

## MEDITACIO DAVANT UNA TRUITA CREMADA: MULLAR, ADHERIR I RENTAR

Premi Divulga 1983 del Museu de la Ciència  
Fundació Caixa de Pensions

### **Les truites s'enganxen, hom renta els plats i els ànecs no es mullen.**

Em venia de gust un entrepà de truita. Ai las! Les dues paelles habituals de casa eren brutes. La mandra congènita em portà a fer servir aquella altra paella, la de ferro esmaltat. I això que sabia perfectament que en aquesta paella les truites s'enganxen, però... Agafo el plat-de plàstic-, bato l'ou, la sal..., i un cop més es complí la llei: la truita s'enganxà, es cremà i calgué llençar-la. I només quedava pernil dolç, oh desgràcia!

Quin malefici, quin sortilegi té -encara avui- aquesta paella, i totes les que són com ella? Pensem científicament, abandonant si és possible explicacions fatalistes. Sempre -però sempre, eh?- se m'han enganxat les truites a la paella de ferro. I mai - però mai, eh?- no se m'han enganxat a les paelles amb recobriment antiadherent. Deducció núm. 1: no sóc jo, són les paelles les responsables. Continuem pensant. Les paelles antiadherents també són de ferro, a sota de la capa antiadherent. Deducció núm. 2: l'explicació ha de raure en que una té recobriment i l'altra no. I si fem una truita sense oli? A la paella sense recobriments s'enganxa amb una força de mil dimonis, però a la que té recobriment no s'enganxa gaire i encara es pot salvar. Deducció núm. 3: és la superfície, i no l'oli, la responsable d'aquest comportament. Fins ara, observo que no hem dit més que el que diu la publicitat, i això implica que haurem de continuar pensant.

I, mentre pensem, podríem rentar els plats i la paella. Agafem el detergent, el tirem a l'aigua i anem rentant. Una altra cosa curiosa: els plats de plàstic i els de vidre o porcellana no queden nets de la mateixa manera. El plat de plàstic sempre sembla que quedi una mica oliós, amb gotetes enganxades. Té alguna cosa a veure això amb la truita enganxada? Deducció núm. 4: diferents superfícies tenen un rentat diferent. I deducció núm. 5: com que l'aigua sola no renta, i el detergent sol tampoc, és la interacció entre aigua, detergent i brutícia la causa del rentat. Amb l'aigua sola només ens mullaríem les mans, però no rentaríem.

I ara que parlem de mullar, suposo que tots els lectors saben aquell vell acudit: Com treuríem un elefant gris del fons d'un pou de 10 metres de fondària, i 4 de diàmetre, amb 6 metres d'aigua al fons? El treuríem... mullat evidentment. Però, anem amb molta cura! Aquest acudit serviria si al pou hi tiréssim un conill, un porc o un company... però no valdria si hi tiréssim un ànec, un cigne o una paella antiadherent. Aquests tres éssers - anava a escriure "animals"- sortirien secs, només amb algunes gotetes molt fàcils de desprendre's. En canvi, el conill, el porc i el company en sortirien ben mullats, i encara que els assequéssim amb una tovallola, quedarien rellents. Deducció núm. 6 i darrera: com que l'aigua és la mateixa, tant si hi tirem un ànec com si hi tirem un porc, és en la superfície dels cossos on rau l'explicació.

Mullar, adherir, rentar. Tres accions diferents però que tenen una íntima relació: les estudiarem successivament. Abans, però, ens caldrà recordar algunes propietats dels sòlids i dels líquids. Som-hi.

