restricción de la moneda energética utilizada por las células vivas que se reduce al ATP (adenosín trifosfato); el caso de las contracciones rítmicas cardíacas en una célula del músculo cardíaco; los complejos estructurales que intervienen en la cadena respiratoria; el funcionamiento de las mitocondrias; la quimio ósmosis (fuerza protón motriz) como acertijo fundamental de la biología; la estructura de la ATP sintasa/ ATPasa; la vida va de electrones; y la vida tiene que ver con los protones.

Sostiene que el acoplamiento quimiosmótico limitó la complejidad de la vida para bacterias y arqueos durante algunos miles de millones años y que la relación íntima entre la célula patrón de la complejidad eucariótica y sus endosimbiontes estuvo detrás de muchas de las peculiares propiedades que los eucariotas comparten.

## 4. PARTE II: EL ORIGEN DE LA VIDA

### 4.1. ENERGÍA EN EL ORIGEN DE LA VIDA

La vida es una reacción lateral de una reacción especial que libera energía. La vida es asimismo generadora de notables cantidades de desechos; las células modernas que maximizan sus necesidades de energía, todavía son consumidoras de cantidades ingentes de ATP, la moneda energética. Incluso las células más frugales, austeras en sus demandas que crecen a partir de la reacción del hidrógeno con el dióxido de carbono producen a partir de la respiración 40 veces más desechos que biomasa y eso es gracias a una gran regulación de los flujos por medio de rutas metabólicas interconectadas y optimizadas por la acción concertada de enzimas. Con estos datos hay que pensar la cantidad desechos que tenían que producir las células primitivas sin el efecto catalizador y por lo tanto optimizador de los enzimas.

La visión de Lane es muy crítica con la experimentación en laboratorio sobre el origen de la vida inspirados en la hegemonía de información basada en el predominio cautivador del ADN y toda su corte bioquímica y molecular<sup>16</sup>. Pone de manifiesto la ausencia de la energía.

*¡La vida cuesta cara, no sale gratis!*

Crítica Lane, tras sacar a colación el concepto de estructuras disipativas de Prigogine, la narrativa que rodea el concepto de sopa primordial ya que no encuentra en ella nada que pueda

---

**16** No obstante el autor se muestra elogioso, con matices y cautelas, sobre el experimento realizado en 1953 –por cierto coetáneo con la propuesta de estructura del ADN por Watson y Crick– por Stanley Miller en el laboratorio de Harold Urey: Miller hacía pasar descargas eléctricas simulando relámpagos a través de matraces que contenían agua y una mezcla de gases en estado reducido (con ganancia de electrones). Con gran sorpresa Miller consiguió sintetizar varios aminoácidos, los sillares para construir proteínas. Este experimento tuvo una gran repercusión mediática, mayor que la publicación en *Nature* de la doble hélice.

impulsar la formación de esas estructuras disipativas que son las células, nada igualmente que las haga vivir, es decir que crezcan, que se dividan y que metabolicen. La pregunta obvia en un libro que perspira interrogaciones es: “¿Existe realmente un ambiente que pueda promover la formación de las primeras células primitivas?” La respuesta es asimismo predecible: “Con toda seguridad, tuvo que haberlo”; a ello se dedica el libro. Y a tal objetivo se destina este capítulo, que se desarrolla en los siguientes epígrafes: *Cómo hacer una célula* (seis requisitos o propiedades básicas compartidas en la visión del autor por todas las células vivas en la Tierra); *Las fumarolas hidrotermales como reactores de flujo* –con dos figuras 11 y 12 con referencia a los minerales de hierro y azufre y grupos de hierro y azufre en la primera y a las fumarolas hidrotermales del mar profundo en la segunda–; *La importancia de ser alcalinos* –con la figura 13 que muestra casos de sustancias orgánicas que se concentran por termoforesis–; y *La energía de los protones* –que da detalles sobre cuando es posible la reacción imposible entre  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2$  = usando la energía de un gradiente de protones, a través de una membrana y con la figura 14 que explica cómo fabricar sustancias orgánicas a partir de esos dos gases–.

