




Sistemas Dispersos. Propiedades, Formulación y Manejo

Prof. María Isabel Briceño
Semestre A-09
Sección única



Jueves, 3 de septiembre de 2009

Información preliminar

● Objetivo del curso

Curso de carácter informativo en el cual se incluyen temas que permitan al estudiante hacerse una idea global sobre los aspectos más importantes de los sistemas dispersos: su naturaleza e importancia, propiedades, manejo y preparación.

✓ Comunicación y consultas:

<http://webdelprofesor.ula.ve>

mabel@ula.ve

Información preliminar

● Programa

Dos módulos, fechas pre-establecidas:

- Primer módulo (3, 4, 5 y 7 de septiembre): Capítulos 1 al 3
- Segundo módulo (final de semestre): Capítulos 4 y 5, exposición de proyectos

Información preliminar

● Evaluación:

- ✓ Exámenes de desarrollo, problemas numéricos y selección múltiple
- ✓ Proyecto: Investigación y manufactura de algún producto (tope fecha selección del proyecto: primera semana de octubre)

Material bibliográfico

- Libros de fisico-química de superficies

Adamson A., Physical Chemistry of Surfaces, BIACI, QD506 A33

Hiemenz P., Principles of colloid and surface chemistry, QD549 H54

- Cuadernos FIRP (ver www.firp.ula.ve,
descarga gratuita)

Material bibliográfico

● Libros sobre mecánica de fluidos y reología

Darby, R., Chemical engineering fluid mechanics, TP155.7 D37

Darby, R. Viscoelastic fluids : an introduction to their properties and behavior, TA418.2 D37

Sherman P., Food texture and rheology, TX345 F66

Steffe, J., Rheological methods in food process engineering, descarga gratuita en www.egr.msu.edu/~steffe/freebook/offer.html

Material bibliográfico

● Libros sobre mezclado

Oldshue J., Fluid mixing technology, TP159 M505

Nagata, S., Mixing: principles and applications, TP156 M5N3

Tatterson, G., Fluid mixing and gas dispersion in agitated tanks

Material bibliográfico

- Catálogo público de la universidad, bases de datos (<http://www.serbi.ula.ve/>)

Bases de datos en línea: Science Direct,
Web of Science

- Internet (google)

Wikipedia:

www.wikipedia.org

<http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>



Sistemas Dispersos. Propiedades, Formulación y Manejo

Capítulo 1: *Introducción a los sistemas dispersos*

Jueves, 3 de septiembre de 2009



¿Qué es un sistema disperso?

Es un *fluido* que luce homogéneo por lo general (a nivel macroscópico), pero que está compuesto por varias fases bien diferenciadas (a nivel microscópico).

Tipos de fases y componentes:

- ✓ Líquidos, sólidos, gases (principales)
- ✓ Moléculas (sales, alcoholes, surfactantes) y macromoléculas (polímeros en solución)

¿Cómo asegurar la coexistencia de fases tan disímiles?

Se requiere de moléculas o partículas con propiedades interfaciales:

- ✓ Surfactantes, co-surfactantes
- ✓ Macromoléculas (polímeros, proteínas)
- ✓ Partículas sólidas coloidales (< 1 micrómetros) o nanométricas ($< 0,5 \mu\text{m}$ ó 500 nanómetros).

¿Qué es un surfactante?

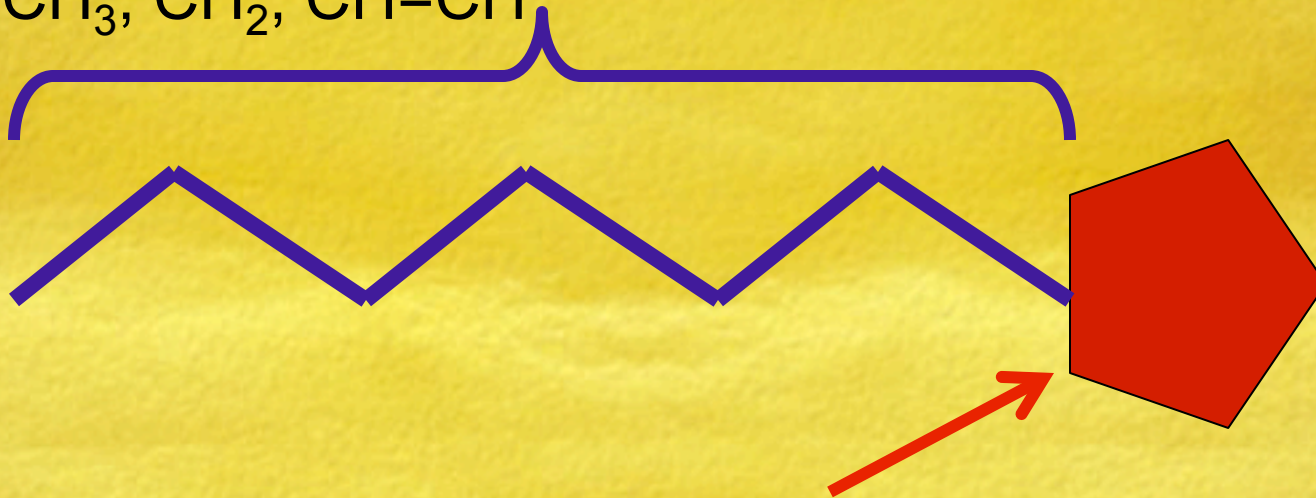
Es una molécula que posee doble afinidad, una porción polar y otra no polar

- ✓ En solución, se asocian formando estructuras 3-D denominadas micelas
- ✓ Estabilizan los sistemas dispersos gracias a su carácter dual hidrofílico-lipofílico, ya que se adsorben sobre superficies e interfases.

Los surfactantes son sustancias anfifílicas que poseen doble afinidad polar-no polar (o hidrofílico-lipofílico)

Cadena alquílica, soluble en aceite:

