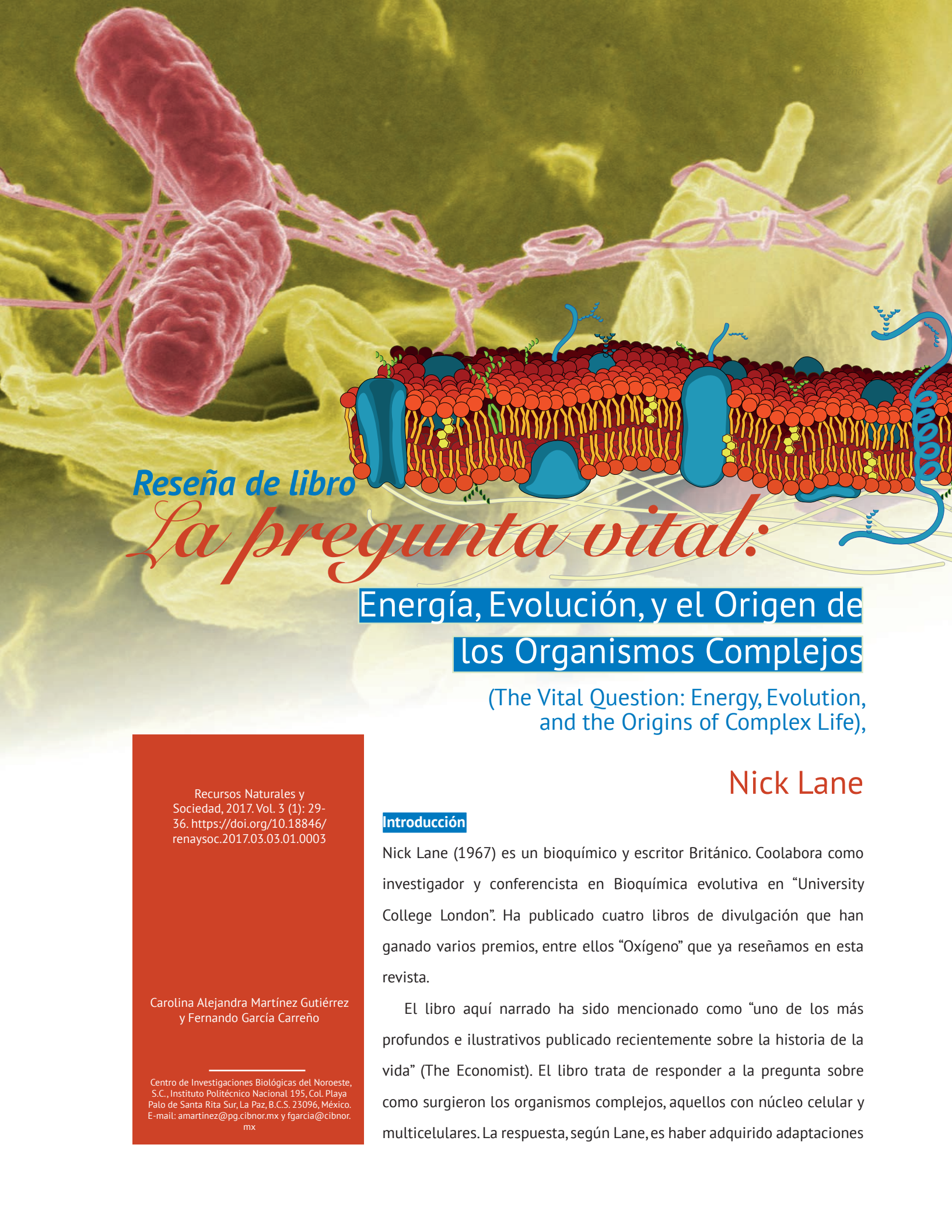




Reseña de libro

La pregunta vital:

Energía, Evolución, y el Origen de los Organismos Complejos

(The Vital Question: Energy, Evolution,
and the Origins of Complex Life),

Nick Lane

Recursos Naturales y
Sociedad, 2017. Vol. 3 (1): 29-
36. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2017.03.03.01.0003>

