

# MANUEL GARCIA VELARDE

CATEDRATICO EMERITO IP-UCM

## LIQUIDOS

### 1. HABLEMOS DE MICROFLUIDICA: (AUTO) PROPULSION DE GOTITAS: UNA SOLA CAUSA, AUNQUE VARIAS POSIBILIDADES

#### LA CLAVE: LA TENSION SUPERFICIAL Y SU VARIABILIDAD

**ARGUMENTO:** Mover una gota lo hace la gravedad en la lluvia o en el gotear de un grifo poco abierto o, incluso, al usar una pipeta cuentagotas. Menos corriente, en nuestra experiencia, es mover una gota porque se haga cambiar su tensión superficial. Esta es lo que hace que las gotas tiendan a ser esféricas, aunque eso y su tamaño dependen del balance con su peso, o sea con la gravedad real o “efectiva”. Decimos esto último porque en la Estación Espacial la gravedad real es prácticamente la misma que en la Tierra, pero no así el peso que depende del hecho de la Estación estar orbitando en torno a la Tierra y, por tanto, estar sometida, y con ella la gota, a la aceleración centrípeta/centrífuga (según se mire)-de ahí que hablemos de gravedad “efectiva” que es la que da su peso y el de los astronautas (exagerando digamos que en tal situación las gotas y los astronautas “flotan” y los líquidos no precisan de contenedor para ser contenidos). Usando tensioactivos, reactivos químicos, luz (por ejemplo, de un laser en diversos colores como el infrarrojo-es el calor), ... podemos mover gotas, incluso mezclarlas, rehacerlas, porque, controlablemente, hagamos cambiar su tensión superficial de forma diferente en una y la parte opuesta de una gota. Esa diferencia hace de “motor”. Y eso a casi cualquier nivel y, en particular, a nivel micro o nano, gotas de tamaño ( $10^{-6}$ m) o nano ( $10^{-9}$ m), respectivamente, y con velocidades por ejemplo de 1–10  $\mu$ m/s (o más deprisa). Una gota en movimiento puede llevar insertado un fármaco o un reactivo que da un fármaco que podemos llevar en la circulación sanguínea donde precisemos para actuar apropiadamente.

### 2. ¿POR QUÉ Y COMO ALGUNOS LIQUIDOS MOJAN/PRINGAN/PINTAN/PEGAN?

#### LA CLAVE: TENSION SUPERFICIAL Y FUERZAS SUPERFICIALES (DERJAGUIN-CASIMIR/DLVO) EN DISTANCIAS NANO-MÉTRICAS

**ARGUMENTO:** ¿Por qué gotas de líquidos diferentes mojan diferentemente –valga la redundancia– sobre un mismo substrato? ¿Por qué gotas idénticas, de un mismo líquido, tal como una disolución acuosa, sobre diferentes substratos mojan diferentemente? He aquí algunas preguntas directas y sencillas –cuyas respuestas parecen obvias, pero eso solo es en apariencia. No debiera decirse, sin más, que hay líquidos que mojan y otros que no, pues, en general, su mojado (parcial o total) depende por un lado del sólido (material que lo compone, “limpieza” o rugosidad de su superficie, propiedades elásticas internas, porosidad), por otro del medio ambiente (si la humedad es tal que el aire está o no sobresaturado) y, por supuesto, de cuál sea el líquido. Y como al esparcirse mojado, el líquido desplaza al aire, resulta que, esencialmente, todo se decide por la interacción entre las superficies líquido-aire y líquido-sólido, cuando el espesor del líquido anda por los cien nanómetros o menos ( $nm$  es la miliaresíma parte del metro o millonésima de mm). A esa distancia aparecen fuerzas “superficiales” pues los átomos o moléculas de una y otra superficie y de éstas con las del líquido se “sienten”. Pero antes de discutir eso, en detalle, hablemos de superficies o entre-caras y mencionemos algunos fenómenos *interfaciales* que permiten imaginar la relevancia de la tensión *interfacial* entre dos medios, comúnmente denominada “tensión superficial” cuando consideramos una superficie líquida abierta al aire. Tal magnitud es crucial para entender el mojado en nuestra vida, en nuestro entorno y en la industria. Una cucharadita de 2 a 3 mililitros

