

El residu: WOW, UAU!

Claudi Mans i Teixidó

Departament d'Enginyeria Química, Universitat de Barcelona, a/e: cmans@ub.edu, a/l: <http://www.angel.qui.ub.es/mans>

Anem a Finlàndia

El llac Saimaa és un dels més grans de Suòmi, com es diu Finlàndia en finès. Té uns 1.400 km², i un perímetre molt recargolat, com es pot veure a la figura. Fa frontera amb Rússia, al sud-est de «la regió dels mil llacs».

Quan es diu «la no-sé-què dels mil no-sé-quès» sempre s'exagera. França, el país dels mil formatges; el ralié de les mil corbes; la terra de les mil danses; les mil i una nits; una imatge val més que mil paraules... Però, en el cas de Finlàndia, no és que exagerin, és que es queden molt curts. Finlàndia té més de cent mil llacs. La major part de terra fina és molt plana: per sota del cercle polar àrtic el punt més alt té 490 m, més alt que el Turó de la Peira de Barcelona però més baix que el Tibidabo. És lògic, és una terra que aparegué del mar quan la darrera glaciació es fongué i el territori ascendí per la isostàsia. Més de cent mil llacs...

I, en una terra tan plana i amb tants llacs, els llacs són plens d'illes que sobresurten molt poquet del nivell del llac. El llac que té més illes és, com es pot intuir, el més gran: el Saimaa. I, saps, lector, com li diuen? Evidentment: «el llac de les mil illes». El llac de les mil illes a la regió dels mil llacs.

Algunes de les illes estan habitades, almenys esporàdicament. I hi deu haver bassals. I, és clar, a algun d'aquests bassals potser hi ha alguns nens que hi fan surar una galledeta amb aigua. I, per què no, a aquesta aigua pot haver caigut, portat pel vent, algun pètal de flor. I vés a saber si a algun d'aquests pètals que suren en l'aigua hi ha, a la cara que no toca l'aigua, microgotetes de rosada.

Mirem una de les microgotetes de rosada d'un dels pètals flotant a l'aigua d'una galledeta que flota en un dels bassals d'una de les mil illes d'un dels mil llacs d'un dels diversos continents envoltats de l'aigua de l'únic oceà d'un planeta... Líquid en sòlid en líquid en sòlid en líquid en sòlid en líquid en sòlid en líquid en sòlid. Deu nivells. Tot plegat, com aquell anunci de la llet condensada La Lechera, en què hi ha un pot de llet dibuixat, que té dibuixat un anunci d'un pot de llet que, a dins, té dibuixat un anunci d'un pot

de llet i així fins que l'ull ja no els distingeix. Com les sopes Campbell, tan conegudes i citades, però de les quals la majoria no hem vist mai cap pot, i només hem vist la pintura que va fer-ne Andy Warhol, el dels quadres de la Marilyn o de Mao.

No sé per què tot això dels llacs i les illes i les gotes em fa pensar en les emulsions. Una emulsió és un sistema d'almenys dos components on unes gotetes d'algun oli estan disperses en el si d'una fase contínua aquosa. Aquesta seria una emulsió oli-en-aigua, com la llet. Els del ram —no els de la Ram, sinó els del ram de les emulsions— les abreugen en *emulsions O/A* o *OA*. També existeixen les emulsions inverses, aquelles en les quals hi ha gotetes d'aigua disperses en el si d'una fase contínua constituïda per un oli: una emulsió aigua-en-oli, *AO*, com la mantega. Però, és clar, en castellà aquesta nomenclatura no va. No es podrien distingir les *emulsiones aceite-en-agua (A/A)* de les *emulsiones agua-en-aceite (A/A)*. I, per sortir de l'ambigüitat, se sol usar les nomenclatures angleses, *oil-in-water emulsions*, *OW*, i *water-in-oil emulsions*, *WO*.

Ara agafem una de les emulsions oli-en-aigua i la dispersem ben dispersa en un oli. Tindrem gotetes d'emulsió oli-en-aigua, emulsionades en oli: una emulsió *OWO*. I és clar, també ens podríem imaginar l'emulsió inversa: una emulsió aigua-en-oli emulsionada en una massa aquosa: una emulsió *WOW*. *WOW*. Uau, traduït de la fonètica anglesa.

