Emulsiones Múltiples

Gabriela Alvarez, Elizabeth Castro, Hans Murzi, Antonio Cárdenas

Laboratorio de Mezclado, Separación y Síntesis Industrial

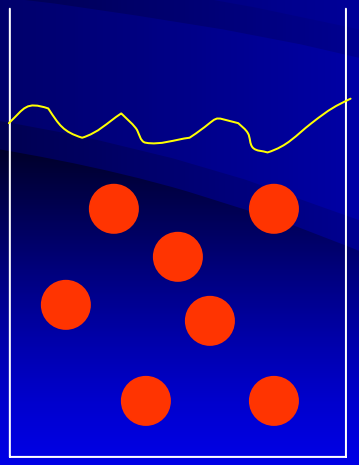
Escuela de Ingeniería Química

Universidad de los Andes

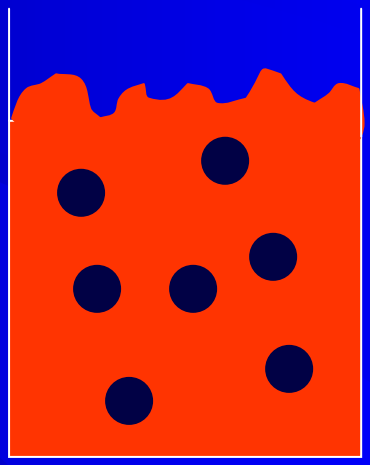
Email: antonioc@ula.ve

¿Qué es una emulsión?

Una emulsión es una dispersión de un líquido en otro.



O/W



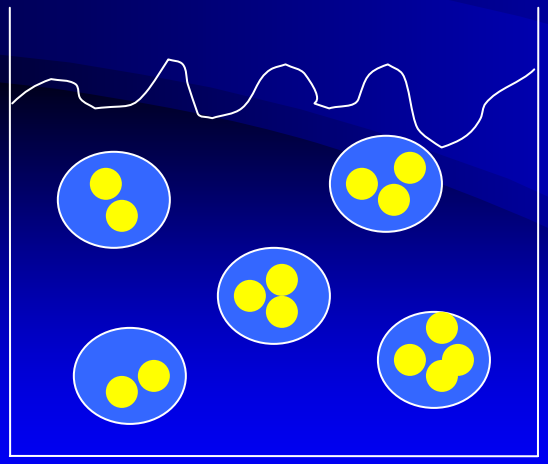
W/O

Requisitos para formar una emulsión estable

- Dos líquidos inmiscibles
- Agentes surfactantes
- Agitación

Emulsión Múltiple

Una emulsión múltiple que se caracteriza porque la fase dispersa (gotas) tienen a su vez glóbulos en su interior. Las fases externa y los glóbulos son miscibles.

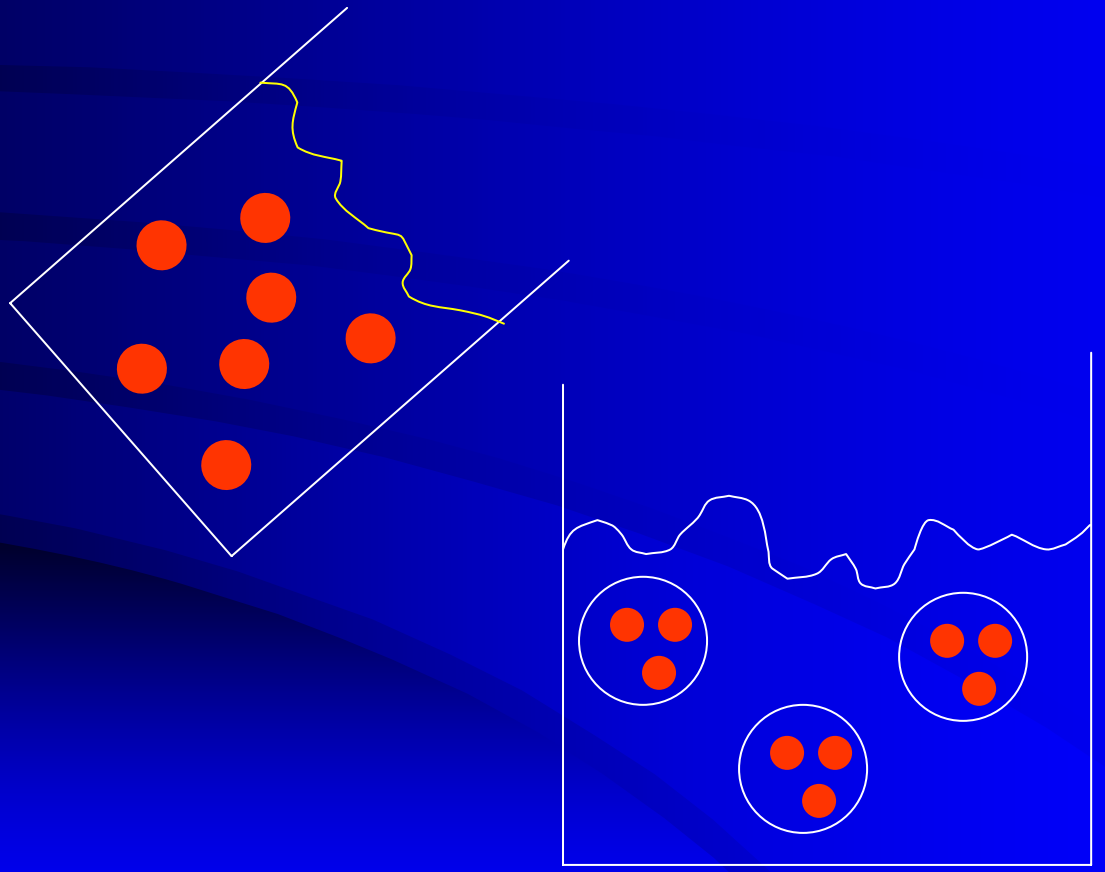


Las emulsiones múltiples pueden ser de dos tipos:

Agua/Aceite/Agua W1/O/W2
Aceite/agua/Aceite O1/W/O2

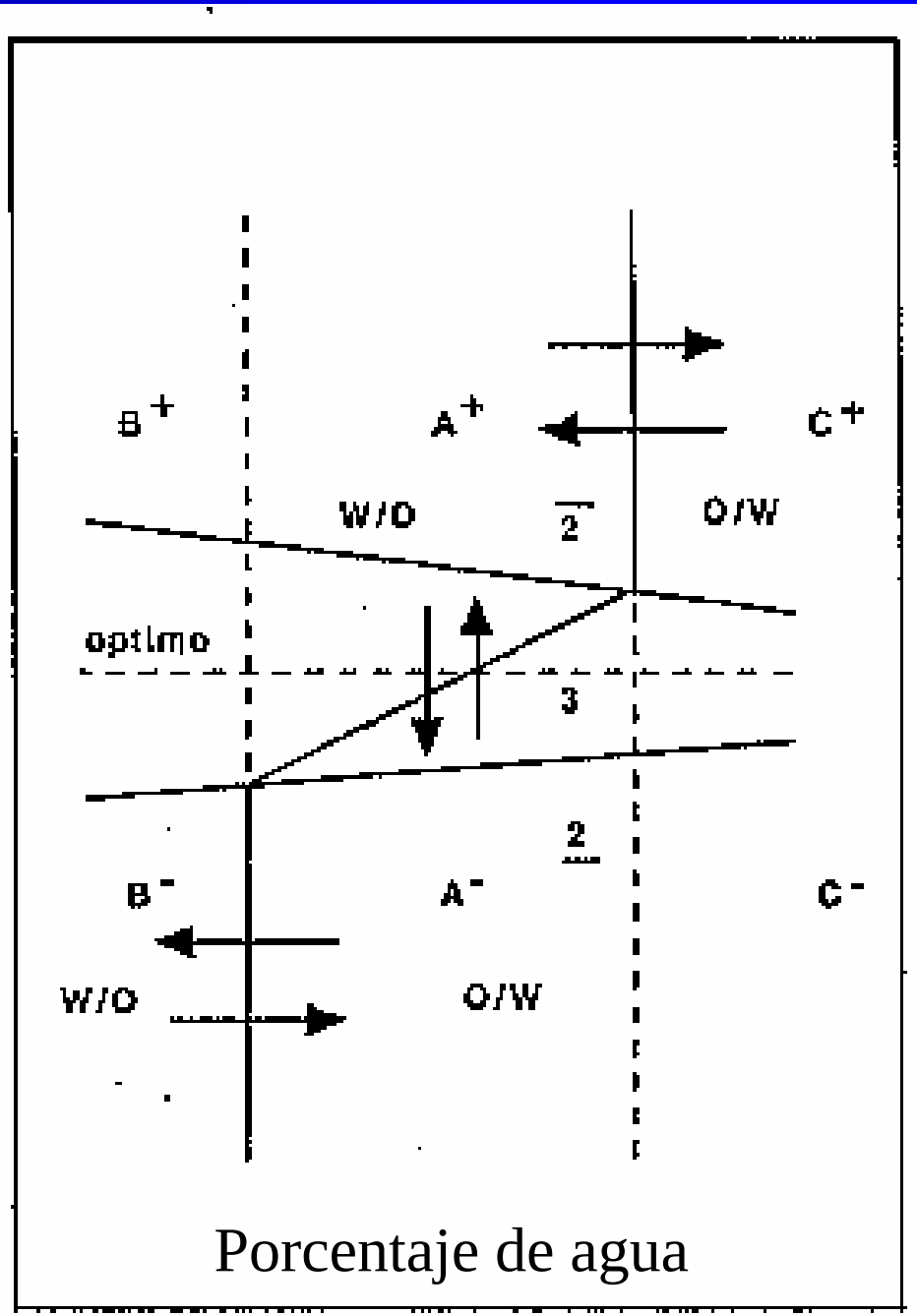
Preparación

Método de dos pasos



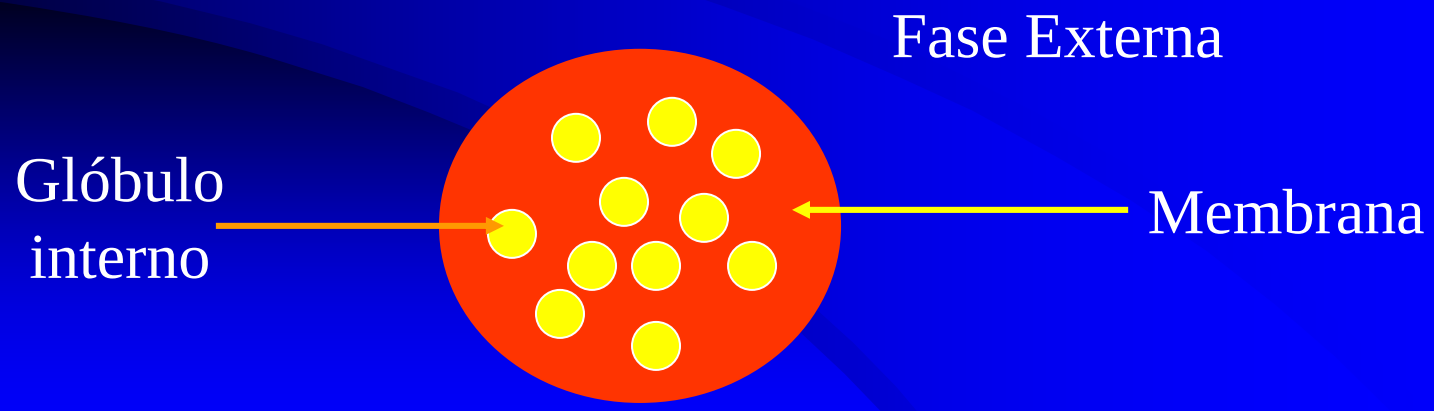
Preparación
Método de inversión de emulsiones

Desviación de la formulación optima



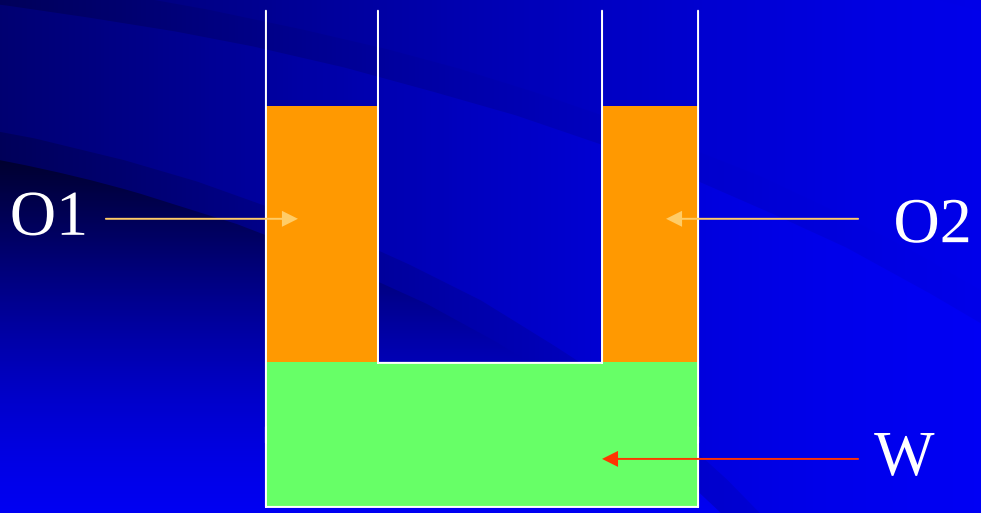
¿Emulsiones múltiples? ¿Membranas?

En las emulsiones múltiples los glóbulos internos están separados de la fase externa por una barrera inmiscible, que eventualmente puede actuar como una membrana líquida.



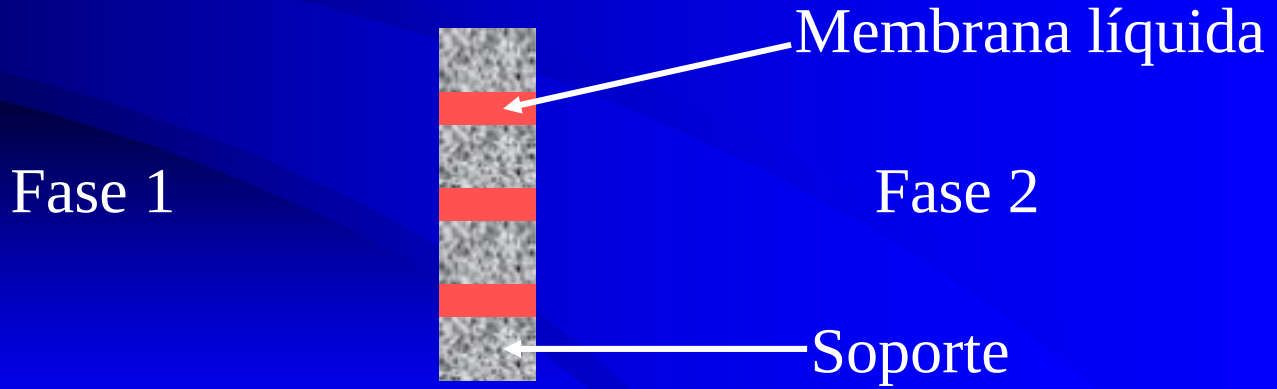
Tipos de Membranas Líquidas

- Membrana líquida tipo “bulk”. Este tipo de membranas un líquido se pone en contacto con dos fases inmiscibles con él.