#### 4.2. LA APARICIÓN DE LAS CÉLULAS: EL TROPIEZO CON UNA SIGNIFICATIVA PARADOJA PERSONAL

Llegado al último capítulo que quiero tratar de acuerdo con la idea propuesta, me encuentro con la fortuna de la serendipia que me ha acompañado a lo largo de mi carrera científica para enfrentarme con el texto quizás más complejo y por lo tanto difícil de reseñar y que en principio, para quien escribe, requeriría un artículo específico.

Empieza tal texto con solemnidad pues recuerda el cuestionamiento por la revista *New Scientist* en su portada en 2009, 150 años después de la publicación de *El origen de las especies*, del árbol de la vida que aparecía en el libro de Darwin. El titular era más provocador<sup>17</sup> al anunciar que ese símbolo tan caro a Darwin estaba equivocado que el texto que lo acompañaba. Como bien señala Lane ese error no significa que la evolución mediante selección natural está también equivocada, refleja la limitación en el conocimiento que sobre la herencia biológica existía en aquellos tiempos; transcribo lo que se dice en el libro: “Es bien sabido que Darwin no sabía nada del ADN o de los genes o de las leyes de Mendel, por no hablar de la transferencia lateral de genes en bacterias” o la existencia de transposones en plantas añadido por mi parte.

Para afrontar el desafío que plantea este capítulo, quiero destacar, entresacar lo que considero es uno de los grandes temas que se abordan en él: los éxitos vitales de los procariotas que marcan la narración. El relato se centra en: la búsqueda –que se califica de camino pedregoso– del ancestro común (LUCA) a las bacterias y los arqueos al que se considera que dependía de los gradientes naturales de protones con intervención de la ATP sintasa (ATPasa) y debía contar con la maquinaria

---

<sup>17</sup> Otro ejemplo más de la información inmediata, desafiante, que crea incertidumbre, miedo que está recorriendo el primer cuarto de este siglo XXI. Aprovecho esta nota para hacer mención a los contextos, tan importantes y necesarios para el análisis humanista y a veces tan olvidados o dejados de lado en esta sociedad desorientada, aunque de pronto aparecen como consecuencia de procesos o fenómenos, –no por estar previstos menos despreciados–, en un chapuzón en el mar de la realidad que casi siempre tiene tintes dramáticos.

del complejo ribosómico y tiene sentido que opere en el ambiente de las fumarolas hidrotermales alcalinas que se tratan en el capítulo anterior.

Hay dos figuras, la 19 y la 20, que escojo y tomo prestadas para terminar la reseña. En la primera se presenta una situación hipotética posible para la divergencia de las bacterias y los arqueos sobre la base de un modelo matemático de disponibilidad de energía en los gradientes naturales de protones. Los dos enzimas decisivos son proteínas de membrana –la Ech, hidrogenasa convertidora de energía y la ATP sintasa (ATPasa)-. Un gradiente natural de H<sup>+</sup> en una fumarola puede facilitar energía a la síntesis de ATP mientras la membrana sea permeable pero no hay presión/beneficio para mejorar la membrana pues si se hace permeable, se deshace el gradiente natural. Un antiportador de sodio-protón (SPAP) añade un gradiente bioquímico de sodio, lo cual permite sobrevivir en gradientes de H<sup>+</sup> menores, facilitando la dispersión y divergencia de poblaciones en la fumarola. La energía adicional suministrada por el SPAP significa que bombear H<sup>+</sup> supone un beneficio que permite reducir la permeabilidad de la membrana para los H<sup>+</sup>. Cuando la permeabilidad a los H<sup>+</sup> se acerca a los valores biológicos o fisiológicos, las células se independizan de los gradientes naturales y pueden abandonar la fumarola.

En la segunda figura, el título *Posible evolución del bombeo activo* ilustra con tres viñetas los orígenes hipotéticos del bombeo en bacterias y arqueos. La base está en la dirección del flujo de H<sup>+</sup> a través del enzima Ech. En el primero de los esquemas se muestra el estado ancestral en el que, como ya se ha dicho, los gradientes naturales de protones en tanto que las membranas no sean permeables, impulsan el metabolismo del carbono y el energético a través de los enzimas ya citados. En la viñeta central, los metanógenos, postulados como arqueos ancestrales, siguen impulsando dichos metabolismos y con los mismos enzimas, pero al poseer membranas impermeables a los H<sup>+</sup> no pueden usar los gradientes naturales de protones y tal dificultad les llevó a inventarse una nueva ruta bioquímica y una nueva bomba (metil transferasa) generando su propio gradiente de H<sup>+</sup> o de Na<sup>+</sup>. En la tercera y última, los acetógenos a los que se postula como bacterias ancestrales cambian el mecanismo: la dirección del flujo de H<sup>+</sup> se invierte, fluye hacia el exterior a través de Ech y recibe la energía para ese transporte de la oxidación de la ferredoxina, mientras que para la reducción del CO<sub>2</sub> encuentra una nueva vía ATPasa y utilizando ATP y el coenzima NADH<sup>18</sup>.