## Els líquids

El pol nord d'un imant atreu el pol sud d'un altre, i es queden enganxats. S'ha de fer un treball per a separar-los. Un cos carregat d'electricitat positiva n'atreu un altre carregat negativament, i també s'ha de fer un treball per a separar-los. La terra atreu els cossos que té a prop, i cal també un treball per a alçar-los, és a dir, separar-los. I les gotes d'aigua estan unides entre elles. I la paella atreu la meua truita, i també cal un esforç per a separar-les. És que totes aquestes atraccions són el mateix? Bé, sembla a primera vista que no. Una cosa és l'electricitat, l'altra l'adhesió de les truites. Els científics, per tal de comprendre com és el món, intenten reduir l'explicació dels fenòmens a algunes causes bàsiques i generals. Per exemple: i si la paella atreu la meua truita per acció gravitatòria, igual que la terra atreu la lluna? Ni parlar-ne! Són tan extraordinàriament petites les masses de les molècules, que l'atracció gravitatòria entre elles és absolutament menyspreable, tot i que les distàncies a que es troben són també ínfimes. Per donar-ne una idea, si definim que la terra atreu un quilo d'aigua amb la força de 1, dues molècules d'aigua s'atreuen amb una força que seria la septimilionèsima part. Potser quaranta zeros després de la coma decimal!

No és pas, doncs, la gravitació la que actua en les adhesions.

I el magnetisme? Res d'això. Hi ha pocs cossos magnètics -paramagnètics, amb més precisió- i ni l'aigua ni les truites en són pas bons exemples.

Doncs només queda l'electricitat. I, ves per on, són forces elèctriques les que uneixen entre elles les partícules d'un cos, i un cos amb un altre. Resulta que si poguéssim observar la matèria a una escala extraordinàriament engrandida, veuríem que està formada per tot de tipus de partícules, que tenen càrregues elèctriques positives o negatives, permanents o momentànies. Per exemple, la molècula de l'aigua la podem imaginar amb la forma del cap de Mickey Mouse on la cara seria l'oxigen i les orelles els hidrògens. Estan enllaçats pels electrons, que fan com de ciment. Però com que l'oxigen atreu més els electrons que els hidrògens, al voltant d'aquests hi ha manca de càrrega negativa -és a dir, càrrega positiva- i al voltant de l'oxigen hi ha excés de càrrega negativa. La molècula d'aigua té doncs, dos pols de forma permanent. Les molècules d'aigua s'atreuen entre si pels seus extrems de signe contrari, i el resultat és l'aigua líquida, amb molta cohesió interna. Altres líquids, en canvi, no tenen dipols permanents, sinó momentanis, que es fan i es desfan a gran velocitat. Tot i això, ja n'hi ha prou perquè les seves molècules s'atreugin amb una certa força i el líquid tingui una mica de cohesió.

Aquests lligams entre molècules fan que una de dins del líquid estigui atreta per totes les seves veïnes. Però les de la superfície només són atretes per les de sota seu i per les dels costats. Per dalt, només tenen l'aire, que té una densitat molt petita i ben poc pot atreure les molècules superficials. En resum, que les partícules superficials

tenen més energia perquè no han gastat la seva capacitat d'atreure per la part de dalt. I tot això es manifesta en que els líquids sembla que tinguin com un tel, com una pell a la superfície, que és una mica difícil de trencar. Per això alguns insectes poden caminar per sobre l'aigua; per això una agulla de ferro pot arribar a surar, si està una mica greixosa, per això podem fer botar una pedra plana damunt de l'aigua. Com més cohesió tingui un líquid, més tensió superficial tindrà. L'aigua té una tensió superficial alta, els olis i les gasolines més baixa. I el mercuri... quin cas, el mercuri! No mulla gens ni mica. És un líquid ben peculiar. El mercuri és un metall líquid. Els metalls estan constituïts per àtoms que han perdut electrons, que estan submergits en el núvol d'electrons que han perdut entre tots, com si fossin maduixes a dintre de suc de maduixa. El resultat és un enllaç molt fort, i tenen molta cohesió. Per això el mercuri té una tensió superficial molt alta, molt més que l'aigua.

La tensió superficial dels líquids fa que tinguin tendència a tenir la menor superfície possible, i per això les gotes tenen una forma aproximadament esfèrica: l'esfera és el cos geomètric que té la menor superfície possible de tots els d'igual volum. Però, preguntareu, com és que quan aboco un got d'aigua al plat no queda com una bola, sinó que s'escapa tota? L'explicació és simple: no és només la tensió superficial la força que actua, sinó que també hi ha la força de la gravetat, i això fa que els líquids a la terra tinguin la seva superfície plana de sobre, excepte a les vores. Però, en absència de gravetat, els líquids agafen la forma de bola. A les càpsules espacials no calen plats per a menjar la sopa.