CH_3 , CH_2 , $\text{CH}=\text{CH}$

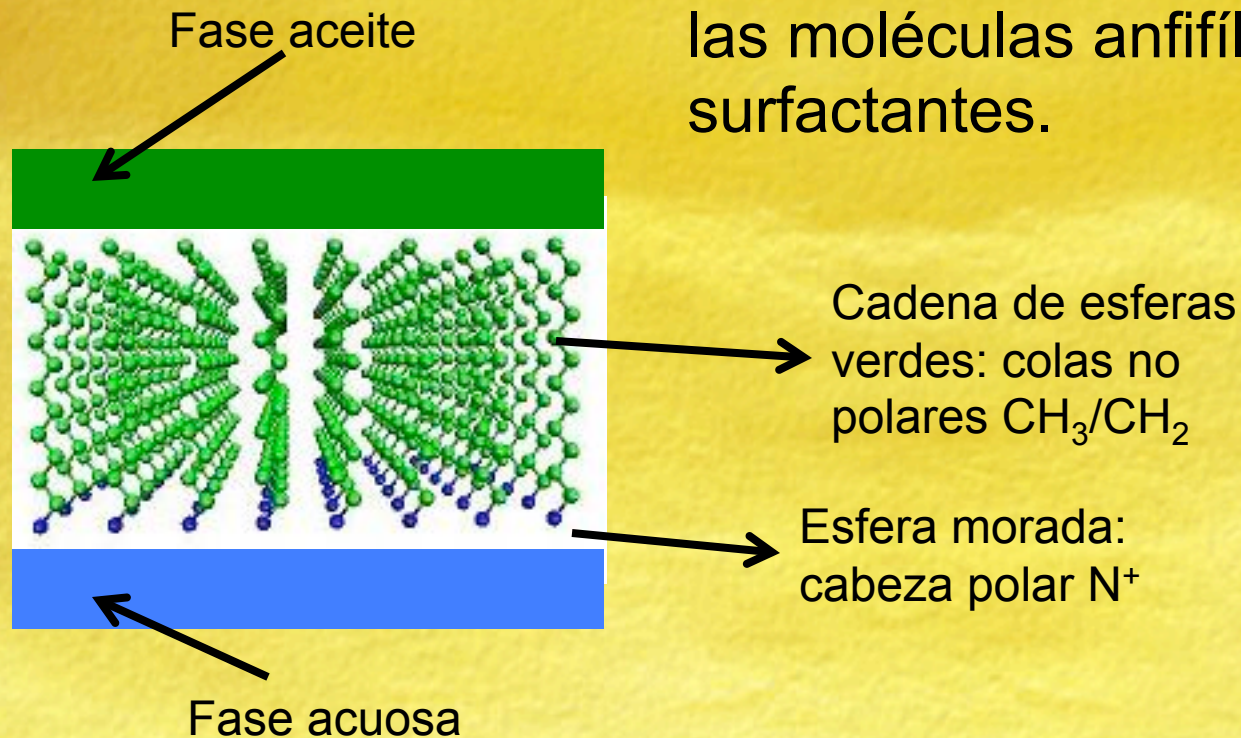


Cabeza polar, soluble en agua: N^+ ,
 SO_4^- , BrO^-

Las moléculas de surfactante tienden a asociarse y adsorberse sobre superficies

MICELAS

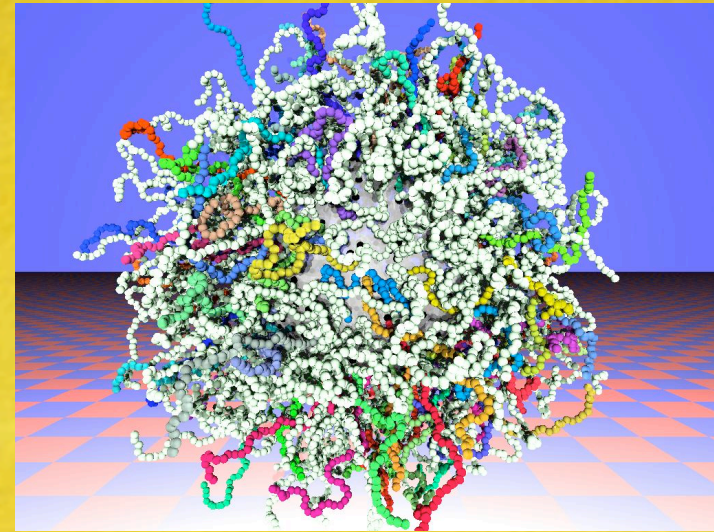
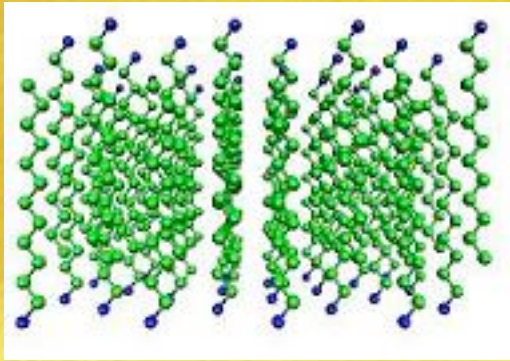
Arreglo o asociación molecular de forma que satisface las afinidades de las moléculas anfifílicas o surfactantes.



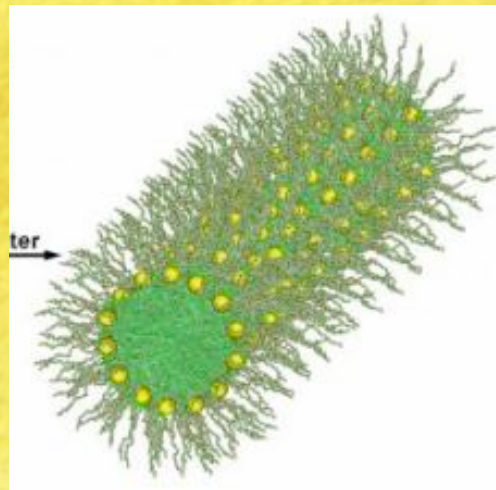
http://sinnott.mse.ufl.edu/sub08a_micelle.html

MICELAS

Bicapas



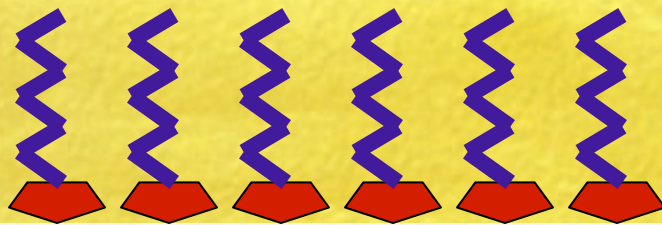
Micela esférica



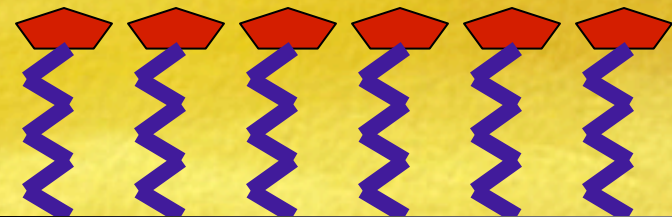
Micela cilíndrica

ADSORCION SOBRE SUPERFICIES

Superficie hidrofílica



Sílica

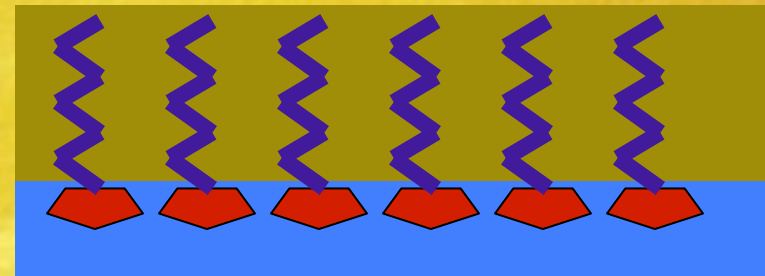
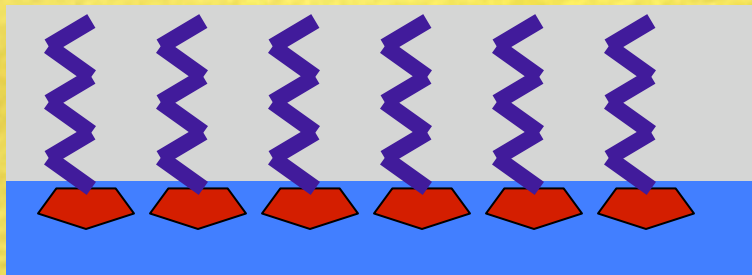