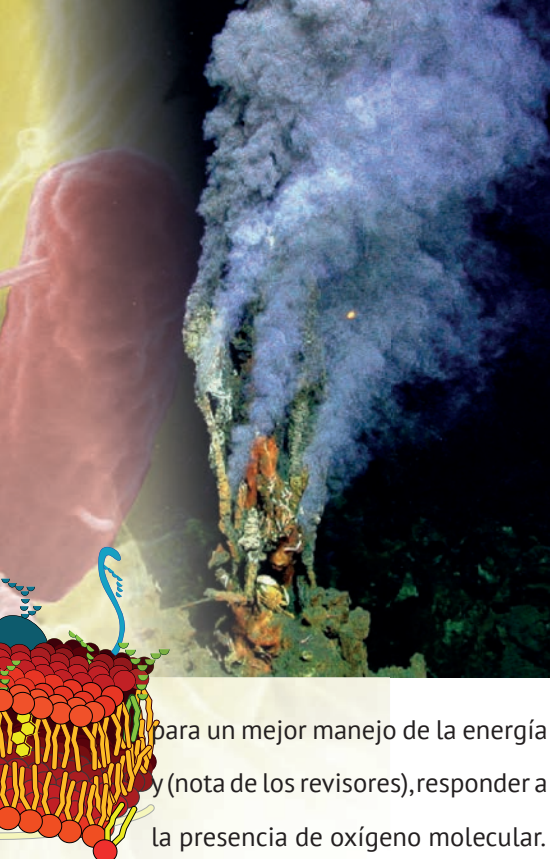
Carolina Alejandra Martínez Gutiérrez
y Fernando García Carreño

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste,
S.C., Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa
Palo de Santa Rita Sur, La Paz, B.C.S. 23096, México.
E-mail: amartinez@pg.cibnor.mx y fgarcia@cibnor.mx

Introducción

Nick Lane (1967) es un bioquímico y escritor Británico. Colabora como investigador y conferencista en Bioquímica evolutiva en “University College London”. Ha publicado cuatro libros de divulgación que han ganado varios premios, entre ellos “Oxígeno” que ya reseñamos en esta revista.

El libro aquí narrado ha sido mencionado como “uno de los más profundos e ilustrativos publicado recientemente sobre la historia de la vida” (The Economist). El libro trata de responder a la pregunta sobre como surgieron los organismos complejos, aquellos con núcleo celular y multicelulares. La respuesta, según Lane, es haber adquirido adaptaciones



para un mejor manejo de la energía y (nota de los revisores), responder a la presencia de oxígeno molecular.

Reseña

Existe un hueco en el centro del conocimiento de la ciencia dedicada al estudio de la vida. Los científicos actuales de las ciencias biológicas describen a los seres vivos en todos sus niveles de organización, permitiendo que hasta hoy se cuente con un vasto cuerpo de conocimiento sobre: genes, proteínas, y redes regulatorias. A pesar de ello, en la actualidad fallamos al tratar de contestar cómo las partes que conforman a un organismo han evolucionado, o incluso al intentar explicar cómo surgió la vida y por qué es como es. Estas son algunas de las interrogantes que Nick Lane,

Introduction

Nick Lane (1967) is a biochemist and English writer who collaborates as a researcher and speaker in evolutionary biochemistry in University College London. He has published four scientific-dissemination books that have won diverse prizes, as *"Oxygen"*, which has been reviewed in this journal.

The book has been described as *"one of the deepest and most illustrative books published recently about the history of life"* by *"The economist"*, which tries to answer the question about how complex organisms arose, those with cellular nucleus and multicellular. The answer, according to Lane, is the acquisition of adaptations to a better energy use, and according to reviewers, to respond to the presence of molecular oxygen.

Book review

There is a hole in the center of science dedicated to the study of life. Nowadays, scientists working on biological sciences describe organisms in all organizational stages, allowing a vast knowledge about genes, proteins, and regulatory networks. Nevertheless, at present, we fail trying to answer how organism parts have evolved, or even when we have tried to explain how life emerged, and why it is the way it is. These are some questions Nick Lane aims to answer in his book *"The vital question"*.

Based on experimental results from last years about **genomics**, in geology and in analyses of some of the most important theories of biological sciences, Nick Lane's book carries us in a pleasant and suitable way for anyone interested in the history of life science through new eyes, those of evolutionary **biochemistry**.

In this context, one of the most remarkable theories is the one proposed by the Russian scientist Aleksander Oparin in 1922, who suggested that life could have begun from a *"primordial soup"* that was subjected to electric shocks in a violent *"primitive-earth"*, volcanic explosions and thunder in a

Genomics: science that studies organization and functions of genes found in an organism.
Biochemistry: science that studies how reactions of cell components emerged and their relationship with energy use.

bioquímico evolutivo del University College London, intenta responder en su libro *The vital question, La pregunta vital*.