Et podries preguntar si tot això existeix. Les emulsions *OWO* i les *WOW* existeixen, i tant si existeixen. I no són simples curiositats. Les persones vinculades a la farmàcia, a la dermofarmàcia i a la cosmètica fa anys que treballen en productes que penetren l'epidermis —per tant, que siguin oliosos— però que al mateix temps hidratin —que tinguin aigua i agents que l'ajudin a penetrar i a fixar-se— i que al mateix temps continguin algun principi actiu que es vagi dosificant lentament dispers en l'aigua. Per exemple, es pot dissoldre insulina en aigua, a un pH adequat, i emulsionar la dissolució en un oli com la ciclopentadecanolida, i tot estabilitzat amb emulsionants com monooleat de sorbitan i nonilfenol. Es formen microgotetes aquoses d'un diàmetre mitjà de 3-4 micròmetres. I aquesta emulsió aigua-en-oli es dispersa en aigua, amb els mateixos emulsionants, i es forma una nova emulsió oli-en-aigua, de mi-

crogotetes de 30–40 micròmetres. Un factor lineal de 10, que correspon a un factor volumètric de 1.000: les gotetes de l'emulsió interior són mil vegades més petites que les de l'emulsió exterior. L'avantatge d'aquest sistema és que tenim la insulina a les gotetes de dins de tot, com en una mena de dipòsits, i es va alliberant lentament, primer cap a les gotetes d'oli, després cap a la fase externa d'aigua i, finalment, cap a l'organisme on l'emulsió WOW s'hagi aplicat.

Podem anar «més avall», com diria Feynman?¹ O, més ben dit, cap a situacions similars, però tot plegat encara més petit? Naturalment. Les emulsions de mida de goteta més petita són les denominades *nano-emulsions*. Tenen uns diàmetres de gota d'entre 500 i 20 nanòmetres. I són emulsions, i per tant, inestables. Si anem a mides més petites encara, arribem al món de les microemulsions, que, per cert, es van inventar i preparar abans que les nano-emulsions. Tenen una mida de goteta inferior a 20 nanòmetres... i ja no són emulsions. Són uns sistemes dispersos termodinàmicament estables.

I, com és que les microemulsions són estables i, en canvi, les nano-emulsions, que tenien una mica més de diàmetre, no ho eren? Doncs, això és complicat de visualitzar. En les microemulsions, hi ha una gran superfície interfacial entre la fase aquosa i la fase oliosa, i, per tant, una gran quantitat d'energia interfacial, és a dir, una gran inestabilitat intrínseca. Però hi ha tantíssimes gotetes que l'entropia de dispersió és enorme, i tot plegat fa que l'energia lliure del sistema sigui negativa. El sistema és, doncs, termodinàmicament estable.

—*No sé si ho acabo d'entendre. Millor dit, directament no ho entenc.*

És igual que no ho entenguis, el fet és que són estables. L'explicació que t'he donat és el lligam entre el fet experimental i la termodinàmica. Però el que passa no és que no entenguis l'explicació, és que no entens aquest trosset de la termodinàmica...

1. Richard Feynman, en la famosa conferència «Hi ha molt d'espai allà a baix» feta el 29 de desembre de 1959 al Caltech, va explorar per primer cop de manera sistemàtica el món que avui coneixem per *nanotecnologia*. Es pot llegir a www.zyvex.com/nanotech/feynman.html.

—*Deixem-ho estar... I tot això per a què serveix?*

Per preparar tota mena de barreges i mescladisses per tirar-nos per sobre o per dintre. Ara es preparen i es venen nano-emulsions d'isoflavones de soia, d'esterols vegetals, de ginseng. I he llegit que preparen microemulsions inverses —o sigui, microgotetes d'aigua— en el si de CO₂ en condicions supercrítiques, i que això té unes propietats de neteja molt bones. O sigui, que la O d'*oil* en aquest cas correspon a diòxid de carboni, que d'oliós no en té res, però que és una fase diferent de l'aigua, en un estat que, des del punt de vista de les propietats clàssiques, és més aviat un líquid, però que, estructuralment parlant, és indistingible d'un gas. Ja t'ho explicaré un dia.

