

# Nuevas pistas sobre el origen de la vida desde el punto de vista químico

**Tratando de imitar los complejos sistemas biológicos, se han logrado desarrollar estructuras supramoleculares con diferentes dominios, similares a los que se encuentran en las células. Su formación se logra a partir del “reconocimiento” mutuo entre moléculas de aquellas partes que presentan la posibilidad de formar interacciones similares. Este proceso se conoce como autoclasificación y es el primer paso para la síntesis de vida artificial y hacia el conocimiento del origen de la vida.**

Manuel Tomita Tasato

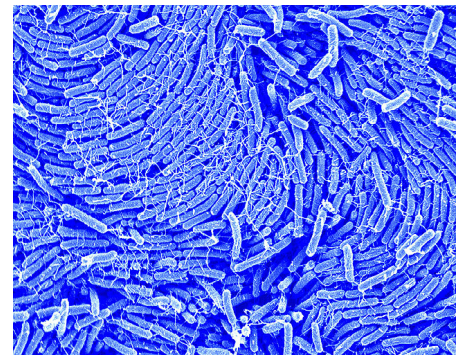
La química que realiza la naturaleza es, hasta hoy, bastante desconocida e impredecible. Actualmente, uno de los más grandes misterios de la Química continua siendo la aparición de la vida. Recientemente, sin embargo, se han hecho avances importantes acerca de este tema. Por ejemplo, uno de los últimos trabajos realizados por Gibson y col.<sup>1</sup> es el de la creación de una bacteria sintética, la cual puede crecer y reproducirse como una bacteria, completamente natural.

Esta forma de vida artificial ha incentivado el desarrollo de otros proyectos, como el del reciente Premio Nobel de Medicina de 2009, Jack Szostak, de la Escuela de Medicina de Harvard en Estados Unidos. Este proyecto busca conseguir una célula que pueda reproducirse a si misma a través de un ciclo de reacciones químicas automantenidas.<sup>2</sup>

A pesar de la poca información acerca de la aparición de la vida, se sabe que uno de los prerrequisitos es la organización de complejas funciones biológicas en diferentes regiones en el espacio y a determinados tiempos. La perfecta armonía entre estos dos factores es esencial para el funcionamiento de la vida.

Si bien es cierto que todavía no se entiende la manera en la que las moléculas pequeñas se autoensamblan para formar estructuras compartimentadas, los químicos han empezado a revelar las reglas que rigen este diseño.

Se ha demostrado que, mientras los surfactantes y los lípidos se unen para formar micelas y vesículas que se integran



La micrografía muestra un cluster de bacterias *E. Coli*. La reciente creación de una bacteria de forma artificial (véase referencia 1) ha provocado un aumento de las investigaciones químicas para conocer cómo es que las moléculas se ensamban y dan origen a la vida. [Foto: Eric Erbe (USDA Agricultural Research Service)]

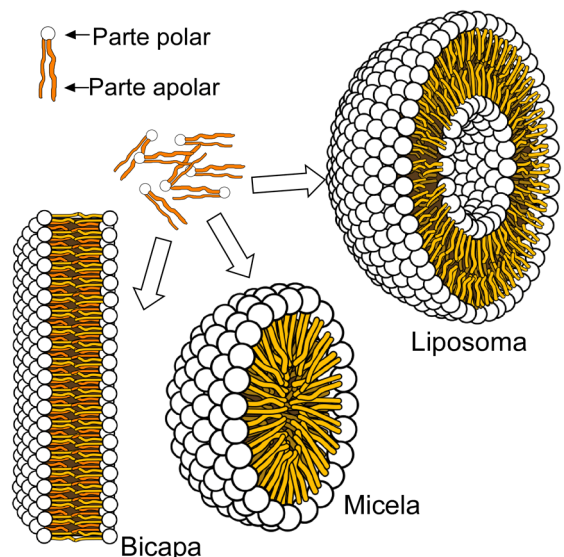


Figura 1. Bicapas, micelas y liposomas formados en una disolución acuosa a partir de la integración de moléculas con dos zonas de polaridad diferente (ácidos grasos, fosfolípidos, etc.). En algunas de estas situaciones, como es el caso de la formación de los liposomas y las bicapas, se da lugar a entidades cerradas que pueden separar dos entornos diferentes. Las membranas celulares humanas y las de las bacterias, por ejemplo, están formadas por agrupación de biomoléculas siguiendo este principio. (Imagen adaptada de la original de M.R.V., Wikimedia Commons)

en un solo compartimento (sea este hidrofóbico o acuoso, como se ve en la figura 1), cierta mezcla de polímeros se autoensamblan para formar arquitecturas supramoleculares con compartimentos hidrofóbicos y acuosos.<sup>3</sup> Cuando estos polímeros se están ensambando, se forman micro o macrodominios, debido a la agregación de regiones químicamente similares. Esto es favorable, termodinámicamente hablando, debido a la pequeña entropía de mezcla.

1. Gibson D. y col. *Science*. 2010, 329 (5987) 52-56  
 2. Se recomienda visitar su página web en la siguiente dirección: <http://exploringorigins.org/> (acceso mayo de 2012)  
 3. Li Z. y col. *Science*. 2004, 306, 98-101.