Així també s'explica que els líquids de tensió superficial baixa s'estenguin per sobre d'altres líquids de tensió superficial més alta. Aquest és el cas de les mareas negres, que s'estenen, en part, per aquesta causa.

## **Els sòlids**

Els enllaços en els líquids no són gaire forts, i actuen a distàncies curtes: quan posem brusquement la mà dins d'un líquid no notem normalment gaire resistència. En canvi, si provem de posar la mà brusquement dins d'un sòlid, és probable que el cop que ens donarem ens faci mal. Els enllaços entre partícules de sòlids són més forts. Tenen una cohesió interna més elevada que els líquids.

Un sòlid té també una energia superficial, com un líquid. El que passa és que en el sòlid és més difícil de manifestar-se: no ens valen ni l'exemple de l'insecte, ni el de l'agulla de ferro, ni el de la pedra que rebotja. Podem observar, però, l'energia superficial del sòlid veient que té la capacitat d'atreure les molècules del gas o del líquid que passi prop de la seva superfície. Hi ha sòlids amb molta energia superficial, que seran els de gran cohesió interna, com els metalls, els vidres o les ceràmiques. Els plàstics, en canvi, tenen molt poca energia superficial, degut a la seva constitució química. Aquests materials atreuran amb menys força les molècules de gas o de líquid, i per tant es mullaran amb més dificultat.

Però m'adono que he fet servir la paraula "mullar", i això no corresponia pas a aquest apartat. Ara passarem ràpidament al següent, però abans, una pregunta al marge. És que els gasos tenen tensió superficial? La pregunta sembla absurda,

perquè els gasos no tenen "superfície lliure". Però, imaginem-nos la Terra en l'espai, amb la seva atmosfera. Una nau espacial vol entrar-hi. Si la càpsula ho fa amb un angle d'incidència massa baix, rebota cap a l'espai un altre cop, degut a la compressibilitat de l'aire.

Aquest fenomen és ben anàleg al de la pedra que rebota sobre la superfície d'un estany llis; però, parlant amb més exactitud, és encara més similar al d'una persona que es llencés de cap a una xarxa elàstica o una lona de bombers.

### **Mullar i adherir**

Quan posem una gota de mercuri damunt d'un plat de plàstic, què fa la goteta? No s'escampa gens ni mica. Queda en forma de gota. El plàstic té tan poca energia superficial, i el mercuri té tanta cohesió interna -tanta tensió superficial- que el mercuri prefereix "mullar-se" a si mateix abans de mullar el plàstic. Treiem ara el mercuri i posem-hi aigua. Quan aboquem l'aigua del plat se'n va tota i només queden quatre gotetes rodones. L'aigua té menys tensió superficial que el mercuri, i per això mulla més, però encara no és capaç de mullar el plat de plàstic. Fem ara les mateixes proves amb un plat de vidre o de porcellana, veurem que l'oli el mulla bé; l'aigua també el mulla: si aboquem l'aigua damunt del plat queda com una pel·lícula d'aigua damunt del plat. El vidre, la porcellana, tenen una energia superficial més elevada que el plàstic, i per això tenen més tendència a ser mullats. Però si posem mercuri al plat, res de res. El mercuri no mulla ni per equivocació.

Queda ben clar que hi ha dues tendències contràries: si "guanya" el líquid - és a dir, si el líquid té més cohesió que no pas l'atracció per part del sòlid- el líquid *no mulla* el sòlid. Si "guanya" el sòlid -si el sòlid atreu una gota de líquid més que no pas el propi líquid- el líquid *mulla* el sòlid. Una forma pràctica de mesurar aquest efecte de mullat és amb l'*angle de contacte*. Aquest és l'angle que forma la superfície del líquid amb el sòlid, just en la vora de la gota. És més petit de 90° si el líquid mulla, i és més gran de 90° si no mulla.