—*Escolta, i per què has escrit nano-emulsions amb guionet, i microemulsions, sense guionet?*

És per un motiu de coherència amb el valor dels prefixos. Com saps, en el sistema internacional d'unitats, vigent des de fa anys, el prefix *micro* vol dir 'milionèsima', i el prefix *nano*, 'milmilionèsima'. Però resulta que Schulman (1943) va batejar les microemulsions —que no són veritables emulsions— amb un nom que pretenia dir que eren sistemes dispersos amb mida de gotetes més petites que les emulsions, i n'hi va dir *microemulsions*. I després es van inventar unes emulsions de mida de gota molt petita, que es van denominar *nano-emulsions* perquè, aquestes sí, tenen diàmetres de gota de la mida aproximada d'uns quants nanòmetres. És a dir, són més grans les gotetes de nano-emulsions que les de microemulsions, al contrari del que sembla que suggereix el seu prefix. I per evitar falses interpretacions, bona part dels qui treballem en aquest tema —els d'aquí també— hi posem el guionet: per indicar que en el cas de *micro* no ens estem referint a un prefix del SI, malgrat que en estricta coherència, potser hauria de ser al revés: *micro-emulsions* i *nano-emulsions*.

—*I gotetes encara més petites?*

És que si són gaire més petites ja no són gotetes, ja són grups de molècules. Pensa que hi ha molècules, com les de proteïna, o certs polímers, que ja arriben a fer algun nanòmetre. En quin moment una massa de gent passa a ser un grup, i quan passa a ser una colla d'amics? Fins aquí ens hem mogut en el món micro, on domina la sociologia de masses: comporta-

ments de grup, etc. I més avall, ja entrem en un altre territori on tot canvia. L'Àlícia hi va anar, i Robert Gilmore ho va explicar a *Alice in Quantumland*.

—*Escolta, si la microgoteta de rosada que tenia aquell pètal d'aquella galledeta del llac fos realment una emulsió WOW, tindriem no deu, sinó dotze nivells... Uau!*

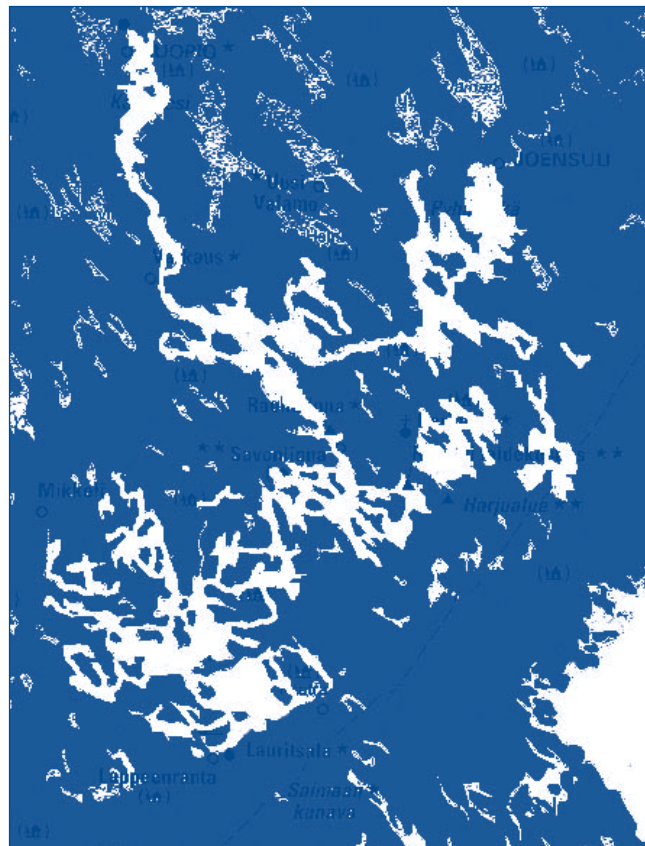


FIGURA 1. Imatge tractada per ordinador d'un mapa del llac Saimaa, de Suïça.

A baix, a la dreta, hi ha el llac Ladoga, a Rússia.