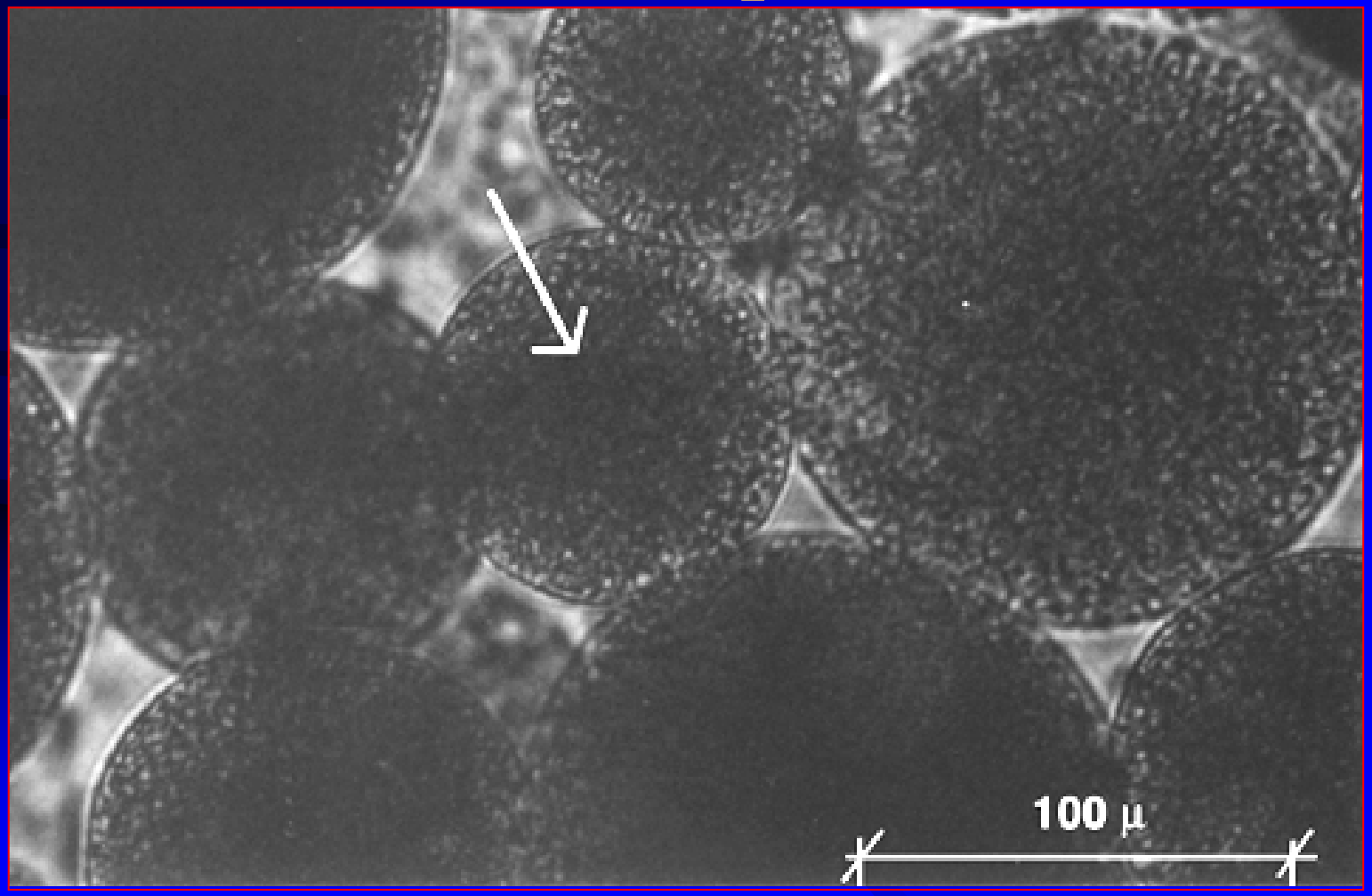


Tipos de Membranas Líquidas

- Membrana líquida emulsionada. Es una emulsión múltiple.
- Membrana líquida soportada. La membrana consiste en un líquido inmiscible con dos fases que se encuentra en los poros de un soporte.



Fotografía de una emulsión múltiple



Emulsiones Múltiples

Tienen una enorme área superficial, lo que favorece la transferencia de masa

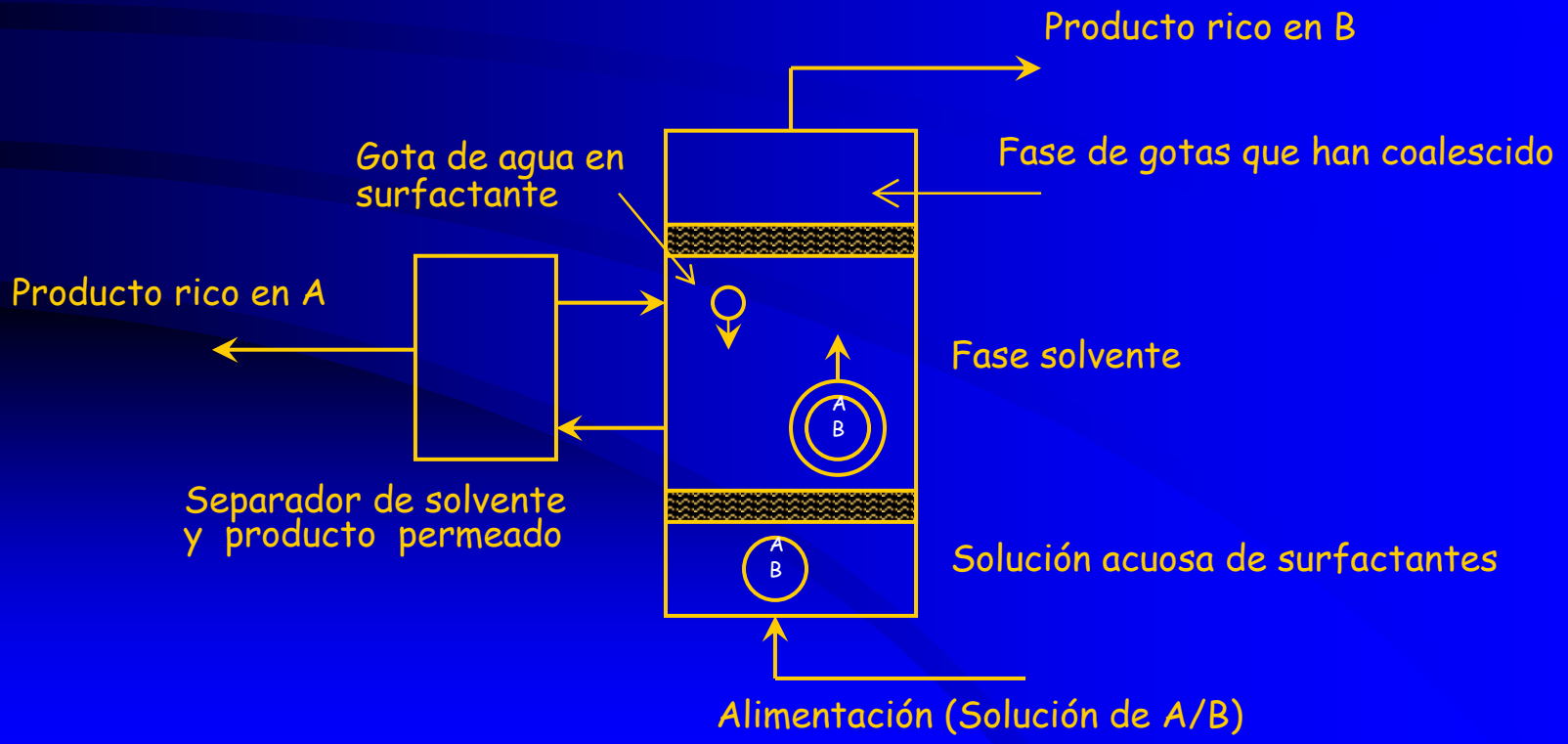
(1000 a 3000 m^2/m^3)

Aplicaciones de las Emulsiones Múltiples

- Separación de compuestos. La membrana se utiliza para separar (e incluso concentrar) compuestos.
- Liberación controlada. Se libera un componente desde la fase interna hacia la externa en forma controlada.