Basándose en resultados experimentales de los últimos años sobre **genómica**, en hallazgos geológicos y en el análisis de algunas de las teorías que han revolucionado a las ciencias biológicas, la obra de Nick Lane nos transporta, de una forma amena y apta para cualquier interesado, por la historia del estudio de la vida a través de nuevos ojos, los ojos de la **Bioquímica evolutiva**.

En este contexto, una de las teorías más destacables es la que propuso el Ruso Aleksandr Oparin en 1922, sugiriendo que la vida pudo haberse

Genómica: ciencia que estudia la organización y función del conjunto de genes de un organismo.

Bioquímica evolutiva: ciencia que estudia como surgieron las reacciones de los compuestos que forman a la célula y su relación con el uso de energía.

formado a partir de un caldo primigenio sujeto a descargas de alta energía en una “Tierra Primitiva” violenta, explosiones

volcánicas y rayos, que poseía una atmósfera reductora, sin oxígeno molecular. En contraste, información reciente basada en la evidencia de rocas llamadas zircones (el mineral más antiguo de la tierra que guarda en su interior parte de la atmosfera de cuando se formó la roca y por ello usado por geólogos para saber la edad de las rocas y la tierra: geocronología), se sabe que en los inicios de nuestro planeta, en lugar de existir un infierno azotado por volcanes y rayos, abundaban los mares tranquilos y una atmósfera con una composición similar a la actual, a excepción de la presencia de oxígeno molecular, el que apareció dos mil años después del origen de la vida, como resultado de la actividad de los primeros organismos fotosintéticos oxigénicos (que producen oxígeno como desecho de la fotosíntesis), hace unos 2.2 billones de años en lo que hoy en día se conoce como “El Gran Evento Oxidativo”.

En concordancia con esta teoría explicando el origen de la vida, otra de las grandes teorías de la biología fue presentada en 1966 en un artículo titulado “Sobre el origen de las células que hacen mitosis” (“On the Origin of Mitosing Cells”), la “Teoría Endosimbótica” por Lynn

reducing atmosphere lacking molecular oxygen. In contrast, recent information is based on the evidence of zircon rocks (the most ancient mineral on earth that keeps within part of the atmosphere when the rock was formed) and thus used by geologists to determine the age of rocks and earth, geochronology). This information shows that at the origin of life instead of a hell lashed by volcanoes and thunder, calm seas abounded and the atmosphere had a similar composition of the current one, except for the lack of molecular oxygen that appeared two billion years after the origin of life, as a result of the first oxygenic photosynthetic-organisms (those that produce oxygen as waste from photosynthesis) in an event now known as “*The Great Oxygenic Event*”.

In agreement to this theory explaining the origin of life, another one of the most important theories in biology was presented in 1966 in an article titled “*On the Origin of Mitosing Cells*”, the “*endosymbiotic theory*” by Lynn Margullis. This theory explains that a gas as reactive as molecular oxygen lead to new relationships



between unicellular organisms, of which **mitochondria** and **chloroplasts** are contemporary examples of prokaryotic organelles of bacterial origin. Those **prokaryotic** organisms benefited from hiding from oxygen by establishing intracellular relationships that gave rise to **eukaryotic cells**. This theory explains that organisms with a nucleus have diversified in an endless number of surprising morphologies, of which oxygen plays the leading role that changed the scenario for the appearance of these actors.

The grand question

proposed by Oparin at

that time was “*How did*

life appear in our planet

or in any other one?” To

answer this question

an abstraction about

what life is needs to be developed. Certain attributes associated with it can be mentioned such as, metabolism, reproduction, homeostasis, inherency under natural selection, among others; nonetheless, a problem related with its complete definition is that life is full of exceptions, and no better example is that viruses (intracellular-infectious agents lacking metabolism and multiplying within cells rely on the metabolism of the infected cell); those particles, as mentioned by Peter Medawer, “*are a piece of bad news wrapped in a protein envelope*” that also needs a suitable environment (host) to be multiplied. So, what characterizes all living forms? Maybe the best attribute is our ability to extract order from our surroundings in exchange of an increase in universe entropy, and thus a constant supply of energy in the form of ATP is needed, which comes from food oxidation in heterotrophic organisms or light in photosynthetics.