## 5. PUNTO Y SEGUIDO

Termino con otro préstamo del autor, el último párrafo del capítulo 4, págs. 183-164:

Y de este modo nos acercamos al final. Mientras que la bioenergética no predice a partir de primeros principios que tenga que haber diferencias fundamentales entre bacterias y arqueas... –lo expuesto en este capítulo– *si que explican cómo y por qué pudieron haber surgido en primer lugar. Las profundas diferencias entre los dominios procarionotas no tuvieron...que ver con la adaptación a ambientes extremos, como temperaturas elevadas, sino más bien con la divergencia de células con membranas obligadas a permanecer permeables por razones bioenergéticas. Aunque la divergencia de arqueos y bacterias puede no ser predecible a partir de primeros principios, el hecho de ambos grupos sean*

<sup>18</sup> Nicotinamida adenina dinucleótido (NADH): [https://es.wikipedia.org/wiki/Nicotinamida\\_adenina\\_dinucle%C3%B3tido](https://es.wikipedia.org/wiki/Nicotinamida_adenina_dinucle%C3%B3tido).

quimiosmóticos –dependientes de gradientes de protones a través de membranas– *sí que se sigue a partir de los principios físicos discutidos en los dos últimos capítulos. El ambiente más capaz, desde un punto de vista realista, de dar origen a la vida, ya fuera aquí o en... otro lugar del universo es el de las fumarolas hidrotermales alcalinas. Tales fumarolas constriñen a las células a hacer uso de gradientes naturales de protones, y en último término a generar sus propios gradientes. En este contexto no es ... misterio que todas las células ... en la Tierra tengan que ser quimiosmóticas. Yo .... esperaría que las células en el ... universo sean quimiosmóticas. Y... se enfrentarían ... al mismo problema al que se enfrenta la vida en la Tierra. En la parte siguiente, veremos por qué este requisito ... de energía de los protones predice que la vida compleja será rara en el universo.*

## 6. LA APARENTE SIMPLICIDAD DE LA EXPLOSIÓN EUCARIÓTICA Y LA DIVERSIFICACIÓN DE SERES VIVOS

Es evidente que el reto que asumí al proponer este artículo se acrecienta al abordar la gran explosión de seres vivos en la Tierra acompañando el éxito de las células eucariotas. Además, en una nueva y notable paradoja personal, tengo que abordar este tema con una dependencia extrema de la brevedad, de espacio y quizás para el lector, de densidad analítica. Excusas por ello.

No obstante, hay algunas razones que pueden justificar esta situación. Es esencial que se adjunte información que permita conocer y apreciar la gran complejidad de la zoología y para ello se adjuntan dos enlaces que presentan perspectivas complementarias<sup>19</sup>, mientras que en lo atinente a este texto, el desafío está en la síntesis.

Para este objetivo, mi opción personal se ha basado en un libro citado anteriormente (McGowan 1999) que se circunscribe a analizar la escala y el tamaño de los seres vivos y que glosa a continuación, es obra de un autor que me parece brillante y digno de ser tenido en cuenta por su condición de conservador de museo e investigador y docente en zoología<sup>20</sup>.