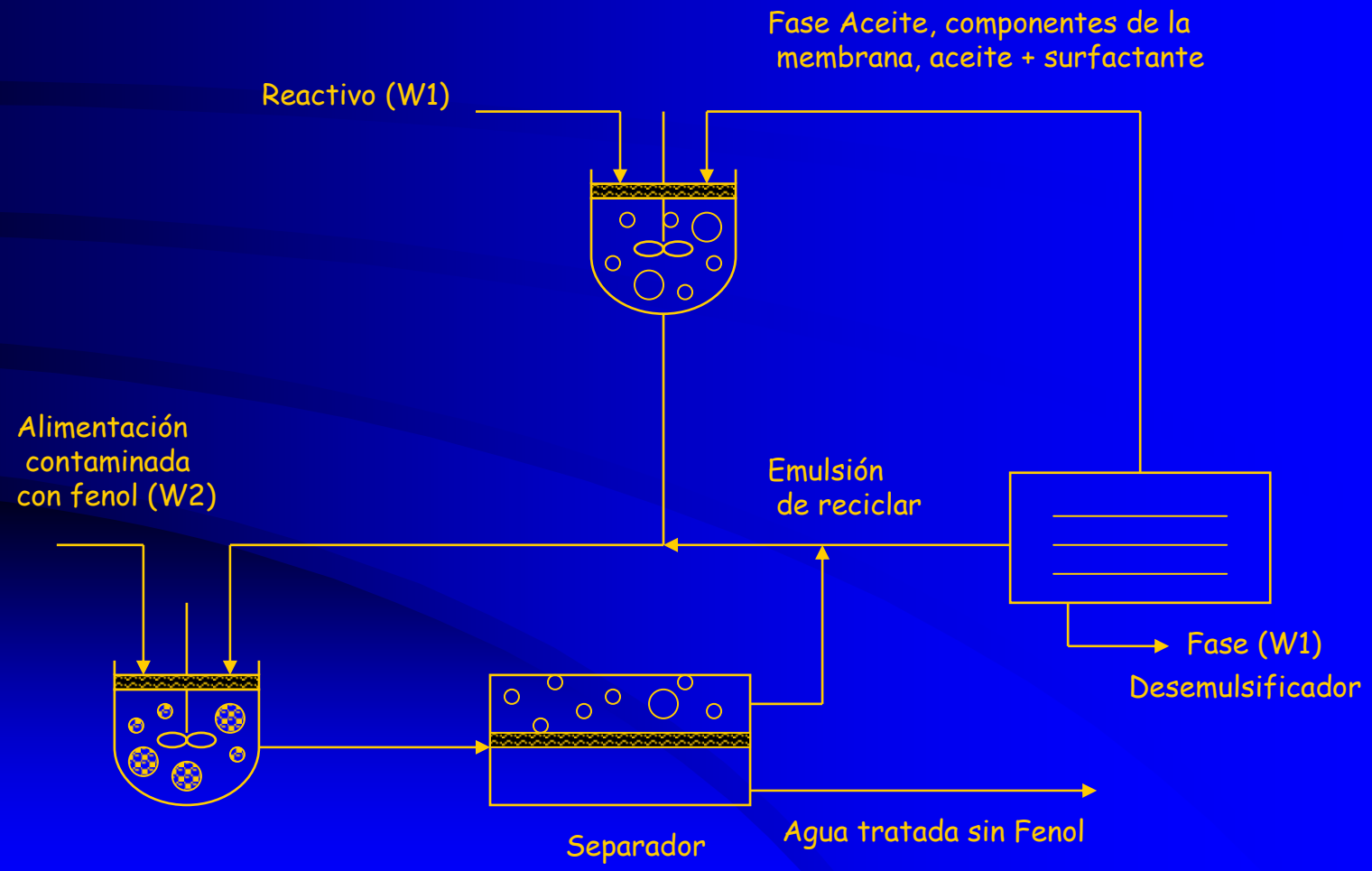
Aplicaciones

- Ingeniería Química
  - Separación de mezclas de hidrocarburos (Li, 1960-1970)



Aplicaciones

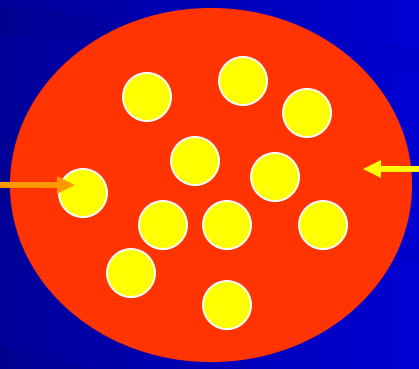
- Separación de fenol



Separación del Fenol

Fase Externa:
Agua + Fenol

Glóbulo interno: Solución de NaOH

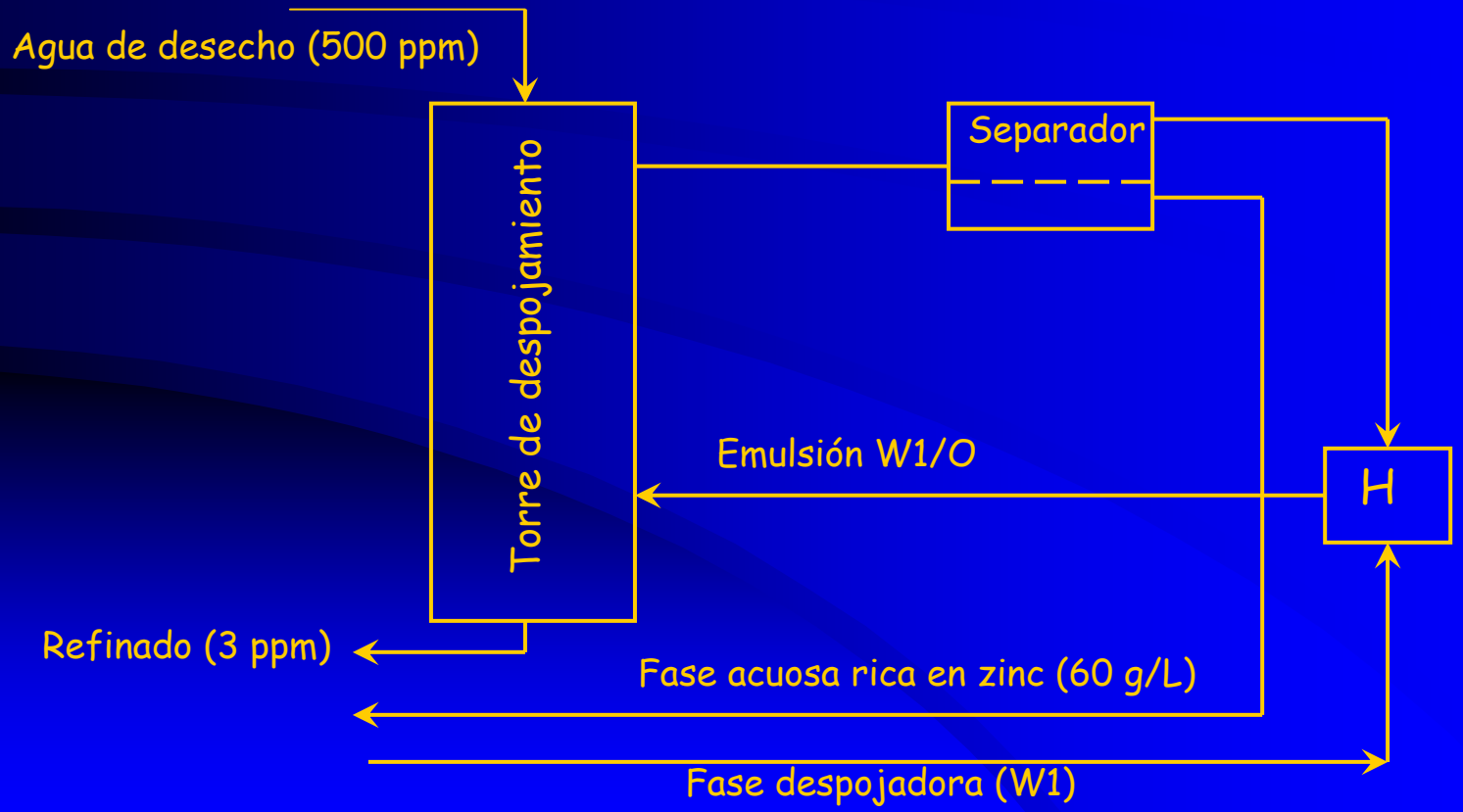


Membrana: Aceite en el cual es soluble el fenol

$$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5O^-Na^+ + H_2O$$

Aplicaciones

– Recuperación de Zinc de los efluentes de una planta textil



Aplicaciones Industriales

- Remoción de Zn de los efluentes de una planta textilera en Lenzing AG, Austria. Lleva el efluente de 500 ppm a menos de 3 ppm.
- Remoción de fenol de la planta de plásticos Nanchung Plastic Factory, Guangzhou, China. Esta reduce el contenido de fenol de 1000 ppm a menos de 0,5 ppm.

