

## El premio IG NOBEL de QUÍMICA 2010

*Aunque nunca nos lo enseñaron así ...*

# El agua y el petróleo sí forman mezclas homogéneas



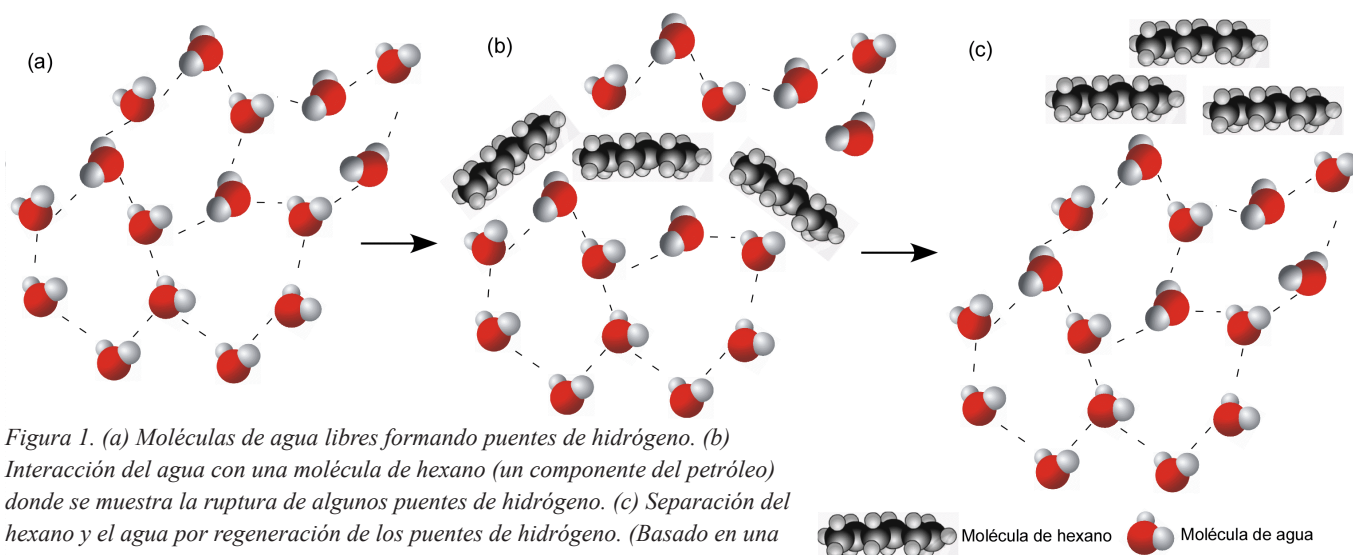
El Ig Nobel es un premio que entrega desde 1991 la revista “Annals of Improbable Research” junto con la Universidad de Harvard, y está dedicado a “celebrar lo inusual, honrar lo imaginativo y estimular el interés público en la ciencia, tecnología, medicina y otras áreas”, en palabras de sus creadores (<http://improbable.com/ig>). Por medio de premiaciones a investigaciones como: “Perfeccionar un método para recoger mocos de las ballenas mediante un helicóptero de radio control” (Ig Nobel de Ingeniería, 2010) o “Determinar experimentalmente que los microbios tienden a pegarse a los científicos con barba” (Ig Nobel de Salud Pública, 2010) se busca hacer a las personas reír y, luego, pensar.

Brenda D’Acunha Sandoval\*

El agua y el petróleo no se mezclan, al menos, eso es lo que todos hemos aprendido en algún momento de nuestra vida. Sin embargo, Eric Adams (Massachusetts Institute of Technology, MIT), Stephen Matsutani (University of Hawaii) y Scott Socolofsky (Texas A&M University), en colaboración con la compañía BP (British Petroleum), desacreditaron esta teoría en 2004 al demostrar que era posible lograr una mezcla homogénea entre agua y petróleo. Con ello, ganaron el premio Ig Nobel de Química de este año. ¿Cómo se consiguió esto? Conozcamos un poco más las moléculas involucradas para poder

entenderlo.