Ara sí que podem entendre què passa amb la truita. La paella de ferro atreu molt, perquè té molta energia superficial. Per això s'hi enganxa l'ou. L'oli de la paella té menys tensió superficial que l'ou batut, i tendeix a col·locar-s'hi a sobre -com una "marea negra" a petita escala. El resultat: la truita es crema i s'enganxa.

I si la paella és antiadherent? Una paella d'aquestes és de ferro amb un recobriments molt fi d'un plàstic que té el nom de politetrafluoroetilè o "tefló", que és un dels seus noms comercials. És un compost de carboni i fluor, i té una energia superficial de les més baixes que es coneix. Quan fem una truita en aquesta paella, ni l'ou batut ni l'oli mullen gairebé el recobriments, i per això no s'hi enganxen les truites, ni els altres menjars.

Encara hi ha un altre factor que intervé en el mullat: les característiques de forma de la superfície. Un mateix líquid pot mullar només una mica una superfície granulosa.

en canvi un líquid que no mulli la superfície llisa, encara mullarà menys la superfície rugosa. Així s'explica el perquè els animals amb plomes no es mullen. Aquests animals estan recoberts d'una fina capa de substància greixosa, que no es deixa mullar per l'aigua. Per altra banda, les plomes tenen una superfície extraordinàriament rugosa, amb molts fils i barbes. Aquesta superfície externa fa que, en contacte amb l'aigua, l'aire que toca la pell no s'escapi, i l'aigua no arriba ni a tocar la pell de animal.

I més encara. Heu vist mai ànecs quan neden? I us heu vist a vosaltres nedant? La diferència és evident. I no em refereixo a l'estil ni a la velocitat. La diferència és que els ànecs neden gairebé a fora de l'aigua, i vosaltres, amb l'aigua al coll. La densitat de l'ànec i de la persona són força similars, i ens hauríem d'enfonsar en la mateixa proporció, però els ànecs tenen plomes! I sobre cada ploma actua una força de sustentació degut principalment a que la ploma no es mulla, com l'agulla de ferro que sura. La suma de totes les petites forces sobre cada una de les plomes és capaç de mantenir l'ànec a l'ensurada. En poques paraules, l'aigua escup l'ànec cap amunt (i viceversa, de vegades...).

I, a tot això, què és adherir? Doncs, estrictament parlant, adherir és mullar. Ja es comprèn que un líquid que mulla un sòlid està enganxat a ell. Si aquest líquid mulla al mateix temps un altre sòlid, ambdós restaran units. L'adhesió serà més o menys forta segons els sòlids, el líquid i la forma de les superfícies. Els adhesius corrents el que fan és, primer, mullar els sòlids; després, s'evapora el dissolvent i així es crea una estructura sòlida de l'adhesiu entre els dos sòlids; el resultat és una unió "sòlida". Podrem dir, doncs, que se'ns ha enganxat la truita, però no que se'ns ha adherit la truita, ja que és la truita l'adhesiu.

## **Rentar**

Heu tingut mai les mans ben greixoses d'arreglar la bicicleta, la moto o el cotxe? Si llavors es posen les mans en aigua, rellisca per sobre de l'oli. Com ens ho podríem fer perquè les mans -o el plat de plàstic, o la paella antiadherent- es mullin amb aigua? Doncs fent que l'aigua mulli més... és a dir, reduint-ne la tensió superficial. Res més senzill. N'hi ha prou amb afegir-hi sabó, gel de bany, xampú, pasta de dents o p-dodecilbenzenesulfonat sòdi, per dir productes que té tothom a casa seva (potser caldria dir que el p-dodecilbenzenesulfonat sòdic és un dels principals components dels detergents domèstics en pols per rentar roba). Aquestes substàncies tenen compostos anomenats tensioactius. Les seves molècules es col·loquen preferentment a la superfície de l'aigua, com si hi estiguessin clavades, i el conjunt té una tensió superficial molt més baixa que l'aigua pura, i mulla molt més.