Grafito

Superficie lipofílica

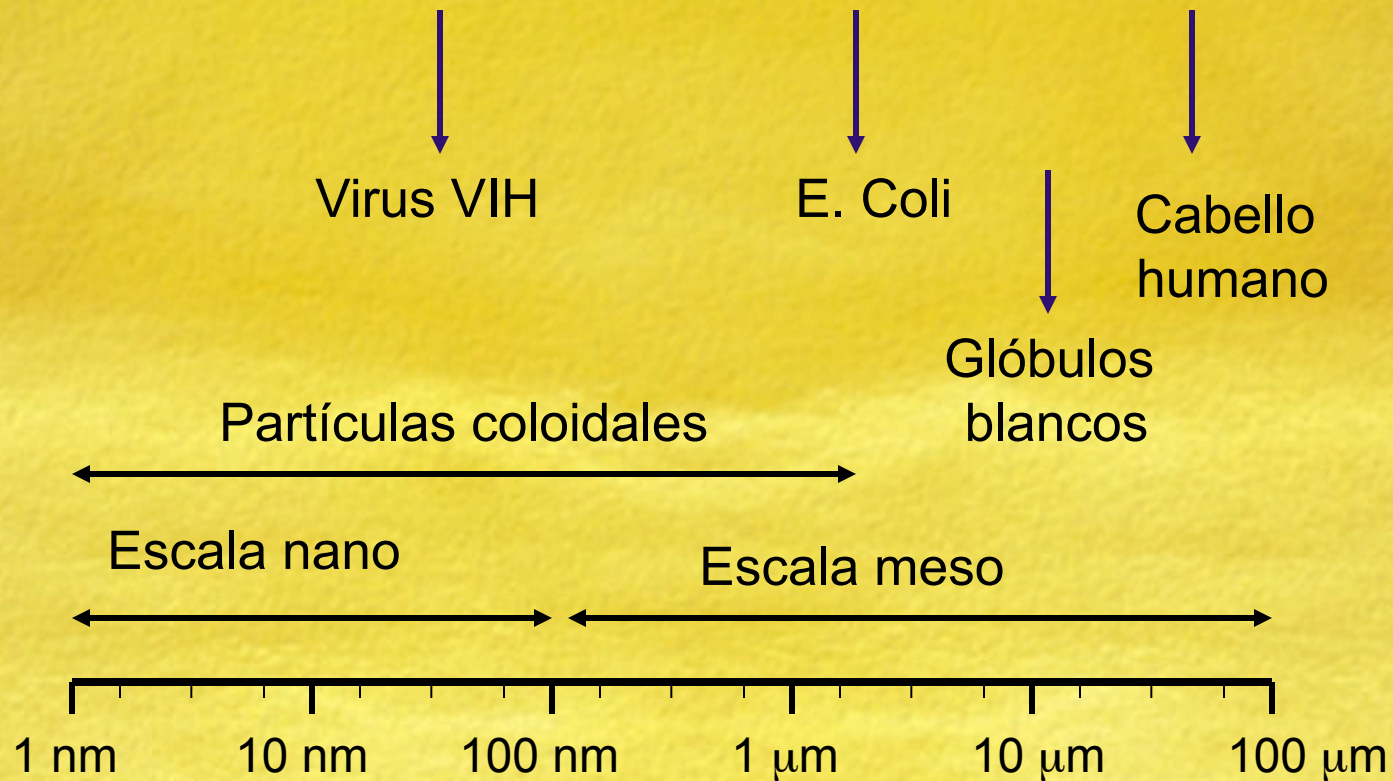
ADSORCION EN INTERFASES

Interfase agua-aire



Interfase agua-aceite

Escalas involucradas en los sistemas dispersos



$$1000 \mu\text{m} = 1 \text{ mm}$$

¿Cómo se preparan estos sistemas?

Métodos de preparación:

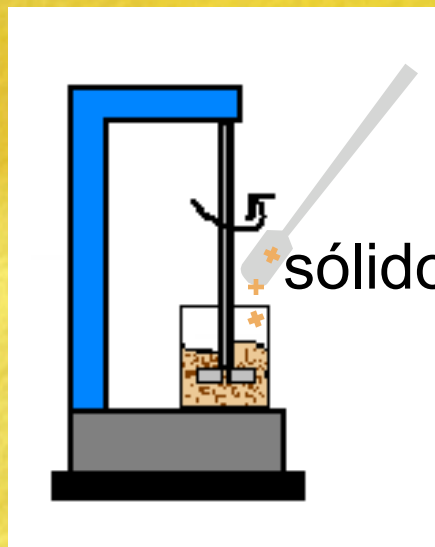
- ✓ Mezclado mecánico
- ✓ Espontáneamente

La preparación de un sistema disperso es, con frecuencia, relativamente compleja

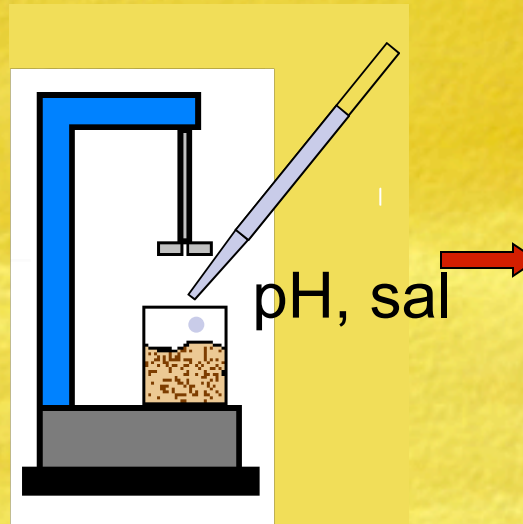
Factores a considerar:

- ✓ Propiedades de las fases: densidad, viscosidad, dureza, tensión interfacial.
- ✓ Formulación físico-química: tipo de surfactantes, co-surfactantes, naturaleza de las fases (tipo de aceite, electrolitos y polímeros en solución)
- ✓ Protocolo de mezclado: programación temporal de la adición de las fases, tiempo y velocidad de mezclado, energía para triturar, potencia consumida, etc.

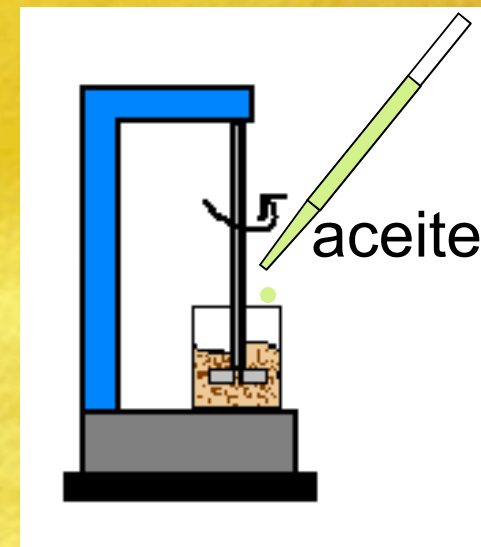
Ejemplo: preparación de una emulsión estabilizada por partículas



Paso 1:
Hacer una
suspensión

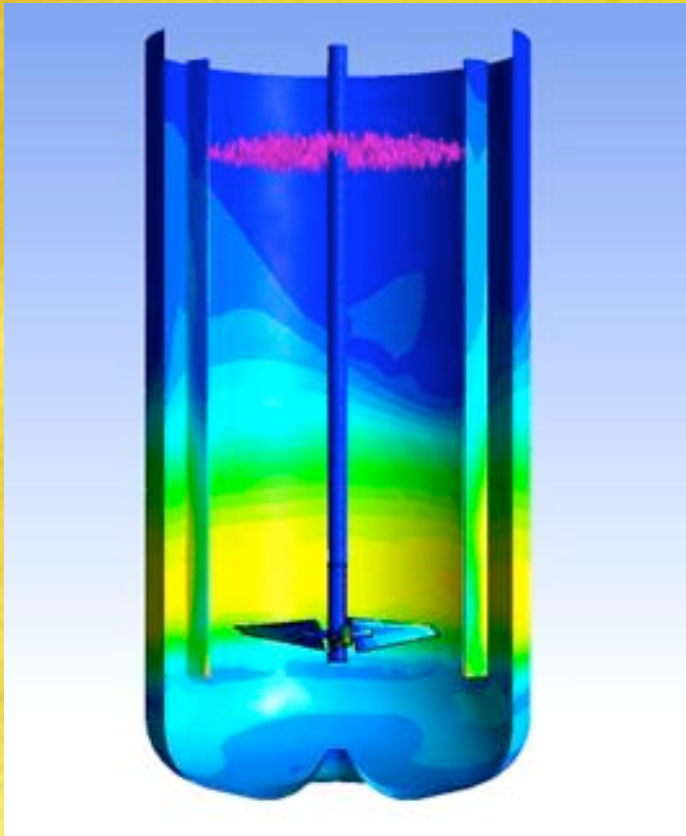


Paso 2:
Ajustar
formulación



Paso 3:
Hacer
emulsión

Dispositivos industriales: Tanque agitado



El gasto de energía mecánica depende estrechamente de las propiedades del fluido y de su formulación fisico-química.

