

La mancha de petróleo y la membrana celular

El reciente derrame de petróleo provocado por el hundimiento de una plataforma petrolera británica en el Golfo de México produjo numerosas víctimas y ocasionará daños considerables en el ecosistema y en la economía de la región¹. Sus efectos tóxicos y físicos sumados a la barrera que representa para el intercambio gaseoso y la penetración de los rayos solares en el agua son ingredientes para una saga calamitosa de final abierto. Si bien la degradación del petróleo y sus derivados es un proceso natural con la intervención de microorganismos, esto es muy lento por la complejidad molecular de sus compuestos y todo indica que su acumulación en la biosfera va en aumento².

Desde el día del accidente la mancha oleosa se extendió como una garra gigantesca por el mar abarcando una superficie dos veces la de la isla de Jamaica. Una pequeña cantidad de aceite se extiende por una gran superficie y esta es la razón para la nota que resume una historia de 2000 años en un naturalista y militar romano del siglo I, un hombre público y científico norteamericano del siglo XVIII e investigadores del siglo XIX y XX, cautivados como nosotros por la aparente inverosimilitud del hecho. Plinio el Viejo (23-79) ordenó redactar todo lo que consideraba maravillas del mundo, recopilando datos y curiosidades mencionadas por griegos y romanos. Entre las notas del libro II de su Historia Natural, advirtió que los marineros vertían aceite en el mar para aquietar las aguas turbulentas; esto era aprovechado por los nadadores que para esto debían llenarse la boca con aceite para escupirlo de ser necesario³.

Benjamín Franklin (EE.UU., 1706-90)^{4, 5}, prócer de la independencia de los EE.UU., científico e inventor del pararrayos, se había percatado que algunos navíos no se movían por la acción del viento. Al preguntarle la razón de esto al capitán de un barco, obtuvo como respuesta que el responsable era el cocinero que arrojaba por la borda líquidos grasientos. Franklin se acordó de los escritos de Plinio y curioso como era decidió investigar el tema. En 1757, siendo embajador en Gran Bretaña por el estado de Pensilvania, vertió aceite en el lago Clapham, en North Yorkshire y estimó la superficie de la mancha, no por la visualización de la misma, que era imposible, sino por su efecto aquietante del agua. Incluso especuló con la utilización del aceite para evitar los naufragios. En 1774 la *Royal Society* publicó un artículo –ahora digitalizado– sobre “el arte de calmar las aguas” como llamaban al fenómeno, basado en la correspondencia entre Franklin y dos interesados en el tema: el Dr. W. Brownrigg y el reverendo Farish^{6, 7}.

Conociendo el volumen de aceite vertido y la superficie de la mancha, 2 ml de aceite que cubrieron medio acre, unos 2000 metros cuadrados, Franklin hubiese podido conocer su espesor por medio de una simple operación aritmética. Por alguna razón no lo hizo, sólo destacó la extraordinaria delgadez de la capa que permitía descomponer la luz en su espectro de colores. De haberla calculado hubiese obtenido un valor de pocos Angströms, la dimensión de una molécula, idea que ya se asociaba a la unidad de materia que retenía las propiedades de una sustancia química. (Si se divide un centímetro en 100 millones de partes, cada una de ellas es un Angström). Recién en 1890 Lord Raleigh (Gran Bretaña, 1842-1919) replicó el experimento en un laboratorio y calculó el espesor de la capa de aceite. El resultado del cálculo es fascinante porque la extensión sobre el agua que alcanza una cucharadita de aceite es una de las mejores indicaciones directas del tamaño de una molécula.

Los triglicéridos (trioleína) del aceite tienen un polo hidrofílico y otro hidrofóbico y determinan su orientación en el medio ambiente. En la interfase agua-aire, la del lago, el extremo hidrofílico se orienta hacia el agua y el hidrofóbico hacia el aire, esto es una capa con el espesor de una molécula, permi-

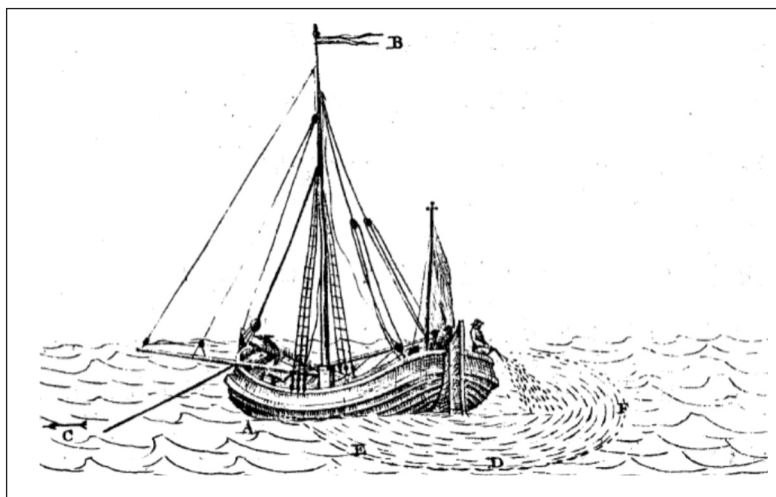


Fig. 1.- Ilustración del siglo XVIII mostrando el momento en que un marino en el Mar del Norte arroja por la borda de un navío holandés aceite de ballena para verificar su efecto sobre el agua. Del libro de F. van Lelyveld (Holanda, 1740-1785) disponible en el artículo de Joost Merten que citamos⁴.