*El libro:* Su elección resulta de varios procesos asociados con la serendipia. Lo compré en algún aeropuerto, probablemente británico, a principios de este siglo, cuando viajaba en relación con proyectos europeos y eran tiempos en los que abrazaba la teoría de la evolución como base teórica para los análisis inspirados en la filosofía de la ciencia y la filosofía de la biología de consuno. Pensé en él cuando propuse el artículo porque el libro estaba no solo en mi biblioteca sino en mi memoria. Me he encontrado cuando he hecho su relectura que marida bastante bien con de Nick Lane y con lo expuesto anteriormente porque el libro de McGowan trata de las proteínas de la rúbrica en los animales, de la relevancia la filogenia con la importancia del concepto de radiación monofilética para los animales –como señalaba Lane para las células eucariotas–, así como la importancia crucial del metabolismo en los animales y los objetivos vitales propios de la vida eucariota como la reproducción (el sexo), la alimentación (la energía) y el envejecimiento.

<sup>19</sup> <https://es.wikipedia.org/wiki/Zoología>; <https://es.wikipedia.org/wiki/Animalia>.

<sup>20</sup> Christopher McGowan: <https://www.amazon.com/-/es/Christopher-McGowan/e/B001IU5480>.

## 6.1. UNAS BREVES NOTAS COMO INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE EL CONTENIDO DEL LIBRO

Esperamos que también sirva al lector para atraer su atención sobre el libro. En el ámbito de la metodología se subraya el papel de la *filogenia* que contribuye a establecer *el estado de las relaciones entre organismos*. Entre los instrumentos modernos más poderosos para tal objetivo figura el análisis genómico.

En el primer capítulo cuyo título traducido al castellano es *Mantener ardiendo el fuego de los hogares*, se utiliza metafóricamente para dar cuenta del proceso de que todas las células del cuerpo generan calor como subproducto de los procesos químicos internos. Esto es lo que se conoce como *metabolismo*. Células diferentes tienen *tasas metabólicas* diferentes; las células con mayores tasas consumen más oxígeno. El proceso de oxidación tiene lugar en las mitocondrias que aumentan la superficie del sistema oxidativo con las crestas mitocondriales. Las tasas metabólicas se miden por medio del consumo de oxígeno en un tiempo dado frente al aporte de calor.

La temperatura de confort se define como “zona neutral térmica”, la horquilla en la que las tasas metabólicas se estabilizan: pájaros, mamíferos y reptiles tienen muchos y variados controles sobre la temperatura corporal mientras la mayoría de animales no lo hacen. Pájaros y mamíferos son los más activos metabólicamente, lo que ha llevado a estudiarlos preferencialmente. Como McGowan ha tratado de incorporar el mundo de la física al mundo biológico hay varios gráficos comparando tamaños (masa corporal) con actividad: En otro capítulo, el sexto, también compara tamaño de los cerebros con la masa corporal. Por cierto, en relación con la longevidad y el envejecimiento hay una reflexión en el epílogo que me gustaría transcribir en inglés: “*The relation between body size and longevity is obvious to any one has ever had a pet. ...Although a good correlation exists between body mass and longevity there are many examples ... underscoring the fact that other factors are also involved. We saw that reproductive strategies are a key factor...*”<sup>21</sup>

Con estos instrumentos, el autor ha construido una sólida narración científica pero bastante alejada de la tensión conceptual que destila *La Cuestión Vital*, acercándose más a un libro de viajes o de aventuras, porque recorre los diferentes espacios donde hay vida y estudia, describe y hasta dibuja o esquematiza sus habitantes.

En suma, el análisis de la complejidad de las formas de vida de los animales como ejemplo de vida eucariota, aquí si más que de vivir, es apasionante y a la vista del libro y de una reflexión paralela puede ir desde un grupo de animales definido filogenética y ambientalmente hasta estudios generales sobre características o capacidades como el libro glosado. Pero asimismo puede ser un instrumento válido y asimismo gratificante el estudio de especies, colectivos o grupos.

Pero en términos conceptuales parece que la vida de los eucariotas si estudiamos la física y no las componentes comportamentales como apuntaremos a continuación parece más sencilla que los procesos que se han experimentado en la Tierra para que se originara y desarrollara la vida.