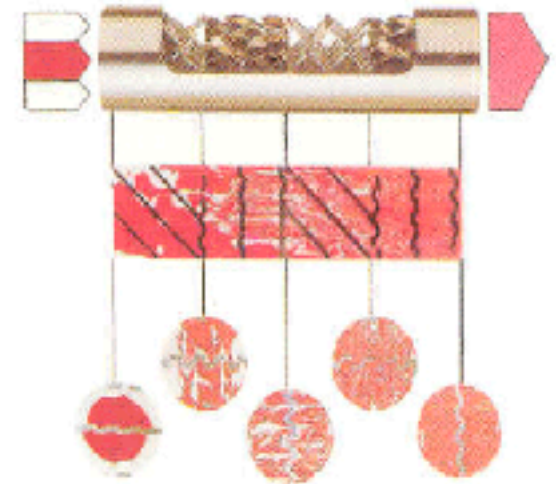
Si se consumen 150 kW h/ton de producto manufacturado, el costo en US\$ es de 15 US\$/ton (tarifa 10 cts/kW h)

www.numerola.fi/animation (se recomienda visitar página por simulación del movimiento de partículas en el un tanque agitado)

Mezclado estático en línea

El consumo de energía es proporcional a la caída de presión en el mezclador →

$$Potencia = (-\Delta P) Q$$



Tipos de sistemas dispersos

Básicamente tres:

- ✓ Líquido-líquido
- ✓ Líquido-gaseoso
- ✓ Líquido-sólido

Existen también muchas combinaciones de estos sistemas.

Sistemas líquido-líquido

Las dispersiones de uno o más líquidos inmiscibles se denomina emulsión.

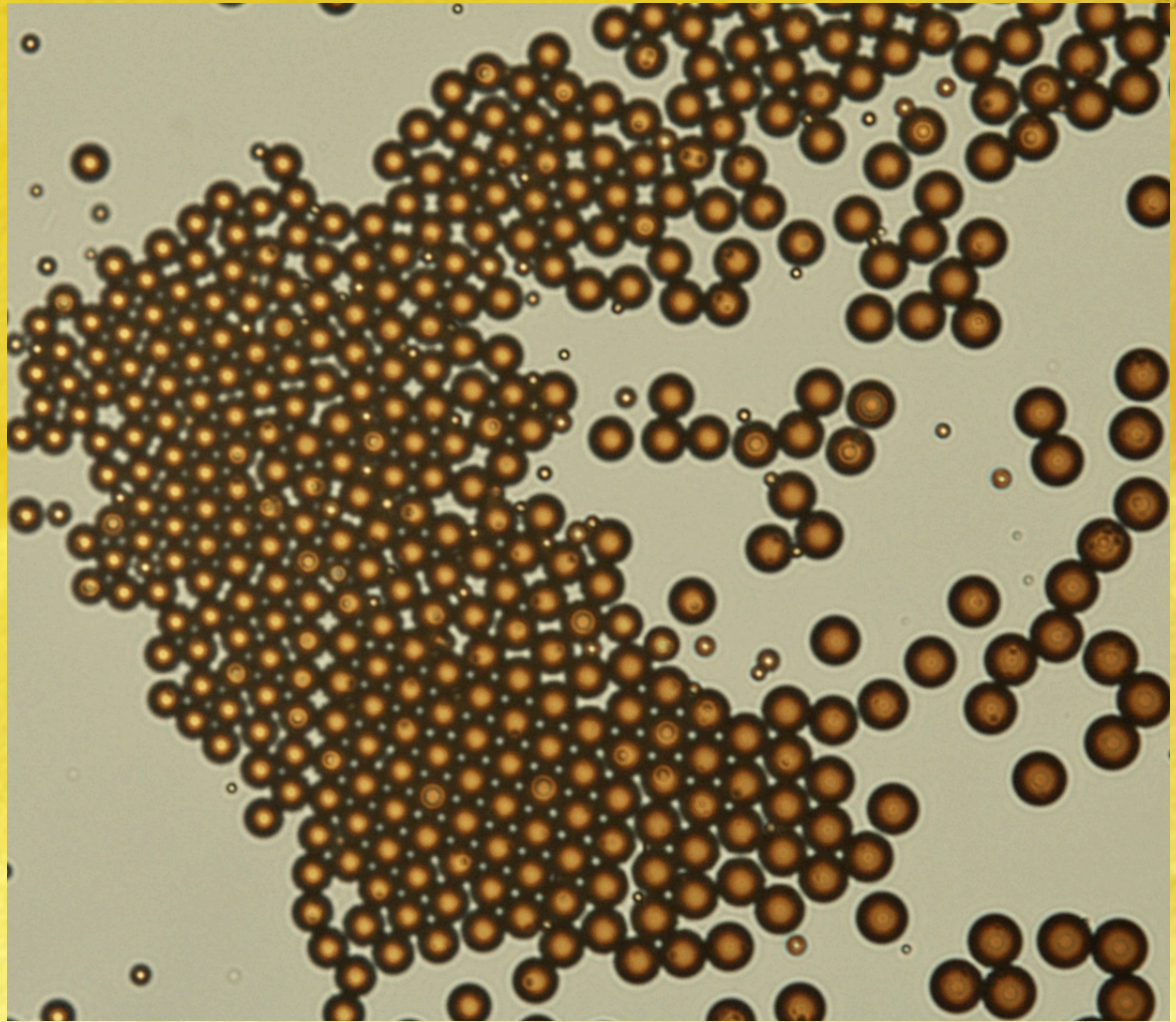
Emulsiones de aceite-en-agua (o/w):

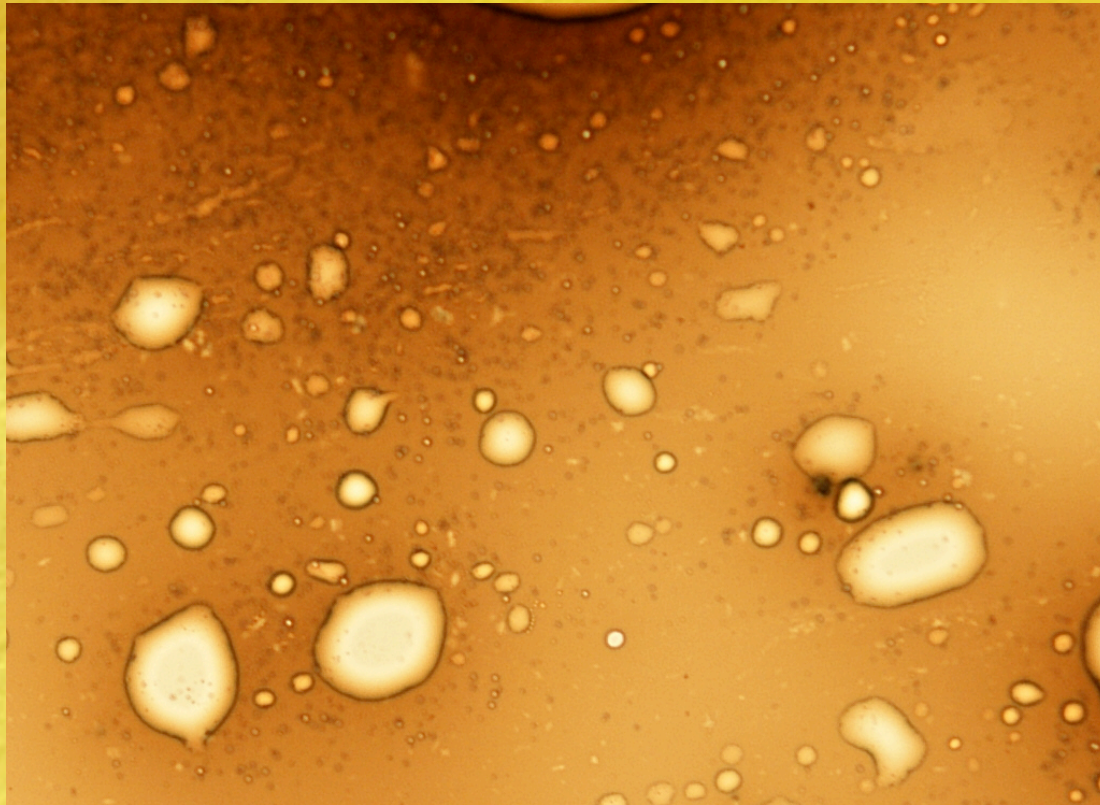
- ✓ Mayonesa, emulsión de Scott, mortadela