Aplicaciones Potenciales

- Separaciones en bioquímica: aminoácidos, ácidos propiónico y acético, extracción del ácido cítrico, recuperación de ácido láctico, remoción del colesterol de la sangre, etc.
- Separación de amoníaco.
- Sustitutos de la sangre.
- Recuperación de metales pesados.
- Límite: la imaginación.

Transportadores

Toda membrana debe ser selectiva y permeable. En algunos casos, los compuestos a separar no son solubles en las membranas y es necesario que compuestos específicos los solubilicen y los transporten; estos son los 'transportadores'.

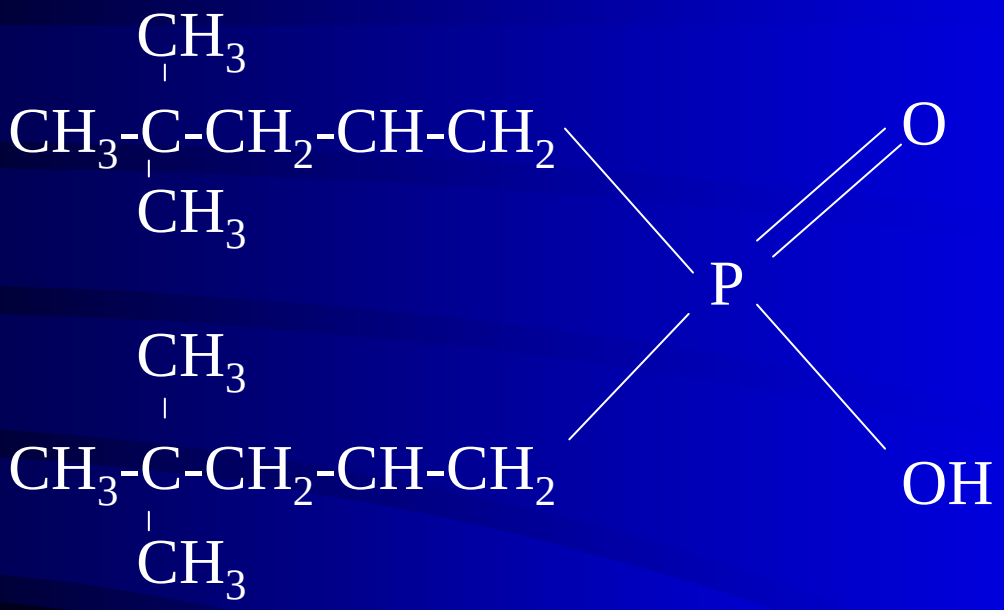
Transportadores

- Le dan selectividad a la membrana, al ser específicos hacia ciertos compuestos, como por ejemplo los éter coronas con los metales alcalinos. En general son agentes acomplejantes con una constante de formación moderada.
- Son compuestos solubles en la fase membrana y poco solubles en las otras dos fases. Esto para evitar pérdidas importantes de transportador.

Tipos de transportadores

- Aminas
- Fosfatos, por ejemplo el ácido bis 2 etil hexyl fosfórico
- Acidos carboxílicos
- Eter coronas
- Tio-éteres

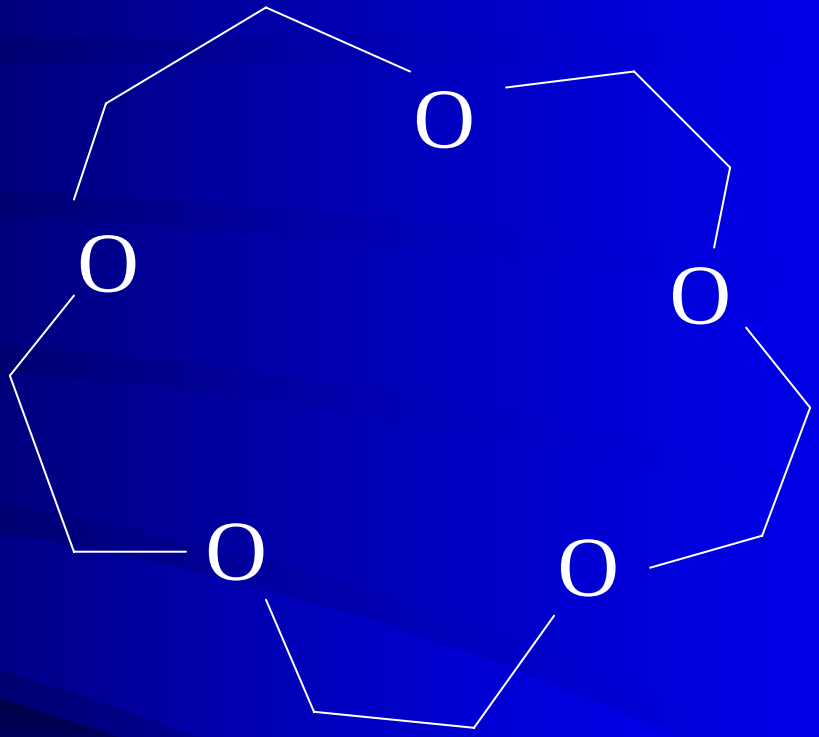
Tipos de transportadores



CYANEX 272

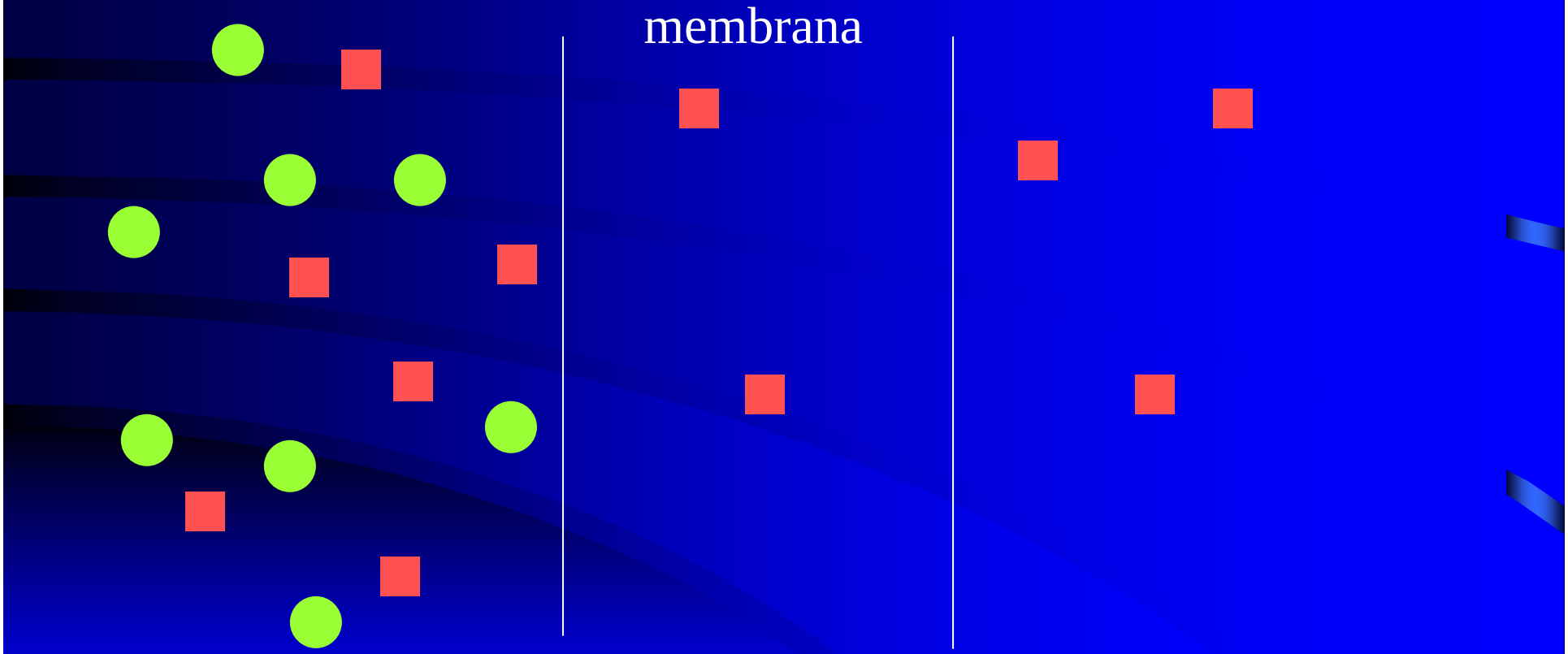
$$nHL_{org} + M_{aq}^{n+} \text{---------- } ML_{org} + nH_{aq}^{+}$$