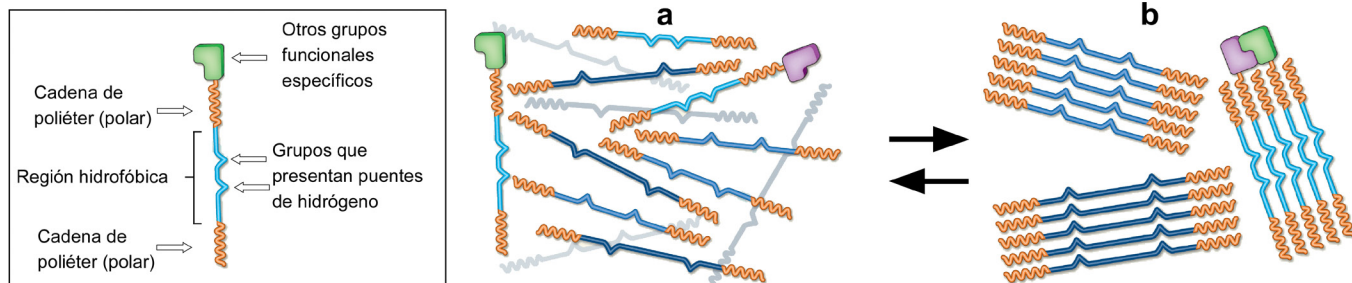


Figura 3: Se muestra el proceso de agrupación de anfifilos (moléculas formadas por regiones hidrofóbicas e hidrofílicas) cuando éstos son mezclados en agua. Se observa que solo se unen entre sí aquellos que tienen afinidad entre regiones y con la misma distancia entre sus grupos formadores de puentes de hidrógeno. (Adapted by permission from Macmillan Publishers Ltd: Nature. 2010, Vol 466, pp 193-194. © 2010).

En investigaciones recientes, realizadas por Pal y colaboradores, se ha logrado utilizar pequeñas moléculas con partes hidrofóbicas e hidrofílicas (anfifilos) que no se integran en un solo compartimento sino que se agregan en agua con diferentes dominios hidrofóbicos, iguales a los que se puede encontrar en las células.<sup>4</sup>

Para la obtención de dichos agregados se utilizaron los anfifilos UnU, Py-UnU y DMA-UnU2 (ver figura 2). La formación de los agregados se da por un proceso conocido como autoclasificación, en el cual un polímero, en este caso un anfifilo, puede diferenciarse de los otros para unirse con aquellos que son iguales a él para formar el agregado. Asimismo, este no solo diferencia la identidad de los otros anfifilos, sino también las distintas interacciones supramoleculares que puede formar. Entonces, además de unirse con sus similares, puede formar agregados con aquellos que presenten las mismas interacciones que él.

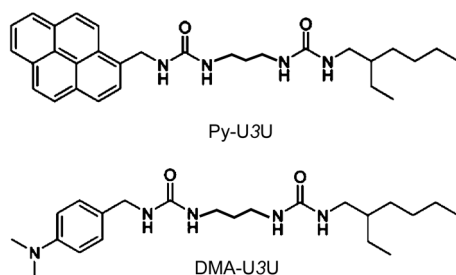


Figura 2. Dos de los anfifilos usados en el trabajo de Pal y col. Ref. 4.

Estos anfifilos, moléculas que poseen propiedades hidrofílicas y lipofílicas, presentan una región hidrofóbica cuyos extremos contienen cadenas de poliéteres. En el centro de la región hidrofóbica se tienen dos grupos que pueden formar puentes de hidrógeno (Figura 2). De ese modo, al momento de formar los agregados, estos presentan una combinación de interacciones, tanto hidrofóbicas como puentes de hidrógeno.

Se ha observado que el grado de agregación se puede controlar cambiando las distancias entre los grupos que forman los puentes de hidrógeno. Cuando se mezclan dos o tres análogos diferentes de estos anfifilos, cuya distancia entre grupos que forman los puentes es la misma, los análogos se ensamblan

con otros iguales a ellos para formar diferentes dominios (figura 3). Además, es posible que estos dominios pertenezcan a un mismo agregado.

La formación de diferentes dominios no solo se puede lograr a partir de interacciones de puente de hidrógeno, sino también por medio de otras interacciones intermoleculares como el apilamiento  $\pi$  (" $\pi$ -stacking") o interacciones iónicas.

La aplicación de estos agregados compartimentalizados tiene un gran potencial en la catálisis por compartimentación. Las moléculas de una mezcla podrían dirigirse de manera selectiva a los distintos dominios del agregado, con lo cual se podría lograr diversas reacciones en los dominios coexistentes. Por otro lado, el método por el cual los anfifilos se autoensamblan puede utilizarse para la fabricación de nuevas arquitecturas supramoleculares tal como la producida por Nitschke y col.<sup>5</sup> En este caso, una molécula de fósforo blanco es introducida en un hueco hidrofóbico de su estructura, lo cual lo vuelve estable al aire y soluble en agua.

La creación de esta y otras nuevas arquitecturas supramoleculares es el siguiente paso hacia la imitación de los complejos sistemas biológicos y abre las puertas hacia un entendimiento más profundo y real de la aparición de la vida.

### Bibliografía esencial

Gibson D., Glass J., Lartigue C., Noskov V., Chuang R., Algire M., Benders G., Montague M., Ma L., Moodie M., Merryman C., Vashee S., Krishnakumar R., Assad-Garcia N., Andrews-Pfannkoch C., Denisova E., Young L., Qi Z., Segall-Shapiro T., Calvey C., Parmar P., Hutchison C., Smith H., Venter J. "Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome". *Science*. 2010, 329 (5987), 52-56.

Pal A., Karthikeyan S., Sijbesma R. P. "Coexisting Hydrophobic Compartments through Self-Sorting in Rod-like Micelles of Bisurea Bolaamphiphiles". *R. P. J. Am. Chem. Soc.* 2010, 132, 7842-7843.

Esch J. H. "More than the sum of its parts"; *Nature*. 2010, 466, 193-194.

4. Pal A., Karthikeyan S., Sijbesma R. P. *J. Am. Chem. Soc.* 2010, 132, 7842-43.

5. Nitschke J. y col, *Science*. 2009, 324, 1697-1699.