***Una nota especial añadida para dar solidez al trabajo.*** Esta nota se escribe un año después que se entregara el texto a los editores, y es la versión que ha sido evaluada por pares. Por ello una primera aclaración sobre algún comentario resultante de tal revisión, pretendo mantener el primer

---

**21** La relación entre tamaño del cuerpo y longevidad es obvia para cualquiera que haya tenido una mascota... Aunque existe una buena correlación entre masa corporal y longevidad, hay muchos ejemplos... subrayando el hecho de que también están implicados otros factores. Vimos que las estrategias reproductivas son un factor clave...

párrafo tal como se escribió porque en ciencias humanas y sociales, muchas veces el contexto cuenta y la redacción del párrafo ayuda a dicha contextualización. En lo atinente a la limitada extensión dedicada a los eucariotas y por ende hay una ausencia evidente en lo que concierne a los seres humanos, debo recocer que la cortedad se debió a limitaciones tanto de espacio como de libros que facilitarían una síntesis, recurrir al libro de Mc Gowan fue una estrategia de supervivencia intelectual digna. Ahora un año después he tenido acceso a un libro editado por los servicios de la Universidad de Valencia: *Iluminando la evolución humana. Ciento cincuenta años después de Darwin*“, en el que según reza la contraportada: “Con motivo del 150 aniversario de *El origen del hombre y la selección en relación al sexo*... presentamos una serie de perspectivas actuales desde la psicología, la lingüística, la genómica, la anatomía, la paleontología, la arqueología o la etología. Se ofrece además un contexto histórico e ideológico de la que se suele considerar como la segunda gran obra de Darwin después de *El origen de las especies*“. Considero esta obra fundamental para las bibliotecas universitarias y en los Institutos de Enseñanza Media y tengo el placer de señalar de señalar r que este número de la revista Astrágallo incluye una reseña del mismo.

## 7. SECUELAS DE LA ACCIÓN HUMANA EN EL PLANETA E INTERDISCIPLINARIEDAD MÁS EXTENSIVA

La obligada referencia al humanismo para cerrar este trabajo sirve también de espejo en el que se refleja el ámbito del pensamiento crítico donde la participación del equipo Pantrovida en LifeHub. CSIC o Conexión-Vida cobra pleno sentido.

En efecto, tener en cuenta las dimensiones y dinámicas de los seres humanos en los fenómenos que se estudian experimentalmente (origen, (co)evolución, diversidad y síntesis de la vida) en dicha plataforma significa ampliar el número de las disciplinas científicas cuyas visiones, métodos y perspectivas pueden tomarse en consideración para análisis críticos: filosofía, sociología, psicología, antropología, demografía, historia, economía. Los seres humanos hablan, escriben, piensan, sienten, se emocionan, tienen intereses. Y todo ello se refleja en sus actuaciones en el planeta donde viven.

Considero que el gran instrumento para operar analíticamente, elaborar información contrastada, realizar diagnósticos, emitir opiniones y formular propuestas es la educación, procurando incidir en una vertiente necesaria, la del emprendimiento social.

Son estas premisas y líneas de actuación las que me han permitido realizar los análisis y participar en los proyectos que me han servido de soporte durante cuatro décadas en los que he acuñado conceptos. Voy a extraer dos mencionados desde el principio, que me parecen significativos para lo que se ha tratado y discutido en este trabajo. Uno tiene que ver con la acción y las éticas aplicadas, con el concepto de *interéticas*<sup>22</sup>, basadas en valores de los que priorizo tres, responsabilidad, empatía y justicia social. El otro se asienta en la evolución como marco teórico y se propone el concepto de entorno de sociabilidad que se define con un trinomio *NACE: Naturaleza (seres vivos + ambiente)-Cultura-Ética* (Muñoz 2020).

Por descontado y para cerrar el círculo discursivo mención especial al concepto de *paradoja antrópica* que acuñó Jesús Rey que ampara e impulsa nuestros trabajos recientes (Muñoz Ruiz y Rey Rocha 2022a, b; Rey Rocha y Muñoz Ruiz 2022b).

---

<sup>22</sup> Sobre éticas aplicadas e interéticas, véase Muñoz (2015).