Now going back to some vital questions as how life appeared. How was the use of amazing processes as proton motive force (proton motion in mitochondrial membrane to obtain energy in ATP form) possible? Nowadays, it is well known that the origin of life in our planet required a constant supply of energy in the form of organic matter, and it is precisely here where Oparin’s primordial soup fails. Nick Lane proposed

Mitochondria: Subcellular organelles dealing with cell energy.
Chloroplasts: Same task in photosynthetic organisms.
Prokaryotic cells: Without cellular nucleus.
Eukaryotic cells: Organisms with cellular nucleus.

Margulis. La que explica que la presencia de un gas tan reactivo como el oxígeno pudo propiciar el surgimiento de nuevas relaciones entre organismos unicelulares, siendo las **mitocondrias y cloroplastos**, los ejemplos contemporáneos de organelos de origen bacteriano, **procariota**, que huyendo del oxígeno encontraron mayor beneficio formando relaciones intracelulares que dieron lugar a las **células eucariotas**. La teoría explica que a partir de entonces los organismos con núcleo se han diversificado en un sinfín de morfologías sorprendentes, siendo el oxígeno el protagonista que cambió el escenario para la aparición de dichos actores.

La gran pregunta que Oparin propuso entonces fue: ¿cómo surgió la vida en nuestro planeta o en cualquier otro? Y para responderla primero debemos desarrollar una abstracción sobre ¿qué es vida? Podemos mencionar ciertos atributos asociados a ella: metabolismo, reproducción, homeostasis, la inherencia de estar sujeto a la selección natural, entre otros, empero un problema

alkaline hydrothermal vents as potential sites for the origin of the first organisms because they have constant carbon and energy fluxes and compartmentalization (actions occurring in different compartments) with cell shape (the term “cell” derived from it) where organic molecules are accumulated with minerals that potentially acted as **catalyzers** of **prebiotic chemical reactions** (before life started). In other words, alkaline hydrothermal vents are authentic electrochemical reactors that promoted the “onset” of life.

Another evidence that sustains the probable appearance of life in hydrothermal vents is their inherent alkalinity that could have formed a **pH gradient** with an ancient ocean rich in CO_2 , which subsequently gave the first electron transport system, allowing the reduction of inorganic carbon (CO_2) using electrons coming from molecular hydrogen (H_2) and yielding organic matter.

In another chapter, the author explains why Archaea and bacteria differ in biochemical processes but not in morphology because they came from two different ancestral

para su cabal definición es que la vida misma está llena de excepciones, y no existe mejor ejemplo que el de los virus (agentes infecciosos intracelulares que solo puede multiplicarse dentro de las células de los organismos que parasita), aquellas partículas, que, como menciona Peter Medawar “son un pedazo de malas noticias rodeadas por una envoltura protéica”, y que además dependen de un espacio idóneo (hospedero) para multiplicarse. Y al igual que el resto de los organismos necesitan

Mitocondrias: organelos subcelulares responsables del manejo de la energía.
Cloroplastos: en organismos fotosintéticos,
Célula Procariota: organismos unicelulares sin núcleo celular
Célula Eucariota: organismos con núcleo celular

de recursos externos. Entonces ¿qué caracteriza a todas las formas de vida existentes? Posiblemente el mejor atributo es nuestra capacidad de extraer orden de nuestro alrededor a cambio de un aumento de entropía del universo, y es por esta razón que necesitamos un suministro constante de energía en forma de ATP que a su vez se deriva de la oxidación de los compuestos del alimento en organismos heterótrofos o de energía luminosa en fotosintéticos.

Regresando a las preguntas vitales. ¿Cómo surgió la vida? ¿Cómo fue posible el uso de procesos tan maravillosos como la fuerza motriz derivada de protones (movimiento de protones en la membrana de las mitocondrias para producir energía en forma de ATP), para la obtención de energía? En la actualidad se sabe que el origen de la vida en nuestro planeta requirió de un suministro constante de energía en forma de materia orgánica, y es precisamente ahí donde el caldo primigenio de Oparin falla. Nick Lane propone a las ventilas hidrotermales alcalinas como sitios potenciales para la aparición de los primeros organismos, ya que cuentan con un flujo constante de carbono y energía, y compartimentalización (acciones que ocurren en diferentes compartimentos), en forma de celdas (de donde deriva el término célula), donde se acumulan moléculas orgánicas con minerales que potencialmente fungieron como catalizadores, de



populations that evolved independently and eventually merged in endosymbiosis, giving place to eukaryotic cells. However, and even when evidence supporting this idea is available, the problem is not completely resolved because there is a lack of evolutionary intermediary between these two groups to confirm the theory completely.