Emulsiones de agua-en-aceite (w/o):

- ✓ Mantequilla, margarina, petróleo (antes del proceso de deshidratación)

**Emulsión de
crudo pesado
(12 °API) en
agua.**



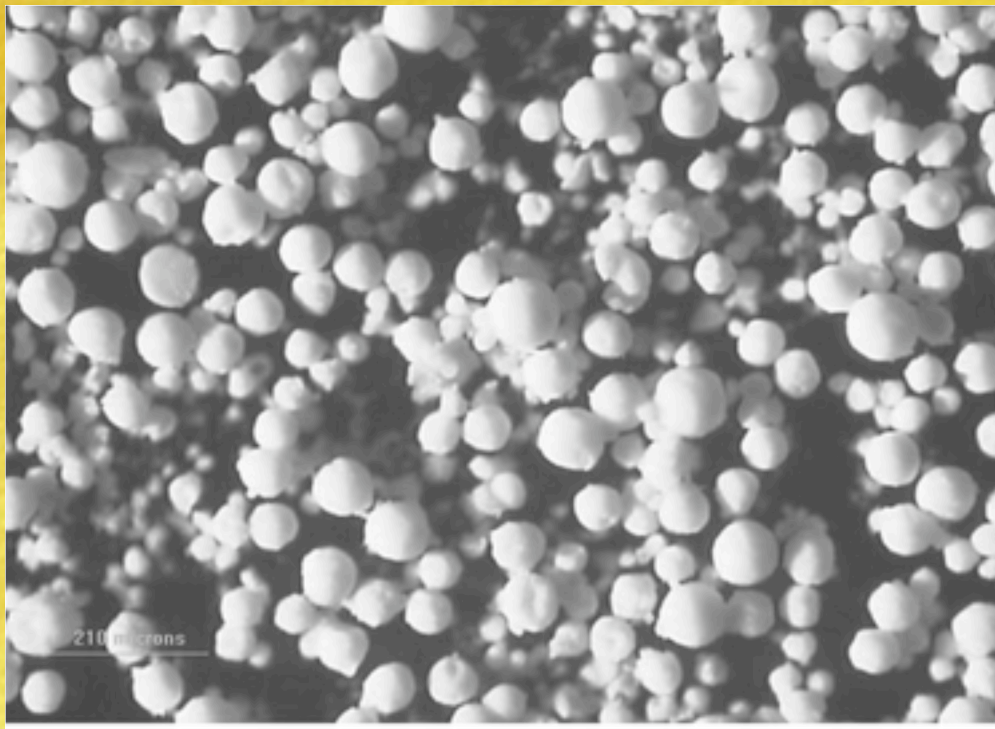


**Emulsión de
agua en crudo
pesado (12 °API)**



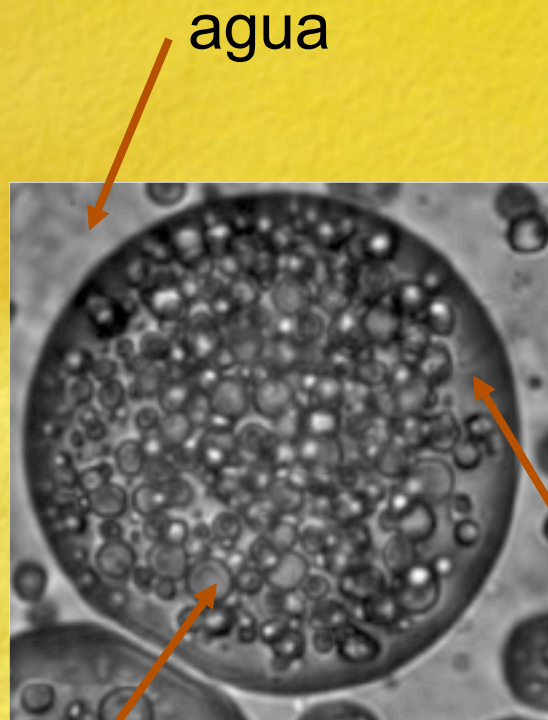
Sistemas líquido-líquido

Aspecto microscópico:



Nota: observe la diversidad de tamaños (del orden de micrómetros).

Emulsiones múltiples



agua

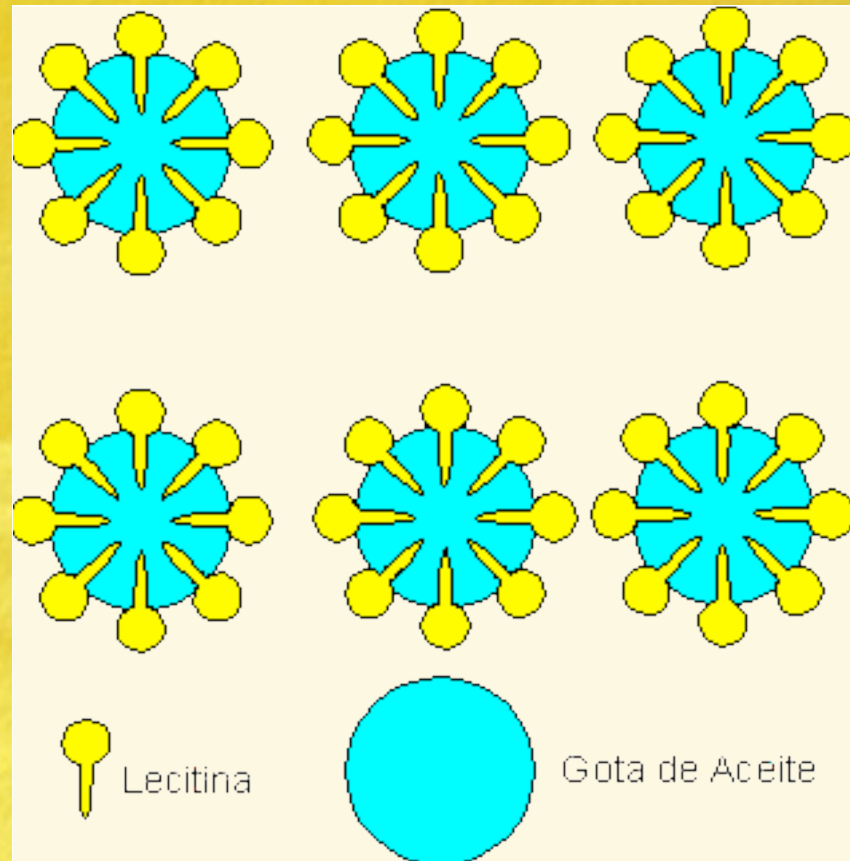
agua + principio activo

aceite

Coexisten tres fases. Desde la fase más interna puede transferirse algún activo en forma controlada.