Tipos de transportadores



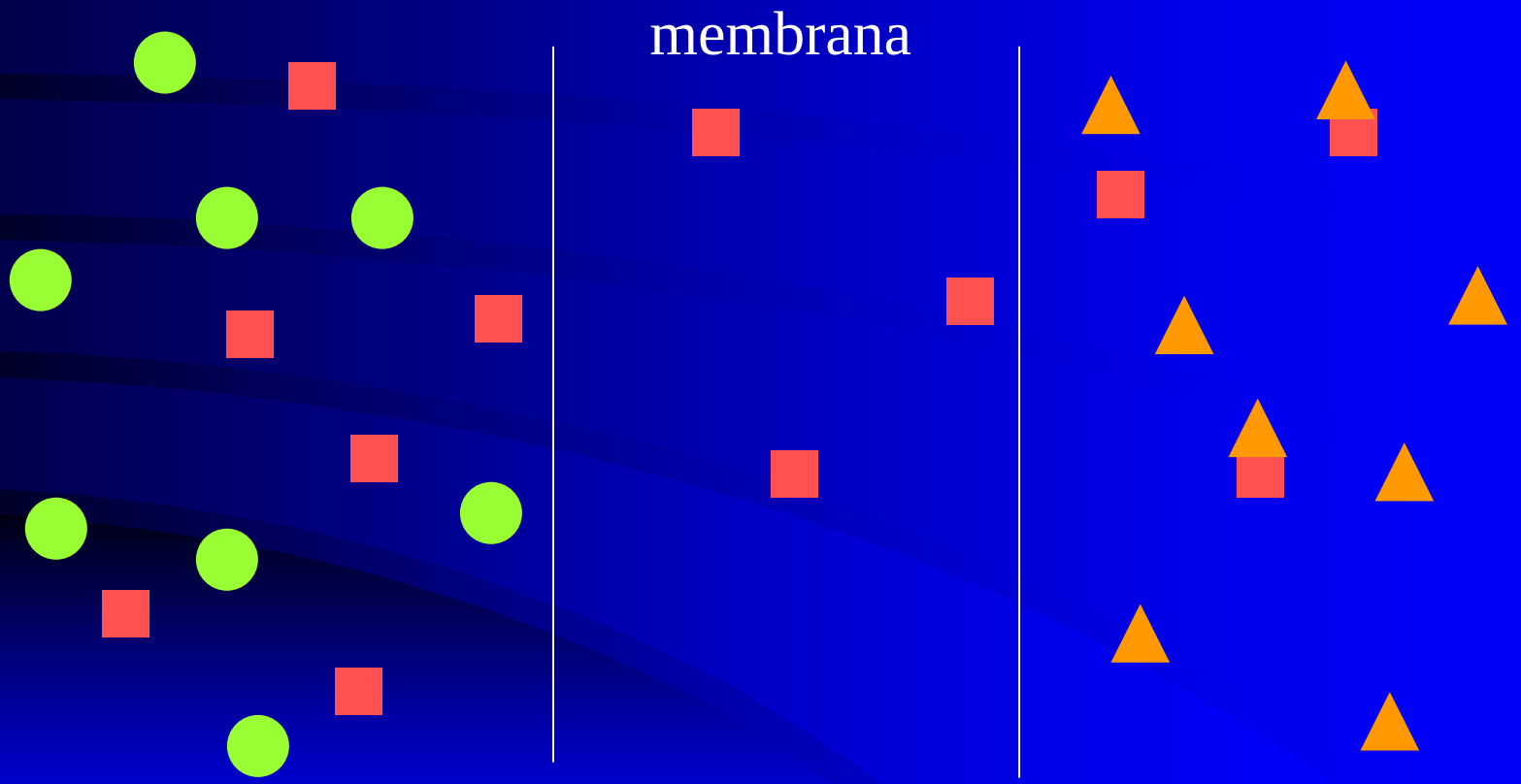
Eter Corona

Mecanismo de transporte



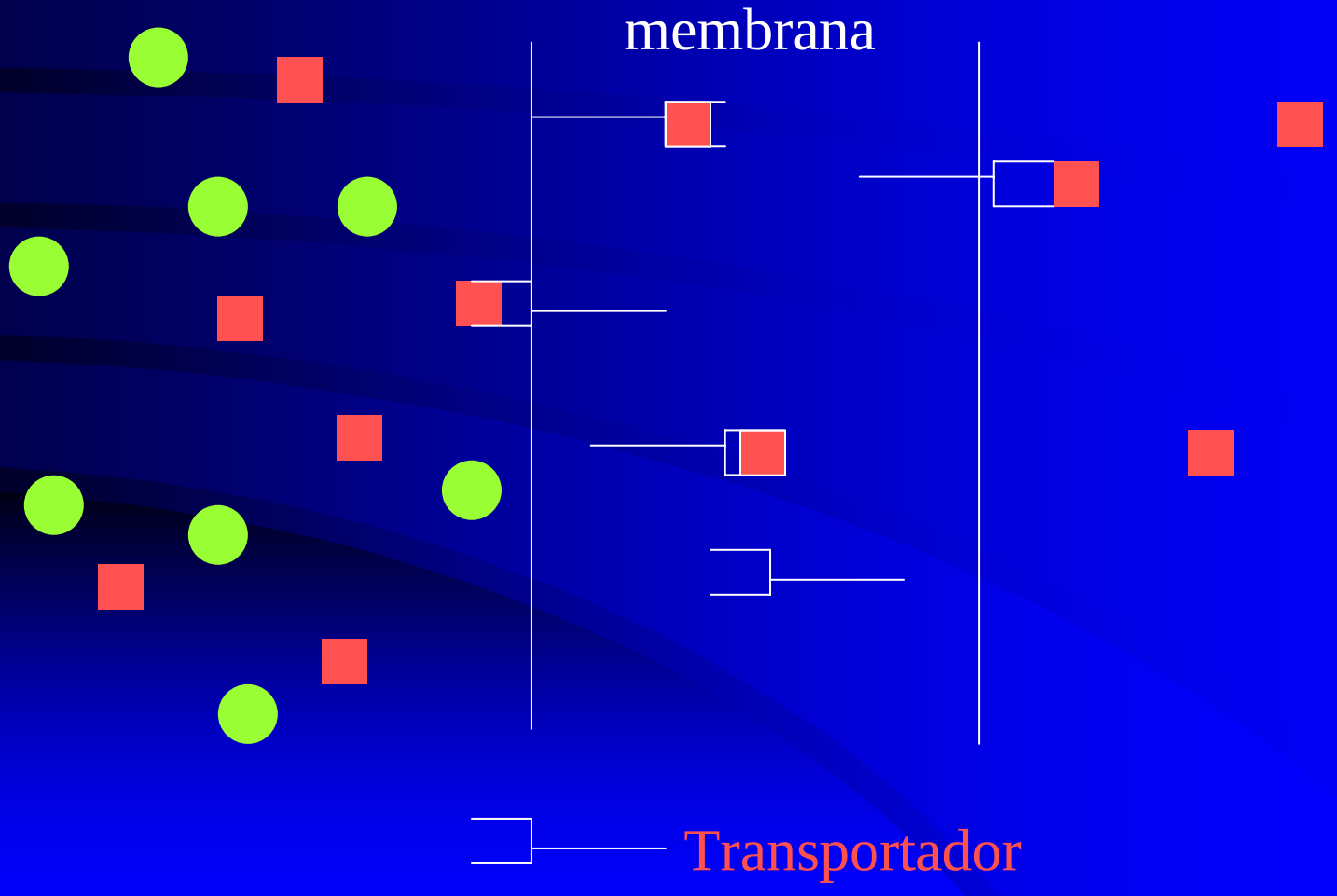
Gradiente de concentración y selectividad de la membrana

Mecanismo de transporte



Gradiente de concentración y selectividad de la membrana con reacción en la fase interna

Mecanismo de transporte



Mecanismo de transporte

- Fuerza impulsora: gradiente de concentración
- Permite el transporte de ciertos componentes en contra de su gradiente de concentración a consta del potencial suministrado por otros componentes. Permite la concentración de compuestos.
- Se debe mantener siempre la electroneutralidad del sistema.