Nick Lane analyzed human ability critically to make **phylogenetic reconstructions**, using only a gene, even

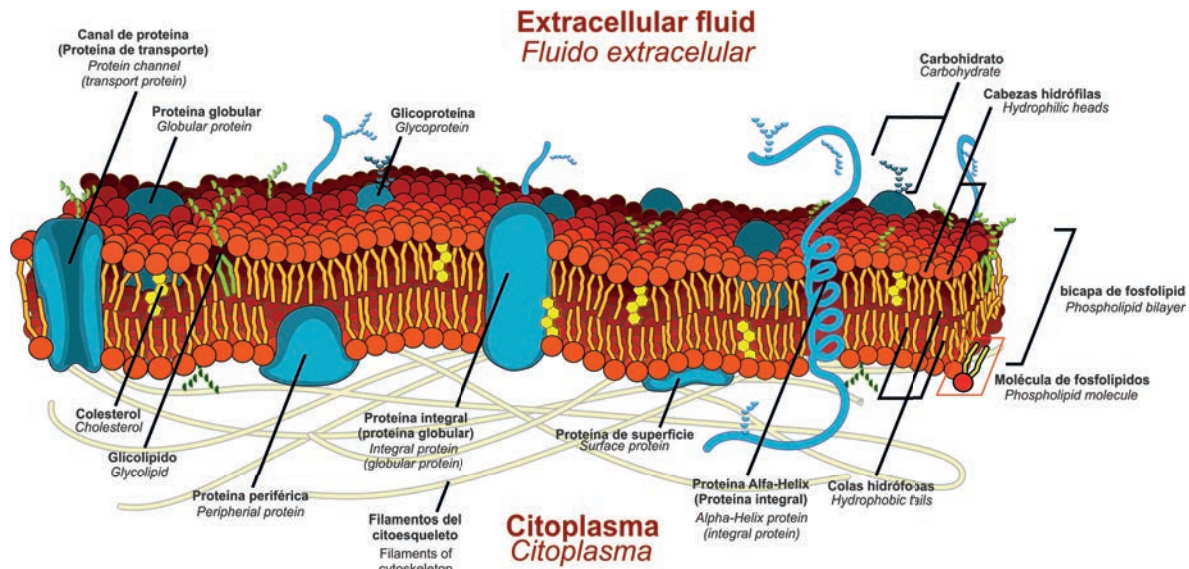


Figura 1. Estructura de las membranas citoplasmáticas (Structure of cytoplasmatic membranes)

those highly conserved as ribosomal (subcellular organelles responsible of protein assembly). Lane criticizes that a unique gene would give a tree that reflects a vertical evolution, which is poorly probable in nature; every organism is subjected to horizontal gene transfer (gene movement between unicellular or/and multicellular organisms, not through vertical transfer from parents to children). Using as example the tree of life coming from ribosomal genes, Eukarya is closer to **Archaea**; nevertheless, if information contained in complete genomes is taken into account, three quarters of some eukaryote genes came from bacteria while only 25% derived from archaea. It is here where humans should consider themselves as a fusion between domains called “lower organisms”.

To conclude, the author describes difficulties that eukaryotes should endure provided they have two genomes: mitochondrial, with bacterial origin, and nuclear. It is known that in some species, as human, errors in genome synchronization can give rise to low fertility and diseases related with dysfunctions in the electron-transport chain. It makes us infer the relevance in energy generation through this

last process involving membranes, and Albert Szent-Györgyi's idea makes sense when he said that “*life is nothing but an electron looking for a place to rest*” (metaphor deriving from the fact that ATP production occurs in cellular

Catalyzers: Chemical reaction promoters

Prebiotic chemical reactions: before life started.

pH gradient: Acidity degree in a chemical solution.

membrane (fig.1), in prokaryotes while in eukaryotes, it happens in mitochondria, a membranous-subcellular organelle, through electron flux).

Archaea: Unicellular organisms lacking nucleus.

Phylogenetic reconstructions: study of origins, formation, and development of organisms.

Nick Lane's books allow us to reflect about the relevance of integrating information from different scientific fields related to biology, showing life science trajectory clearly and easily. Thus, scientists and biological science students should include "The vital question" in their readings, mainly because, quoting Nick Lane and we agree, *"For all its strangeness, this brave new world is genuinely exciting: the ideas, the possibilities, the dawning understanding of our place in this vast universe"*. May the proton-motive force be with you! (Analogy adapted from "Star Wars").

