



Universidad del sureste

Bioquímica

**Medico a cargo de la materia: José Miguel Culebro
Ricaldi**

Teoría endosimbiótica de Lynn Margulis

Alumno: Noé Agustín Nájera Zambrano

Medicina humana

La endosimbiosis seriada (Serial Endosymbiosis Theory) o teoría endosimbiótica describe la aparición de las células eucariotas o eucariogénesis como consecuencia de la sucesiva incorporación simbiogénica de diferentes bacterias de vida libre (procariotas); tres incorporaciones en el caso de las células animales y de hongos, y cuatro en el caso de las células vegetales.

El proceso de endosimbiosis seriada fue propuesto por Lynn Margulis en diferentes artículos y libros: *On the origin of mitosing cells* (1967), *Origins of Eukaryotic Cells* (1975) y *Symbiosis in Cell Evolution* (1981), llegando a conocer por el acrónimo inglés SET (Serial Endosymbiosis Theory). En la actualidad se acepta que las células eucariotas surgieron como consecuencia de los procesos simbiogénicos descritos por Margulis, una vez ha quedado demostrado el origen simbiogénico de las mitocondrias y los cloroplastos de los eucariontes.

Lynn Margulis publicó un artículo en *The Biological Bulletin* en el que igualmente postuló la posible incorporación simbiótica de una espiroqueta para formar los flagelos y cilios de los eucariontes, único paso sobre el que, al día de hoy, existen discrepancias. La teoría de la endosimbiosis seriada no debe ser confundida con su posterior Teoría simbiogénica; la cual no es apoyada por la comunidad científica.

La actual teoría de la endosimbiosis seriada, acepta tres de cuatro pasos propuestos por Lynn Margulis, y describe el paso de las células procariotas (eubacterias o arqueas, no nucleadas) a las células eucariotas (células nucleadas constituyentes de todos los pluricelulares) mediante incorporaciones simbiogénicas.

La teoría de la Endosimbiosis seriada describe este paso en una serie de tres incorporaciones mediante las cuales, por la unión simbiogénica de bacterias, se originaron las células que conforman a los individuos de los otros cuatro reinos (protistas, animales, hongos y plantas).

Hace unos 2000 millones de años, en el periodo orosírico (2050 a 1800 millones de años ha) cuando según estimaciones moderadas surgieron las células eucariotas (el *Grypania* es datado entre 1850 y 2100 millones de años y el fósil más antiguo confirmado como eucariota, el *Shuiyousphaeridium macroreticulatum* de Ruyang, China, data de ~1600–1800 millones de años,¹⁷ pero no parece razonable esperar que hayamos hallado fosilizados precisamente los eucariotas iniciales y, además, la presencia de esteranos —que son biomarcadores con núcleo de ciclopentanoperhidrofenantreno— en esquistos bituminosos australianos sugieren que los eucariotas, o su grupo troncal, ya estaban presentes en los sedimentos que compusieron esos esquistos hace 2700 millones de años, la vida la componían multitud de bacterias diferentes, adaptadas a los diferentes medios. Lynn Margulis destacó también, la que debió ser una alta

capacidad de adaptación de estas bacterias al cambiante e inestable ambiente de la Tierra en aquella época. Hoy se conocen más de veinte metabolismos diferentes usados por las bacterias frente a los dos utilizados por los pluricelulares: el aeróbico, que usa el oxígeno como fuente de energía –único metabolismo utilizado por los animales– y la fotosíntesis –presente en las plantas–. Para Lynn Margulis, tal variedad revela las dificultades a las que las bacterias se tuvieron que enfrentar y su capacidad para aportar soluciones a esas dificultades.

Primera incorporación simbiogénica

Una bacteria consumidora de azufre, que utilizaba el azufre y el calor como fuente de energía (arquea fermentadora o termoacidófila), se habría fusionado con una bacteria nadadora (espiroqueta) habiendo pasado a formar un nuevo organismo y sumaría sus características iniciales de forma sinérgica (en la que el resultado de la incorporación de dos o más unidades adquiere mayor valor que la suma de sus componentes). El resultado sería el primer eucarionte (unicelular eucariota) y ancestro único de todos los pluricelulares. El nucleoplasma y flagelo de las células de animales, plantas y hongos sería el resultado de la unión de estas dos bacterias.

A las características iniciales de ambas células se le sumaría una nueva morfología más compleja con una nueva y llamativa resistencia al intercambio genético horizontal. El ADN quedaría confinado en un núcleo interno separado del resto de la célula por una membrana.

Discrepancias y teorías alternativas de esta etapa

Sobre este primer paso, al día de hoy, aun existen discrepancias en cómo sucedió (según la hipótesis de Margulis), y no existe consenso científico por la comunidad científica. A finales de los años ochenta y principio de los noventa diversos trabajos no admitían las homologías propuestas entre los flagelos de los eucariontes y de las espiroquetas. Margulis defiende que las asociaciones entre espiroquetas y protistas apoyan su teoría, y "la comparación de genes y genomas arqueobacterianos con secuencias de eucariontes han demostrado la relación filogenética de ambos grupos". No obstante, desde su formulación por Margulis, han surgido innumerables interrogantes y nuevas teorías sobre como sucedió esta etapa. Margulis admitió que este es el punto de su teoría con más dificultades para defenderse y Antonio Lazcano, en 2002, previene que para comprender el origen de este primer paso, se acepte o no su origen simbiogénico, "es indispensable secuenciar no sólo los genomas de una gama representativa de protistas sino también reconocer la importancia del estudio de la biología de estos organismos".

Ya en los años 20 surgió, como alternativa al origen simbiogénico de este primer paso, la hipótesis de que éste se hubiese producido mediante invaginaciones, propuesta que no contradice el paradigma neodarwiniano y que, aún hoy, se considera plausible por amplios sectores del mundo académico.

Recurrentemente se han propuesto diferentes hipótesis, también simbiogénicas, en las que el propio núcleo sería resultado de la incorporación de otro simbiote,

como en el caso de las mitocondrias y los cloroplastos. Incluso actualmente se ha propuesto para la formación del núcleo una endosimbiosis de una célula con un virus (teoría de la eucariogénesis viral).

Segunda incorporación simbiogenética

Se postula que existía un organismo con núcleo que todavía era anaeróbico, incapaz de metabolizar el oxígeno, ya que este gas suponía un veneno para él, por lo que viviría en medios donde este oxígeno, cada vez más presente, fuese escaso. En este punto, una nueva incorporación dotaría a este primigenio eucarionte de la capacidad para metabolizar oxígeno. Este nuevo endosimbionte, originariamente bacteria respiradora de oxígeno de vida libre, se convertiría en las actuales mitocondrias y peroxisomas presentes en las células eucariotas de los pluricelulares, posibilitando su éxito en un medio rico en oxígeno como ha llegado a convertirse el planeta Tierra. Los animales y hongos somos el resultado de esta incorporación.

Tercera incorporación simbiogenética

Esta tercera incorporación originó el Reino vegetal, las recientemente adquiridas células respiradoras de oxígeno fagocitarían bacterias fotosintéticas y algunas de ellas, haciéndose resistentes, pasarían a formar parte del organismo, originando a su vez un nuevo organismo capaz de sintetizar la energía procedente del Sol. Estos nuevos pluricelulares, las plantas, con su éxito, contribuyeron y contribuyen al éxito de animales y proceritotas.

En la actualidad permanecen las bacterias descendientes de aquellas que debieron, por incorporación, originar las células eucariotas; así como aquellos protistas que no participaron en alguna de las sucesivas incorporaciones.