Liberación Controlada

En la liberación controlada, los compuestos que están en la fase interna de la emulsión múltiple se dejan salir de forma planificada.

Liberación Controlada. Aplicaciones

- liberación controlada de medicamentos
- liberación de ciertos reactivos en reacciones químicas, para controlar la reacción
- encapsulación de ácidos a ser inyectados en pozos productores de petróleo para su posterior liberación “in situ”

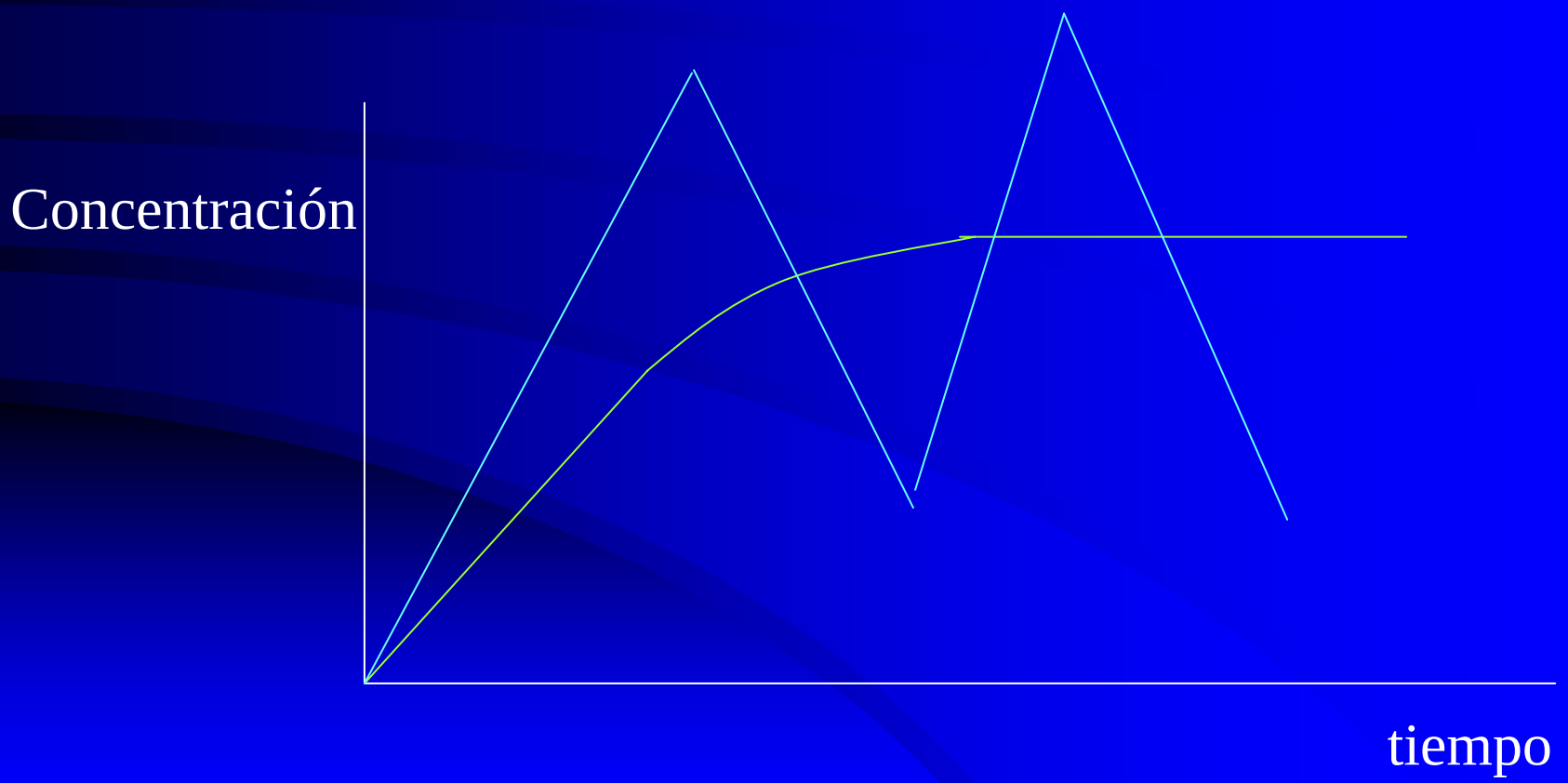
Aplicaciones

- Liberación controlada de Rifampicina de un sistema W/O/W

  Usado en tratamiento de tuberculosis, requiriendo de altas dosis durante 4-6 meses.
- Liberación de Naltrexona y timol para el tratamiento de los opio-dependientes.

Aplicaciones

- Liberación controlada de vitamina B12



Problemas Potenciales

- Hinchamiento, los glóbulos crecen y pueden incluso romperse. (Castro, E., Cárdenas, A., Interciencia, vol 28, N° 9, 2003)
- Estabilidad, en algunos casos se requieren emulsiones estables, en otros no. Esto puede ser un problema en algunas aplicaciones.
- Pérdida de transportador, siempre es un factor negativo.

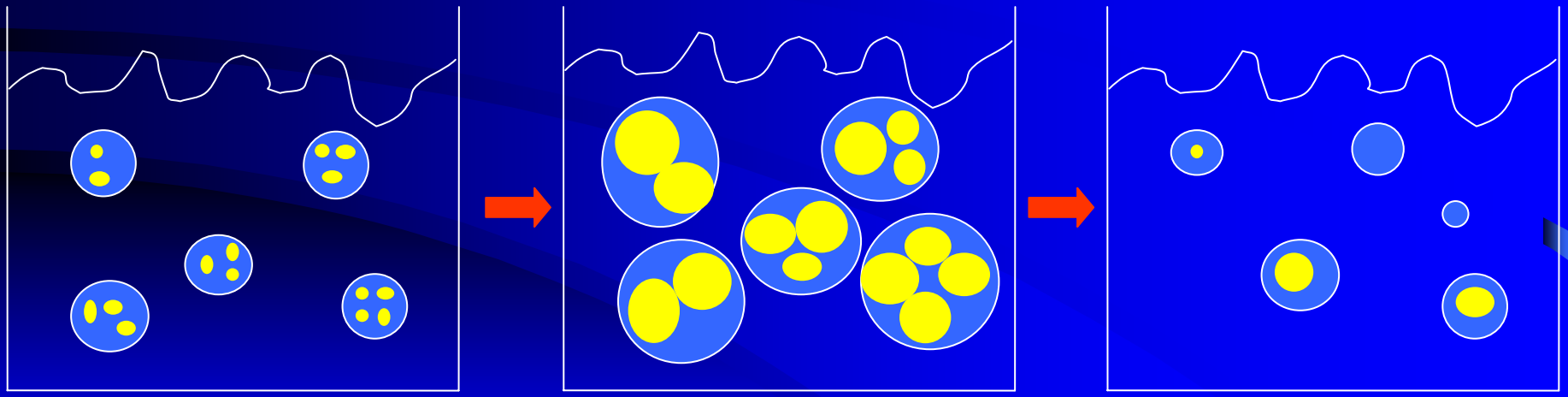
Estabilidad

Esta relacionada con el rompimiento de las emulsiones múltiples, es decir, que la fase interna se pierda hacia la fase continua externa.