Bé. Ja tenim les mans, el plat i la paella mullats, però bruts encara. Ara ve la segona part. L'aigua amb tensioactiu mulla tant, ara, que fins i tot vol mullar el tros de superfície sòlida on hi ha la brutícia enganxada. És a dir, el sòlid prefereix ser mullat per l'aigua amb tensioactiu que per la brutícia o el greix. I va penetrant per sota, arrancant-la gradualment. Una miqueta d'agitació va bé, per rentar. Per això les rentadores remenen la roba.

Ja ho tenim tot net. Però de poc servirà això si ara totes les partícules de porqueria s'anessin dipositant un altre cop damunt de la superfície de la roba, o dels plats, per sedimentació. En treure l'aigua tornaria a quedar tot brut. I aquí es manifesta una altra de les propietats dels tensioactius. Les molècules de tensioactiu es col·loquen a la superfície de la brutícia o del greix, formant com unes boletes -el greix- amb pell, el tensioactiu. Aquestes boletes es queden en l'interior de l'aigua, sense sedimentar, i al llençar l'aigua se'n van amb ella. Aquests tres efectes dels tensioactius -mullar, arrencar la brutícia, i mantenir-la suspesa en l'aigua- es donen sempre. A més, poden haver-hi altres mecanismes de neteja, més complexos. L'escuma del detergent és una indicació de que n'hi ha, però realment no millora la neteja.

Imaginem-nos ara que l'aneguet lleig, per deixar de ser-ho, es banyés amb un d'aquells sabons embellidors. L'aigua amb sabó sí que el mullaria, i passarien tres coses: Primer, que l'aneguet s'enfonsaria fins el coll. Segon, que quedaria net de greixos de la pell, i ben mullat. I tercer, i més trist, que si l'aigua és freda l'aneguet lleig i net es moriria de fred. La capa d'aire aïllant ara ha desaparegut, i perd la calor del seu cos cap a l'aigua. És el mateix que els passa als ocells marins que les marees negres embruten.

### **Relvindicació de la superfície**

Adherir, mullar, rentar són tres fenòmens ben representatius de les propietats de les superfícies. Durant molt temps l'humanitat, els savis i els no savis, han pensat només en termes de quantitats, de masses, de pesos, de volums, de treballs, calors, i produccions totals, poblacions i masses monetàries. Després es van anar introduint conceptes més "intensius", que ens donen una informació més acurada de les característiques dels fenòmens: densitats, concentracions, temperatura, renda *per capita*, densitat de població, capacitat calorífica... Ambdós tipus de magnituds, però, són referides al total, al volum, al si de la matèria. Havíem arribat a dir que les propietats d'una substància són independents de la quantitat que tinguem. Per exemple, que una agulla d'or té les mateixes propietats que un lingot d'or. Però això no és sempre cert! Una goteta de líquid té una pressió de vapor més gran que una gota grossa. Per això els perfums són espargits en aerosol...

La superfície dels cossos no és només el límit físic, sinó que contribueix a modelar-ne les característiques. És a través de superfícies que un cos bescanvia matèria, energia, informació amb un altre. És a través de membranes que la tecnologia moderna aconsegueix cada cop separacions més difícils. És a través de la pell, de la retina, del timpà, de la pituïtària, de les mucoses -tot superfícies- que ens comuniquem, ens alimentem, ens estimem... Dels altres, en veiem només la superfície, l'exterior, la imatge. És formant una tènue pseudo-membrana com els primers coacervats pogueren "sobreviure" en l'oceà primigeni, i donaren així pas a l'evolució cap a les cèl·lules.

Avui, conceptes com excés superficial, àrea específica, densitats de flux, coeficients de transferència, menys intuïtius que els citats abans, ens ajuden a quantificar a quin ritme canvien les propietats dels cossos per interacció amb els

altres. En el volum, en la massa, trobem el que els cossos són. En les superfícies, en les interfases, trobem com els cossos actuen. Sistemes tancats o sistemes oberts. Ésser o esdevenir. Dos conceptes que trobem lligats des dels orígens del pensament filosòfic i científic.

\* \* \*

Bé, després d'escriure tot això, m'ha agafat un xic de gana. Em vindria de gust un entrepà de truita...

**Claudi Mans**