English Edition by D. Dorantes

las reacciones químicas **prebióticas**. En otras palabras, las ventilas hidrotermales alcalinas son auténticos reactores electroquímicos que promovieron la "aparición" de vida.

Otra evidencia que sustenta la probable aparición de la vida en las ventilas hidrotermales es la inherente alcalinidad de estos sitios, que junto con un océano antiguo rico en CO₂ pudieron haber formado un gradiente de **pH**, que posteriormente daría lugar a los primeros sistemas de transporte de electrones, permitiendo la reducción de carbono inorgánico (CO₂) a partir de los electrones aportados por el hidrógeno molecular, H₂, con lo cual se formaría materia orgánica.

En otro capítulo,

el autor explica que **Arqueas**, y Bacterias difieren en procesos bioquímicos pero no en morfología,

gracias a que provienen de dos poblaciones ancestrales distintas que evolucionaron de forma independiente, que eventualmente entraron en endosimbiosis, lo que dio lugar a las células eucariotas. No obstante, y aun cuando se cuenta con evidencias que apuntan a lo anterior, el problema no se encuentra completamente resuelto porque en la actualidad carecemos de intermediarios evolutivos entre estos dos grandes grupos de células que confirmen cabalmente la teoría.

Nick Lane analiza de forma crítica la capacidad humana para realizar **reconstrucciones filogenéticas**, a partir de un solo gen, incluso

aquellos altamente conservados como los de los ribosomas (organelo subcelular responsable del ensamble de proteína). El autor critica que un único marcador molecular daría como resultado un árbol que refleje una evolución vertical, y esto es poco probable en la naturaleza; todo organismo está sujeto a la transferencia horizontal de genes (el movimiento de material genético entre organismos unicelulares y/o

Catalizadores: promotores de reacciones químicas

Prebióticas: que ocurrieron antes de que la vida surgiera.

pH: grado de acidez de una solución química.

Arqueas: Organismos unicelulares sin núcleo y distintos a las bacterias.

Reconstrucciones Filogenéticas:

Estudios del origen, formación y desarrollo evolutivo de los organismos.



pluricelulares, que no es a través de la transmisión vertical, de padres a su descendencia). Usando como ejemplo el árbol de la vida derivado de genes ribosomales, hemos visto que Eukarya se encuentra más cercano a Archaea, sin embargo al tomar en cuenta la información contenida en genomas completos nos damos cuenta de que tres cuartas partes del genoma de muchos eucariotas son derivados de bacterias, mientras que únicamente el 25% posee un origen arqueano. Es aquí donde debemos considerar una fusión entre los dominios conocidos como “organismos inferiores”.

Más tarde y para concluir, el autor describe las dificultades que los eucariotas deben sobrellevar al poseer dos genomas: el mitocondrial, de origen microbiano, y el nuclear, ya que se sabe que en algunas especies, como en el humano, los errores en la sincronización de ambos genomas pueden derivar en una baja fertilidad y en enfermedades relacionadas con disfuncionalidades en la cadena de transporte de electrones. Esto nos permite inferir la importancia de la generación de energía a través de dicho proceso que involucre

membranas, y le da sentido a la idea de Albert Szent-Györgyi, quien mencionó que la vida no es más que un electrón buscando un sitio para descansar (metáfora derivada de que la producción de ATP en procariotas ocurre en la membrana celular (fig. 1), y en eucariotas en las mitocondrias, organelo subcelular membranoso, por flujo de electrones).

El libro de Nick Lane nos permite reflexionar acerca de la relevancia de integrar información

de distintos campos científicos relacionados con la biología, y muestra de forma clara y comprensible la trayectoria de las ciencias de la vida, dando pauta a las investigaciones futuras. Por lo anterior, es recomendable que científicos adentrados y estudiantes de ciencias biológicas consideren la inclusión del libro “The vital question” en su lectura, sobre todo

porque, citando textualmente a Nick Lane, y con quien coincidimos “For all its strangeness, this brave new world is genuinely exciting: the ideas, the possibilities, the dawning

understanding of our place in this vast universe” (“A pesar de su extrañeza, este nuevo mundo es genuinamente excitante: las ideas, las posibilidades, la comprensión de nuestro lugar en este vasto universo”).

May the proton-motive force be with you! (analogía derivada de la película “Star wars” “que la fuerza te acompañe”: “que la fuerza de protones en movimiento te acompañe”



Lane Nick. 2015. *The Vital Question: Energy, Evolution, and the Origins of Complex Life*. W.W. Norton & Co. New York. London. 368 pages.