Lo cierto es que el agua tiene una estructura bastante particular, la cual la convierte en una molécula muy polar. Cada molécula de agua puede formar puentes de hidrógeno (que son fuerzas atractivas) con otras moléculas de agua, de manera que se forma una especie de red (Figura 1a). Por otra parte, el petróleo consiste en un conjunto de compuestos formados, en su mayoría, por átomos de hidrógeno y carbono (como el hexano de la Figura 1). Estos compuestos tienen fuerzas de interacción diferentes al agua (son mayormente apolares), por lo que no se



mezclan de manera homogénea con ella (ya sabemos que el petróleo siempre acaba flotando sobre el agua).

Cuando agitamos una mezcla de agua y hexano, sin embargo, se rompen algunos puentes de hidrógeno (Figura 1 b). Pero este es un efecto pasajero: luego de un pequeño tiempo los puentes de hidrógeno se vuelven a formar y la molécula de aceite es empujada, en este caso, hacia la superficie, pues el hexano es menos denso que el agua (Figura 1c).

Entonces, ¿cómo lograron estos investigadores mezclar sustancias, en principio, inmiscibles? Los galardonados trabajaron con un vertido de petróleo experimental llevado a cabo por SINTEF, una institución noruega dedicada a la investigación de nuevas tecnologías para el amortiguamiento de los problemas ambientales. En estas pruebas, 120 metros cúbicos de petróleo crudo (750 barriles), mezclados con 18 metros cúbicos de gas natural licuado, se liberaron a unos 840 metros de profundidad bajo condiciones estrictas de seguridad. En la figura 2 es posible observar cómo se realizó la liberación del petróleo y el gas al océano.

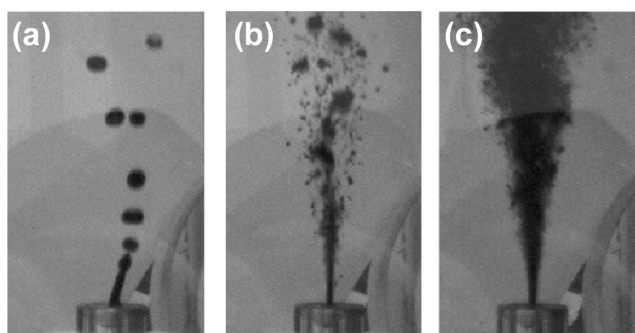


Figura 2. Tres instantáneas que muestran el proceso de liberación del petróleo utilizando jets. Se aumentó la velocidad de izquierda a derecha. Inicialmente, se observa que se producen solo gotas de petróleo. A velocidades superiores, se obtiene un “penacho” o “pluma” de petróleo. (Tomada de Adams, E. y col., 2004)

Como se observa en la imagen, la mezcla de petróleo y el gas liberados al océano en flujos grandes formarán una “pluma” en el agua que aumentará a medida que aumente la velocidad. Al ascender, el aceite puede separarse de la “pluma” debido a efectos de alguna corriente del ambiente y/o a la estratificación del ambiente, de manera que se formarán gotas individuales y difusas de aceite en el agua.

A una presión lo suficientemente elevada, o a bajas temperaturas, como las que ocurren en el mar por debajo de los 500 m de profundidad, las gotas de aceite y las burbujas del gas pueden rodearse de varias moléculas de agua, formar complejos llamados hidratos y así solubilizarse. Los hidratos de gas son complejos moleculares con una estructura similar al hielo cristalino. Éstos se forman al mezclar el agua con moléculas de gas de un tamaño que les permita insertarse en los intersticios formados por los puentes de hidrógeno del agua (que forman una especie de jaula a su alrededor). En la figura 3 se muestra la estructura de un hidrato de gas formado por una molécula de metano y agua.