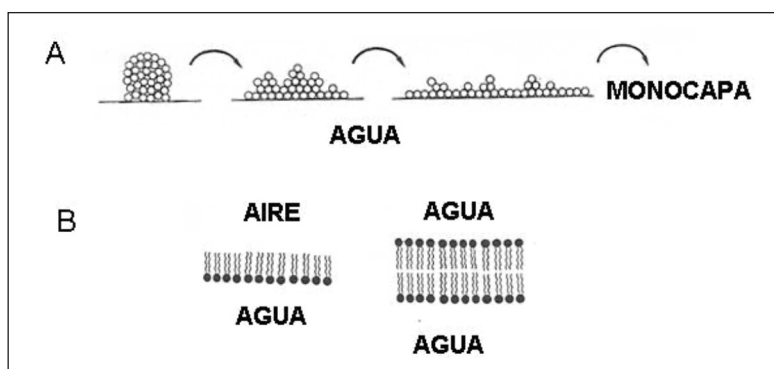


Fig. 2.- Moléculas que componen el aceite sobre una superficie acuosa hasta llegar a una monocapa (A). Disposición de los extremos hidrofílicos (círculos llenos) e hidrofóbicos en interfases agua-aire y agua-agua (B). Modificado de Tanford⁶.

tiendo que el líquido se extienda en una gran superficie, tanto al pequeño volumen de aceite de oliva que Franklin portaba en el hueco de un bastón de médico como a los millones de litros de petróleo que se escapan del agujero en la tierra contaminando el Golfo de México y las costas de varios países. El aceite aquieta las aguas no por sus propiedades lubricantes como sugirió Franklin, sino que es debido a cambios en la elasticidad de la capa que permiten aminorar la energía del viento en su contacto con el agua, previniendo la deformación de la cresta de la onda⁸.

En una interfase agua-agua, las moléculas que componen el aceite se ven obligadas a formar una doble capa por el antagonismo simultáneo de los extremos hidrofílicos e hidrofóbicos respecto al agua: el resultado es una bicapa lipídica mantenida por la presión que ejerce el agua sobre esas dos mitades. Si las interfases acuosas están representadas por los líquidos extracelular y el intracelular se consigue la bicapa lipídica, la estructura básica de la membrana celular. El experimento que lo demuestra fue realizado en 1925 en el laboratorio de Evert Gorter, reconocido pediatra e investigador de los fenómenos físicos y químicos de superficie (Holanda, 1881-1954) al concluir que la superficie de los lípidos

extraídos de células de mamíferos- como si fuesen dispuestos en una monocapa- era dos veces mayor que la superficie de las células; la doble capa lipídica fue la explicación más simple, razonamiento fiel al Principio de la Parsimonia o de La Navaja de Ockham⁹. En sus palabras:

- "It is clear that all our results fit in well with the supposition that the chromocytes [eritrocitos] are covered by a layer of fatty substances that is two molecules thick".

El trabajo, paradigma por su exposición, prueba de una hipótesis y síntesis, fue dejado de lado y sólo admirado muchos años después y disponible ahora en la internet. En 1960 JD Robertson (EE.UU., 1923-1995)¹⁰ demostró por medio del microscopio electrónico la estructura bilipídica de la membrana celular y que muchos conocimos en el clásico texto de De Robertis-Nowinski-Sáez. Lo demás es historia mejor conocida.

Basilio A. Kotsias

Laboratorio de Canales Iónicos

Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari

Universidad de Buenos Aires

e-mail: kotsias@retina.ar

1. La Nación, 27 de abril, 2010. Obama responsabilizó a BP por el derrame de petróleo. www.lanacion.com.ar
2. Seo JS, Keum YS, Li QX. Bacterial degradation of aromatic compounds. *Int J Environ Res Public Health* 2009; 6: 278-309.
3. Pliny. Natural History. Book II. The Loeb Classical Library. 1967. En: http://www.archive.org/stream/naturalhistory01plinuoft/naturalhistory01plinuoft_djvu.txt; consultado el 21 de mayo, 2010.
4. Merten J. The honour of Dutch seamen: Benjamin Franklin's theory of oil on troubled waters En: http://www.benfranklin300.org/_etc_pdf/Dutch_Joost_Mertens.pdf consultado el 12 de mayo, 2010.
5. Larrán De Vere A. Franklin. Biblioteca Billiken, Buenos Aires, Editorial Atlántida, 1945.
6. Tanford Ch. Ben Franklin stilled the waves. NY, Oxford University Press, 2004.
7. Franklin B. Of the stilling of waves by means of oil. *Philosophical Transactions* 1774; 64: 445-60.
8. Behrooz P, Cordray K, Griffin W, Behrooz F. The calming effect of oil on water. *Am J Phys* 2007; 75: 407-15.
9. Gorter, E. Grendel F. On bimolecular layers of lipoids on the chromocytes of the blood. *J Exper Med* 41: 439-43, 1925.
10. Robertson JD. The molecular structure and contact relationships of cell membranes. *Prog Biophys Biophys Chem* 1960; 10: 343-418.

Oh memoria, enemiga mortal de mi descanso.

Miguel de Cervantes

Don Quijote de la Mancha. Madrid: Real Academia Española (Edición del IV Centenario), 2004; p 269