## 8. REFERENCIAS

- Lane, Nick. 2016. *La Cuestión Vital. ¿Por qué la vida es como es?*. Barcelona: Ariel. Primera edición en inglés, 2015, *The Vital Question: Why is life the way it is?* London: Profile Books.
- McGowan, Christopher. 1994. *Diatoms to Dinosaurs*. USA: Island Press.
- Muñoz, Emilio. 2015. “Éticas aplicadas”. *Seminario internacional Economía y Valores*. Fundación Ramón Areces. 19 de febrero. <https://es.slideshare.net/FundacionAreces/emilio-muoz-ticas-aplicadas>.
- Muñoz, Emilio. 2020. *El reto de reflexionar: Entorno de sociabilidad y evolución*. <http://cchs.csic.es/es/article/nuevo-episodio-reto-reflexionar-evolucion-entornos-sociabilidad-emilio-munoz-ifs>.
- Muñoz Ruiz, Emilio y Rey Rocha, Jesús. 2022a. “Una «paradoja antrópica»: la mejora de la vida y la crisis ambiental”. *Ethic*, 6 de abril. <https://ethic.es/2022/04/una-paradoja-anthropica-la-contradiccion-entre-la-mejora-de-la-vida-y-la-crisis-ambiental/>.
- Muñoz Ruiz, Emilio y Rey Rocha, Jesús (Coord.). 2022b. *Paradojas antrópicas. Conversaciones desde un mundo desordenado*. Seminario online, ciclo ‘Paradojas antrópicas’. Capítulo Español del Club de Roma. 19 de mayo. <https://clubderoma.es/actividad/actividad-cecor-20220519-1830/>; <https://youtu.be/kNuur0GG5zM>
- Rey Rocha, Jesús y Muñoz Ruiz, Emilio (Coord.) 2022a. Encuentro: *Retos, impactos e implicaciones sociales de la investigación sobre la vida. Pensemos, y reflexionemos juntos para actuar*. Organiza: Red Life.HUB CSIC, Instituto de Filosofía (IFS,CSIC), Centro Andaluz de Biología del Desarrollo (CABD, CSIC), Casa de la Ciencia de Sevilla. 24-25 mayo 2022. <https://lifehub.csic.es/evento/encuentro-retos-impactos-e-implicaciones-sociales-de-la-investigacion-sobre-la-vida-pensemos-y-reflexionemos-juntos-para-actuar/>; <http://ifs.csic.es/es/event/encuentro-retos-impactos-e-implicaciones-sociales-investigacion-vida-pensemos-reflexiones>; <http://ifs.csic.es/es/article/nueva-red-cientificos-afrentar-retos-biologia-futuro>.
- Rey Rocha, Jesús y Muñoz Ruiz, Emilio. 2022b. “Paradojas antrópicas y la desordenada vida en el planeta”. *The Conversation*, 27 de marzo. <https://theconversation.com/paradojas-anthropicas-y-la-desordenada-vida-en-el-planeta-179485>.
- Sampedro, Javier. 2015. “La genómica da la razón a Lyn Margulis. El núcleo de nuestras células adquirió sus genes bacterianos por simbiosis”. *El País*, 20 agosto. [https://elpais.com/elpais/2015/08/19/ciencia/1440001134\\_537219.html](https://elpais.com/elpais/2015/08/19/ciencia/1440001134_537219.html).

## BREVE CV

**Emilio Muñoz Ruiz** es actualmente profesor vinculado emérito en el Instituto de Filosofía del CSIC y hasta 2023 profesor emérito en el CIEMAT. Hasta su jubilación fue Jefe del Departamento Ciencia, Tecnología y Sociedad (Instituto de Filosofía). Ha ocupado hasta 2019 la presidencia del Comité Científico Asesor de ASEBIO y la Dirección Técnica de la Cátedra de Ética y Valores en la Ingeniería de la ETS de Ingenieros de Minas de la UPM y la presidencia primero activa y luego de Honor del Comité Científico Asesor sobre “Radiofrecuencias y Salud”. Ha sido, entre otros altos cargos, presidente del CSIC y secretario general del Plan Nacional de I+D. Es miembro de la Organización Europea de Biología Molecular (EMBO), de la Academia Sueca de Ciencias de la Ingeniería (área de Biotecnología) y miembro correspondiente de la Real Academia de Farmacia.

Posee condecoraciones de los Gobiernos de las Repúblicas de Italia y Francia; es miembro de la Orden Civil de Alfonso X El Sabio en su categoría de Encomienda con Placa. Es autor de cerca de un millar de artículos en los campos de la bioquímica, la biotecnología y de filosofía de la biología y la política científica y tecnológica.

ARQUI-CRIATURAS #10. Mohamad Rasoul Moosapour.