Mayonesa

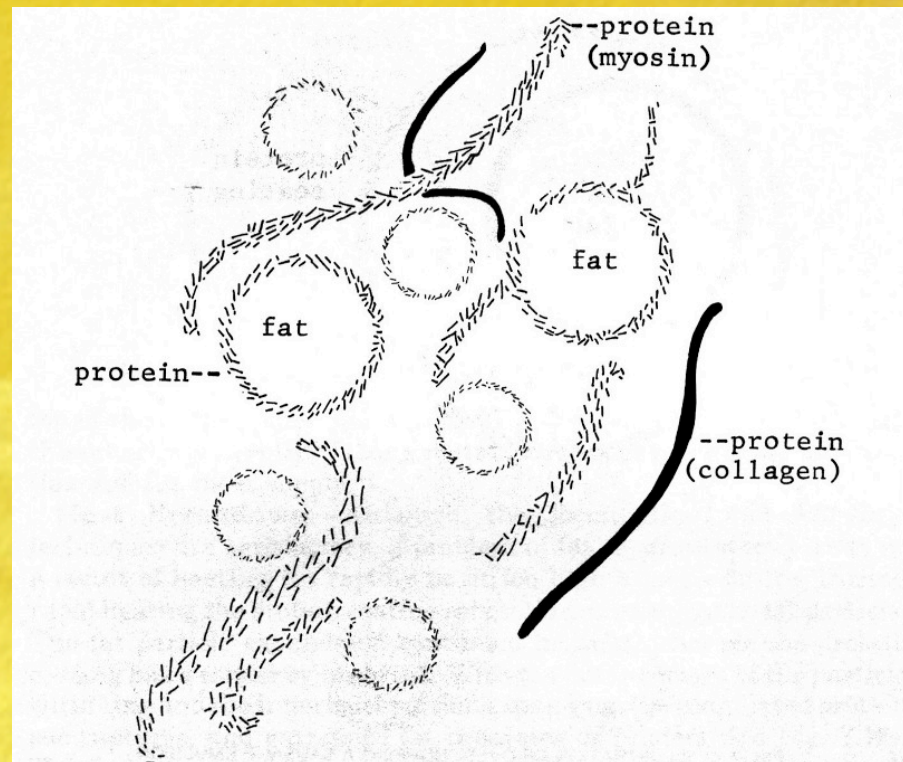
Para asegurar la coexistencia de las fases acuosa y oleosa, debe añadirse un tercer componente, lecitina (surfactante).



Salchicha

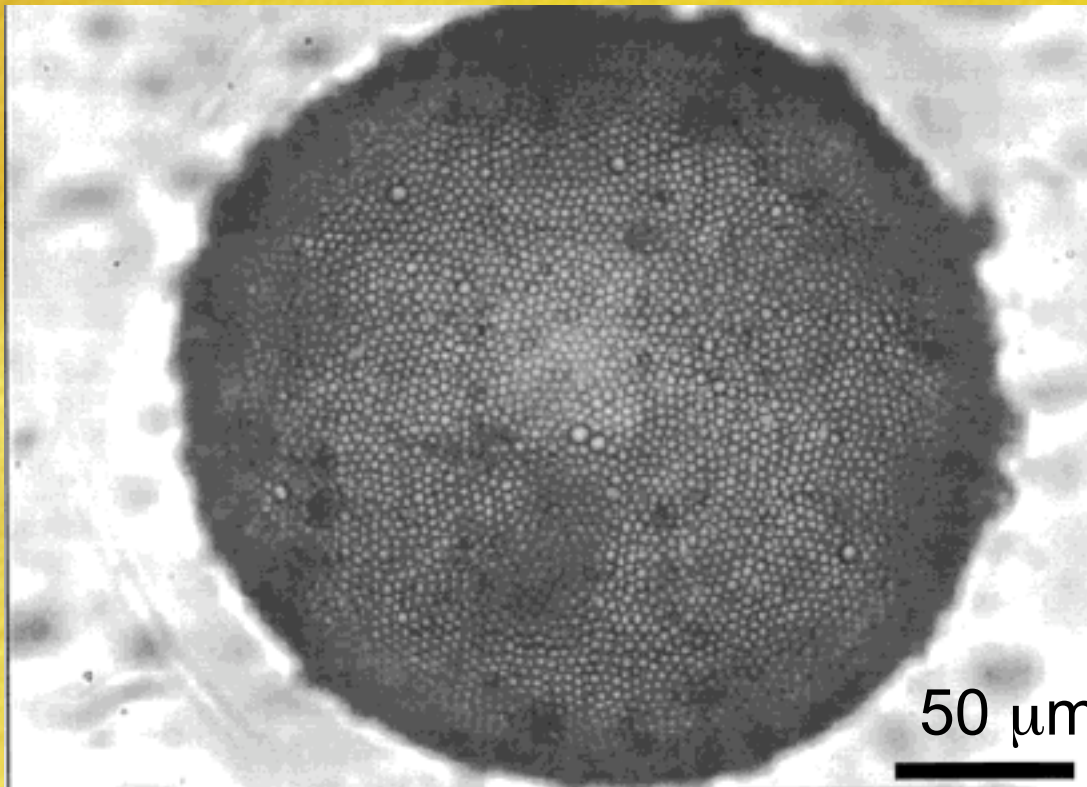
Las gotas de grasa se estabilizan mediante moléculas de proteína de carne finamente molida.

Moléculas de miosina y colágeno (hidrosolubles) producen un efecto adicional de estabilización.



From: *Processed Meats*,
Kramlich, Pearson, Tauber

Estabilización mediante partículas

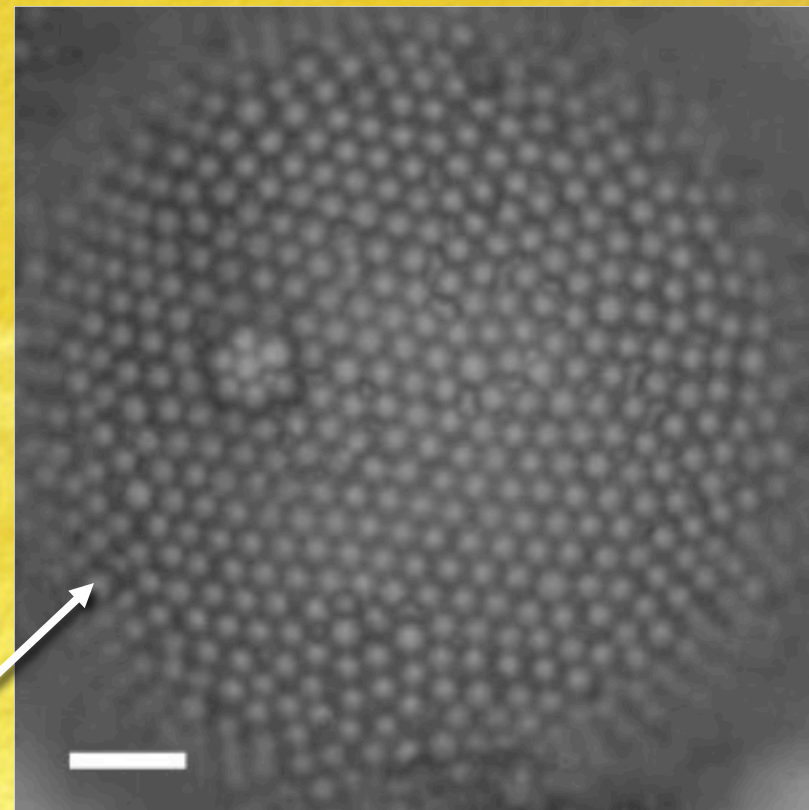


Las partículas de adsorben (fuerzas de van der Waals, electrostáticas) sobre la superficie de la gota, formando una barrera a la coalescencia.

*Binks and Lumsdon,
Langmuir, 17, 4540
(2001).*

Gota estabilizada por partículas

Nota: observe el arreglo de las partículas sobre la gota (hexagonal).



Partícula sólida

www.meeting.co.uk/confercare/emulsionsandfoams/

Sistemas líquido-gas

La dispersión de un gas en un líquido se denomina espuma, mousse, dispersión gas-líquido.