de aceite puede, como demostró B. Franklin hacia 1773, cubrir una superficie de dos mil metros cuadrados, colocándose *molecularmente esparcido* (el aceite además de inmisible flota en ella y esa flotación permite separar el aceite de oliva virgen dejando abajo el alpechín). Por ese espectacular esparcimiento cabe estimar el tamaño de una molécula en unos dos nanómetros y medio (25 Ångstrom). Una cucharada sopera de polvo de carbón vegetal “activado” ofrece una superficie atracadora, o sea adsorbente, de cinco kilómetros cuadrados. Por eso se suele usar para filtrar agua “sucía”, atrapar bacterias, combatir la diarrea o la flatulencia (la “activación” se consigue quemando madera primero en atmósfera sin aire y después volviendo a quemarla en presencia de vapor de agua). Un centímetro cúbico de agua esparcido en gotas de una millonésima de centímetro de diámetro provee una superficie líquida abierta al aire de seis millones de centímetros cuadrados. El intercambio  $O_2/CO_2$  (oxígeno reemplazando al anhídrido carbónico) en nuestros pulmones ocurre en una superficie de cien metros cuadrados. Ese proceso lo regula la tensión superficial permitiendo la expansión adecuada de las vías pulmonares en la inspiración, algo que por déficit de una proteína tensoactiva (debido a no segregación de fosfolípidos al nacer) no ocurre en algunos prematuros o en adultos que tengan el síndrome de deficiencia respiratoria. En el caso de la hoja de loto, ocurre que tiene tantos filamentos (*papillae*) atrapando el aire que el agua no tiene oportunidad de mojarla. Caso contrario es la hoja de la planta carnívora *Nepenthes* que usa la microtopografía interna de su copa para facilitar el mojado completo con una delgadísima película líquida por lo que fácilmente artrópodos resbalan hasta el fondo donde son digeridos. Y así llegamos a la salamanesca (gecko). Ocurre que sus patas acaban en pies con numerosísimas *espátulas* mórbidas que gracias a la depresión atractiva no dejan que líquido alguno se interponga entre ellas y la pared, así que consigue compensar ampliamente su peso. De ahí que hayan surgido super-pegamentos capaces de sustentar hasta varios centenares de kilos, uno de los cuales, apropiadamente, se ha denominado “Gecskin”.

## SOLIDOS

### 3. HABLEMOS DE NANO ELECTRONICA: ¿POR QUÉ Y COMO CABE TRANSPORTE ELECTRÓNICO SIN LEY DE OHM, NI EFECTO JOULE? ¿SIN CALOR? DEL SURFEO MOVIENDONOS EN EL MAR Y EN CIERTOS RIOS A LA ELECTRONICA

#### **LA CLAVE: SURFEO DE LAS CARGAS (ELECTRONES, HUECOS POSITIVOS) SOBRE NANO-SOLITONES DE LA RED CRISTALINA**

**ARGUMENTO:** A lo largo de la historia del surfteo, desde hace milenios, se han utilizado multitud de estrategias para acceder a una situación sostenida y controlada de libre transporte de acuerdo con las características de las olas. Por analogía, el surfteo electrónico sobre ondas acústicas superficiales, sigla en inglés SAW, en sólidos cristalinos es conocido desde al menos 1986. Esas ondas han sido utilizadas, desde el invento en 1965 del transductor interdigital, para la conversión de señales eléctricas en SAW y viceversa. Si disponemos de una tal cinta transportadora, una adecuada red cristalina como “conductor”, donde generar ondas como las SAW, aunque tan potentes como las de surfteo, mejor como en un tsunami, que se denominan solitones, podemos imaginar -a nivel nanométrico ( $10^{-9}m$ )- el transporte de electrones como una forma de libre transporte. Pues lanzado un electrón sobre la red muy rápidamente sea transportado solidariamente, con la misma velocidad, por una tal ola solitonica. Al igual que la pareja “surfero-ola” puede considerarse un estado “ligado” (al surfero lo “echan” con una motonaútica sobre una preexistente ola) tal es el caso de la pareja electrón-soliton denominada “soletrón”. Basado en este concepto se ha patentado en 2020 un transistor de efecto de campo que permite transporte balístico o sea sin ley de Ohm, ni ley de Joule, o sea sin generar calor, de ahí un aspecto de interés ecológico.