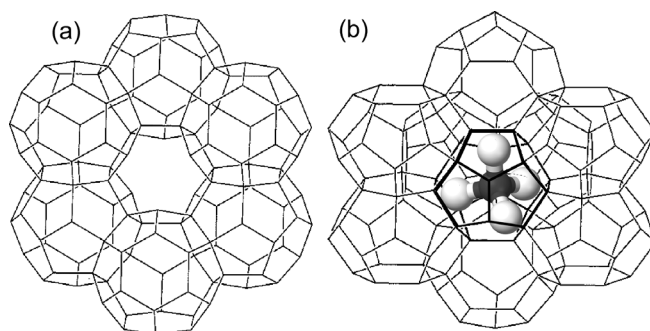


Figura 3. (a) Estructura poliédrica esquemática de un hidrato de gas. Cada vértice del poliedro es una molécula de agua. (b) ejemplo de otro hidrato donde la molécula central sería una de metano. Estas estructuras han sido establecidas a partir de difracción de rayos X en muestras sólidas. (a) tomada de M.T. Kirchner y col. J. Am. Chem. Soc., 2004.126. 9407-9412. reproducida con permiso, © American Chemical Society.

Así, dependiendo del tamaño de estas partículas, se producirá la separación o la disolución. Las partículas muy grandes de aceite formarán los hidratos de gas antes mencionados y se estratificarán según su densidad. Sin embargo, las partículas pequeñas se disolverán en el agua, con lo cual se desmiente la antigua creencia.

Este procedimiento se monitorizó con diversos instrumentos, incluso con vehículos de control remoto. Los resultados demostraron lo que Adams y Socolofsky habían comprobado en el laboratorio: que la mayor parte del aceite se mezcló con el agua de mar y se estratificó en capas horizontales de la misma densidad por acción de las diferentes presiones submarinas. Al final del experimento, todo el aceite se dispersó y evaporó de forma natural, de manera que no causó ningún daño al ambiente en el que se trabajó.

## Estudiaban derrames de petróleo en las profundidades del océano

¿Qué es lo que se buscaba estudiar en el proyecto? En realidad, el objetivo del proyecto no era, ni mucho menos, estudiar si el agua y el petróleo se mezclan. La idea principal era confirmar unas simulaciones ya existentes de lo que ocurriría con el petróleo en el caso de que hubiera un derrame accidental o una ruptura de un oleoducto como los que se encuentran en las profundidades oceánicas. Durante el proceso experimental, se descubrió que las moléculas de petróleo que salen a presión por un orificio de un oleoducto con una fisura no suben a la superficie como esperamos en un derrame clásico (por ejemplo la rotura de un tanque de un petrolero, Figura 4), sino que forman unos conglomerados de tipo hidrato con el agua que, por efecto de las corrientes de la profundidad del océano y de las presiones existentes, se acaban distribuyendo en distintas capas subacuáticas.

De esta manera, al no ascender el petróleo a la superficie, parece que los derrames que se producen en las profundidades oceánicas son menos nocivos que los que se producen

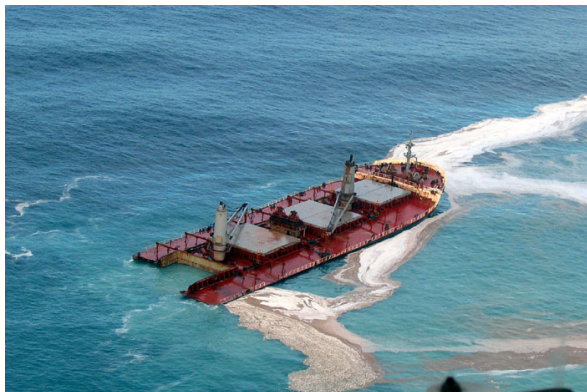


Figura 4. Derrame de petróleo procedente del barco Selendang en las islas Aleutianas de Alaska (EE.UU.): en 2004. Se puede observar la clásica mancha superficial del petróleo flotando sobre el agua del mar. [foto: U.S. Fish and Wildlife Service: National Digital Library (EEUU)].

en la superficie. Además, como el petróleo no sube, no daña a las aves y especies acuáticas que se mueven por la superficie. Asimismo, al dispersarse en las profundidades, los organismos subacuáticos parece que tienen más posibilidad de ir degradando el petróleo formado.