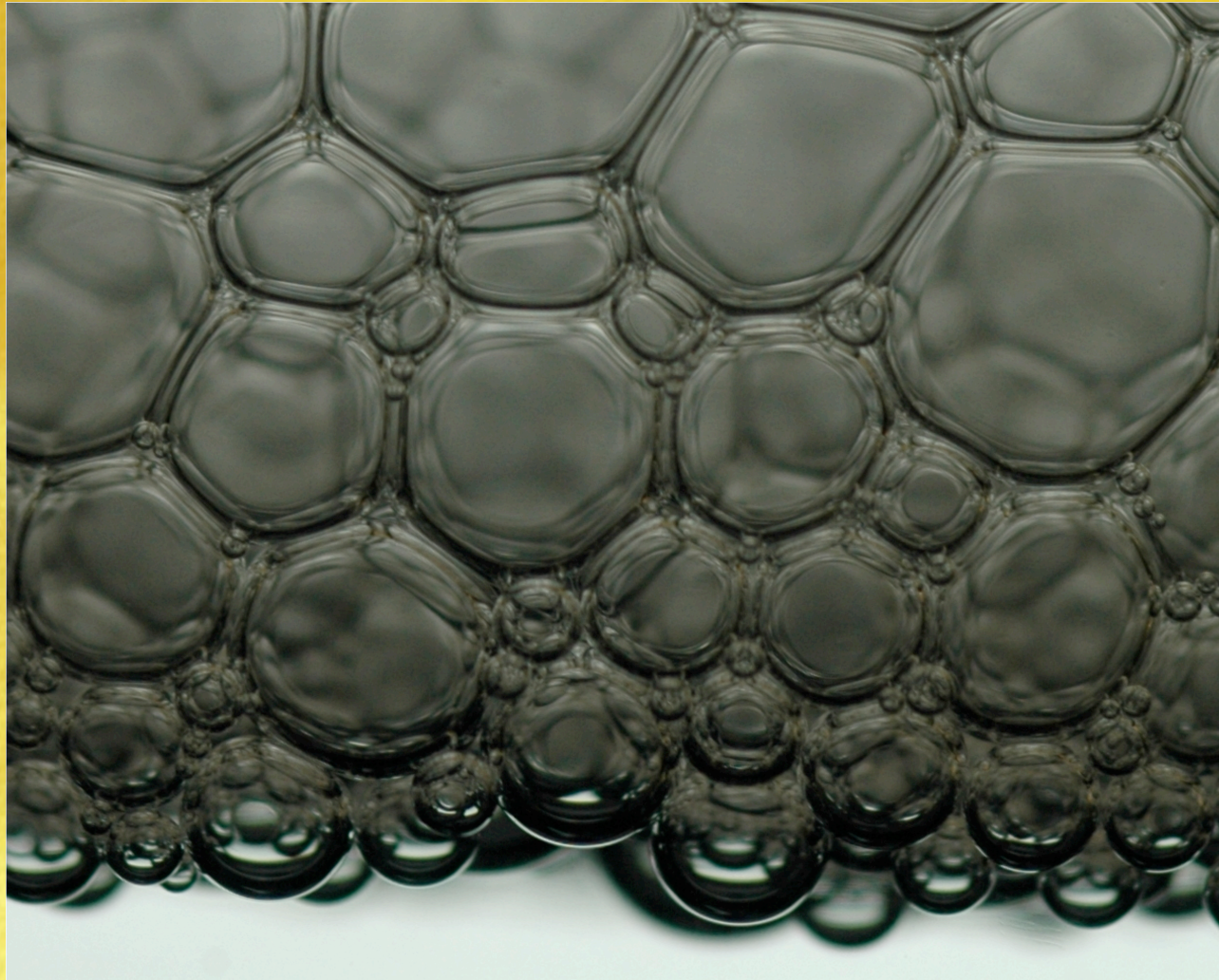
Espumas acuosas:

- ✓ Crema de afeitar

Espumas no acuosas:

- ✓ Cremas batidas, mousses

Espuma



Nota: observe el tamaño, forma y posición de las burbujas.

Espuma de mar



Las burbujas se estabilizan gracias a desechos orgánicos y partículas presentes en el medio.

www.microscopy-uk.org.uk/mag/artapr01/foam.html

Sistemas líquido-sólidos

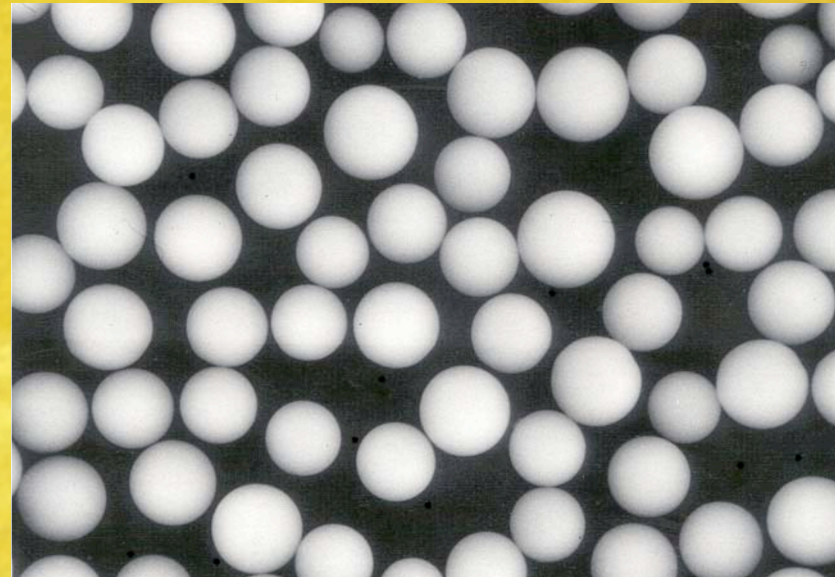
La dispersión de un sólido en un líquido se denomina suspensión.

Ejemplos:

- ✓ Pasta de dientes, pinturas, recubrimientos

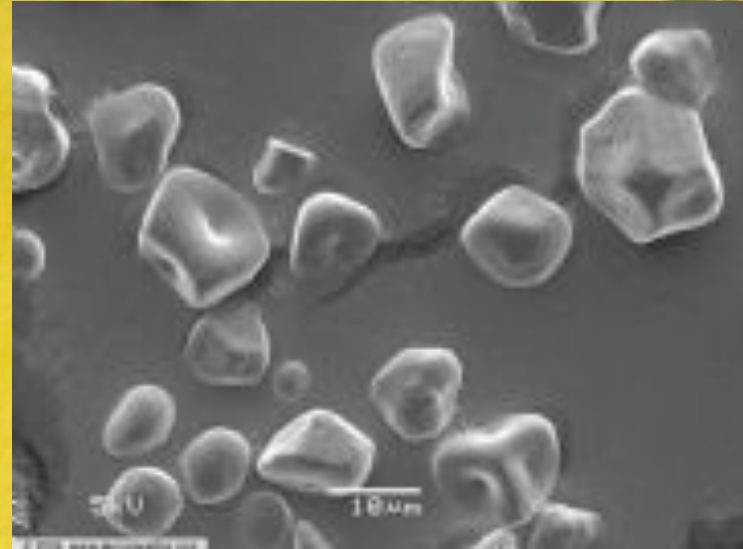
Suspensión

Partículas de sílica
de 5 μm .



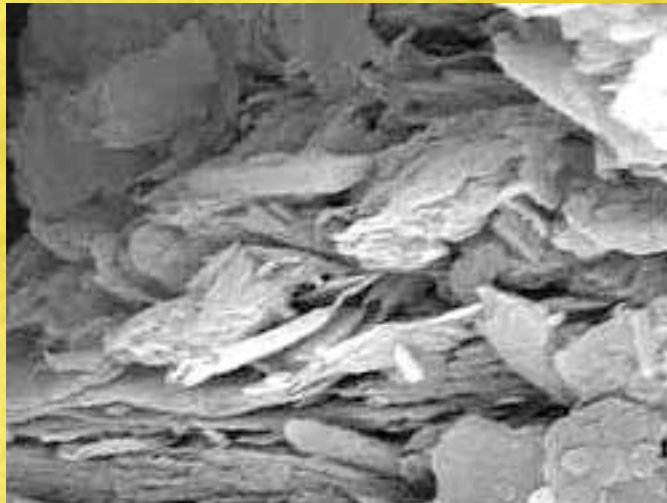
www.stellarphases.com/Astrosil.htm

Almidón:
partículas
polihedrales
(casi esféricas)



www.mccroneatlas.com/search

Se recomienda ver esta página para más imágenes
microscópicas de partículas



Arcillas:
Laminillas de
1- 2 μm

www.drainfieldrepair.com/hardpan_soil.htm

Sistemas dispersos complejos

Involucran más de dos fases.

Líquidos y sólidos:

- ✓ Salsa de tomate: agua, aceite, fibras
- ✓ Lodo de perforación: agua, aceite, arcilla
- ✓ Chocolate: agua, cacao en polvo, manteca de cacao, azúcar

Líquidos, sólidos y gas:

- ✓ Helados: agua, cristales, glóbulos de grasa
- ✓ Fluidos de perforación aireados: agua, aceite, arcilla, gas

Helados

Microfotografías (3 y 4 son ampliaciones de 1 y 2):

a: burbujas de aire

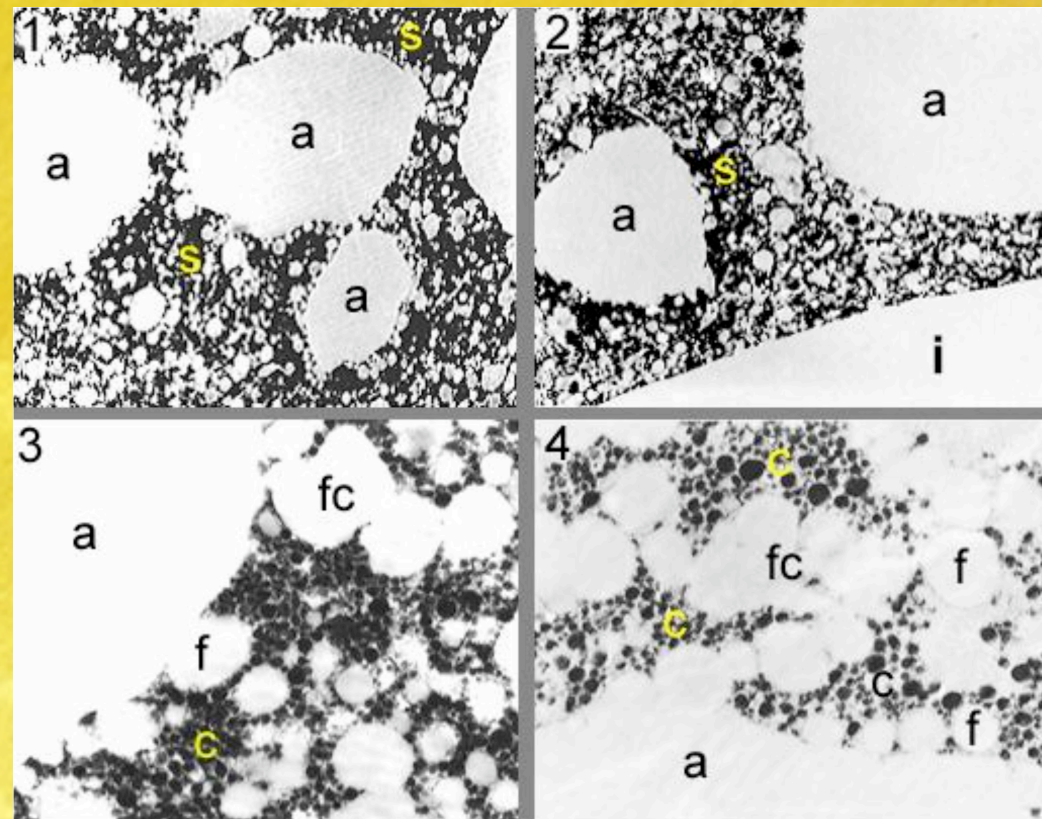
s: suero no congelado

i: cristales de agua

f: glóbulos de grasa

fc: coágulos de glóbulos de grasa

c: micelas de caseína



Propiedades de los sistemas dispersos

Presentan muy variadas propiedades según su uso. Las dos más importantes son:

- La estabilidad
- El comportamiento de flujo

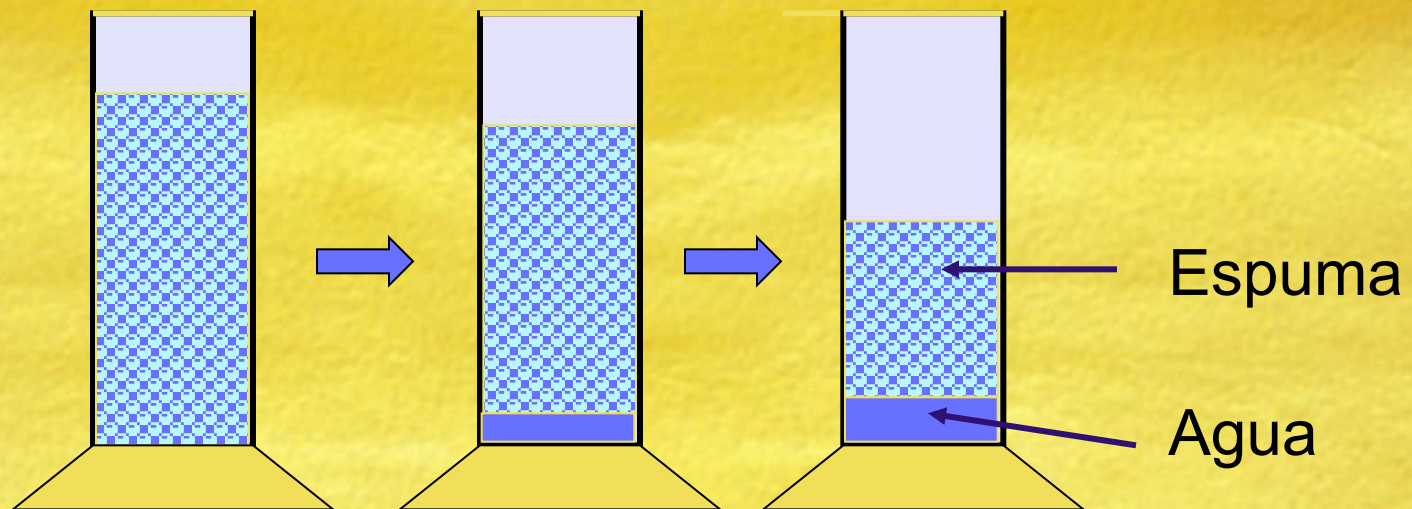
Estabilidad de los sistemas dispersos

El tipo de estabilidad que nos interesa es que no ocurra la separación de las fases, por lo menos no durante el tiempo que se requiera el producto:

- Estabilidad de anaquel
- Estabilidad en tanques de almacenamiento

¿Cuándo es inestable un sistema disperso?

Ejemplo: Estabilidad de una espuma (acuosa)



La espuma decae por el drenaje de líquido, coalescencia y rompimiento de burbujas

¿Qué es un fluido?

Un *fluido* es un material deformable pero, a diferencia de los sólidos, se deforma continuamente mientras dura el esfuerzo aplicado.

Importancia de enfocar un sistema disperso como un fluido:

El comportamiento de flujo (o comportamiento reológico) suele ser de extrema importancia, tanto en la preparación como en el manejo y aplicación del material.

Comportamiento de flujo



Ejemplo:

La crema batida es una espuma de aire en crema de leche.

El fluido que se produce, si es correctamente formulado y mezclado, presenta capacidad de suspensión.

Comportamiento de flujo

Comparación del comportamiento de dos fluidos, miel y mayonesa.

Miel: Solución de 82,4 % de carbohidratos (fructuosa, glucosa, maltosa, sucrosa); 17,1 % de agua; 0,5 % de proteínas, amino ácidos, vitaminas y minerales.

Mayonesa: Emulsión de 75 % de aceite; 25 % de una solución de sal, estabilizantes, condimentos.

Proyecto

Discusión sobre el tipo de proyecto:

- ✓ Revisión bibliográfica
- ✓ Manufactura de algún sistema disperso y sus antecedentes

A realizar por parejas.