### Bibliografía esencial

Adams, E., Socolofsky, S., Matsutani, S. "Review of deep oil spill modeling activity supported by the deep spill JIP and offshore operator's committee". Final Report. Bureau of Ocean Energy Management. February, 2005.

Englezos, P. "Clathrate hydrates". *Ind. Eng. Chem. Res.*, **1993**, 32 (7), 1251-1274

De la Biblioteca de la PUCP quizá pueda serle de interés:

Helweg, O.J. "Effects of hydrocarbon spills from an oil pipeline break on ground water". NCEER report 93-0012: Buffalo (NY), 1993.

Página web de interés:

Heriot Watt Institute of Petroleum Engineering: [http://www.pet.hw.ac.uk/research/hydrate/hydrates\\_what.cfm](http://www.pet.hw.ac.uk/research/hydrate/hydrates_what.cfm) (acceso abril 2012)

\* Brenda es estudiante de la especialidad de Química en la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la PUCP. (e-mail: [bdacunha@pucp.pe](mailto:bdacunha@pucp.pe))

## Cuando el petróleo flota... Loreto sufre: derrames durante 2010

### Julio, río Marañón

El sábado 19 de julio se produjo un derrame de unos 350 barriles de petróleo en las aguas del río Marañón, en el sector Saramuro, distrito de Parinari, Loreto. El combustible era transportado en la barcaza "Sanam III", que prestaba servicios a la empresa Pluspetrol. El hecho se produjo porque el bajo del barco colisionó con el fondo del río, lo cual generó la pérdida del hidrocarburo. Según informó Pluspetrol, la limpieza del petróleo concluyó unos días después tras aplicarse un plan de contingencia de manera inmediata. Los indígenas de la zona, sin embargo, se quejaron de la contaminación de la zona mediante marchas por la ciudad de Iquitos. [1-3]

### Septiembre, río Corrientes

El 24 de septiembre se produjo un pequeño derrame de petróleo (tres barriles aproximadamente) en el río Corrientes, provenientes de la estación de Pluspetrol que se encuentra en el sector Villa Trompeteros, Departamento de Loreto. Según la empresa Pluspetrol el derrame fue controlado inmediatamente y no hubo daños ambientales. [4]



### Diciembre, quebradas en Andoas

Unos cuatro bidones con petróleo fueron derramados sobre el río Amazonas el 9 de diciembre cuando se realizaba el traslado de crudo a la refinería de Petroperú, que se encuentra en el distrito de Punchana, provincia de Maynas, Loreto. El hecho ocurrió a la altura del sector Santa María del Ojeal y no hubo información posterior acerca de daños ambientales. [5]

### Mayo, río Amazonas

El miércoles 26 de mayo la embarcación Camila, dedicada al transporte de pasajeros en el río Amazonas, en Loreto, naufragó frente a la localidad de Indiana dejando un triste balance de 24 víctimas mortales y un gran número de heridos. Junto con este trágico balance, también se produjo un derrame de petróleo de los bidones de la embarcación. Las primeras víctimas del derrame fueron los pasajeros siniestrados, varios de los cuales resultaron intoxicados por los hidrocarburos vertidos. No se indicaron posibles efectos medioambientales por este incidente. [6]

### Bibliografía

Toda la información mostrada en este cuadro ha sido extraída de la Agencia Peruana de Noticias, Andina. [www.andina.pe](http://www.andina.pe). Los datos específicos de cada nota se muestran a continuación.

- [1] "Autoridades y técnicos viajarán a zona de derrame de petróleo en Loreto". 21/06/2010  
 [2] "Brack: Se sancionará a responsables de derrame de petróleo en Loreto". 22/06/2010.

[3] "Líderes indígenas marchan en Iquitos por derrame de petróleo en río Marañón". 20/07/2010.

[4] "Autoridades loretanos reportan nuevo derrame de petróleo en el río Corrientes" 29/09/2010.

[5] "Reportan derrame de petróleo en el río Amazonas". 09/12/2010

[6] "Sube a 24 el número de fallecidos rescatados tras naufragio de embarcación en el Amazonas". 31/05/2010

Recopilado por Luis Ortega.