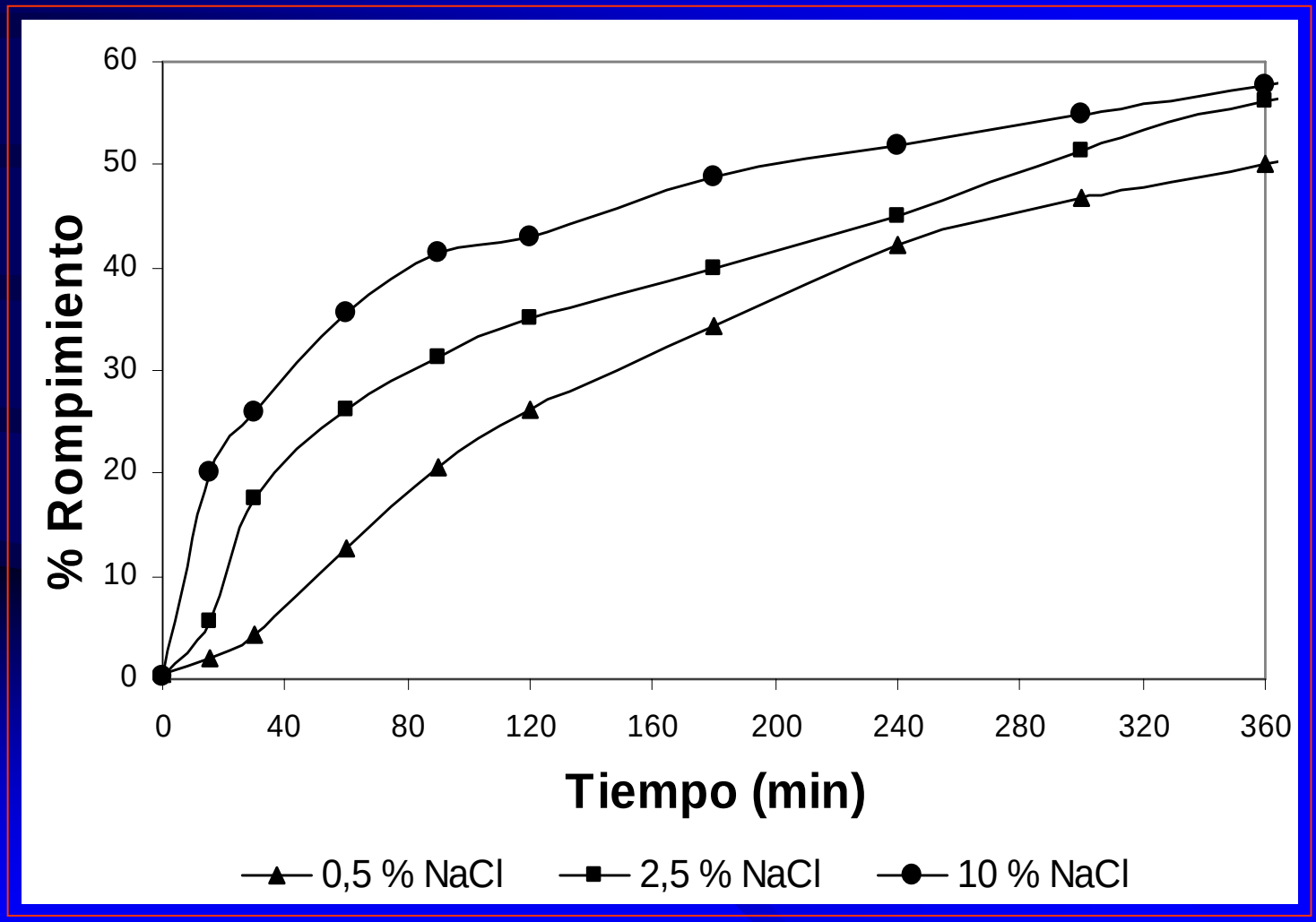
Hay muchos mecanismos que contribuyen con el rompimiento de las emulsiones, dos de ellos son la diferencia de presión osmótica y la agitación mecánica.

Presión Osmótica

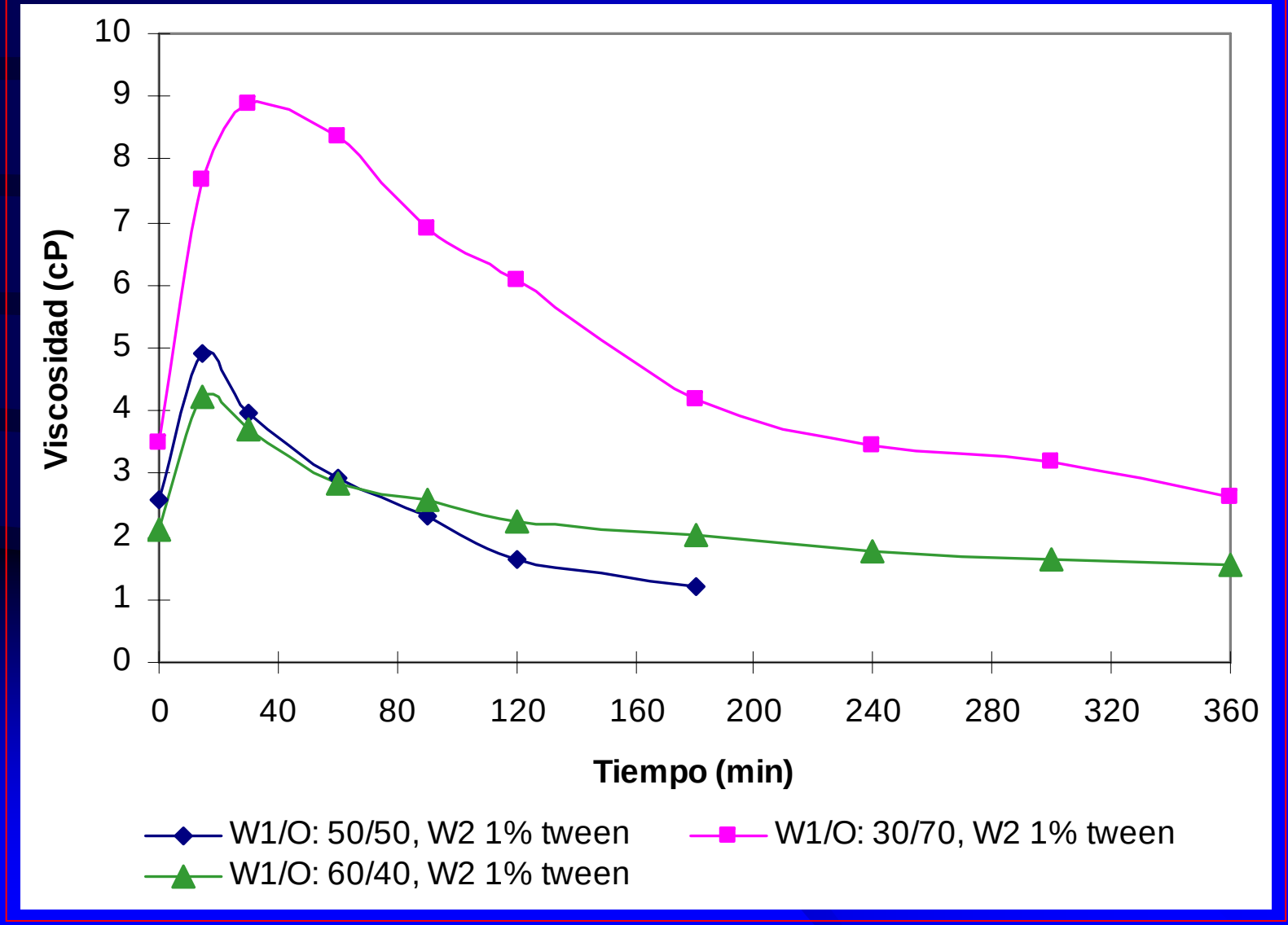
La diferencia de presión osmótica hace que exista un transporte de agua, hacia o desde las gotas internas. En el primer caso las gotas se hinchan y pueden llegar a romperse.



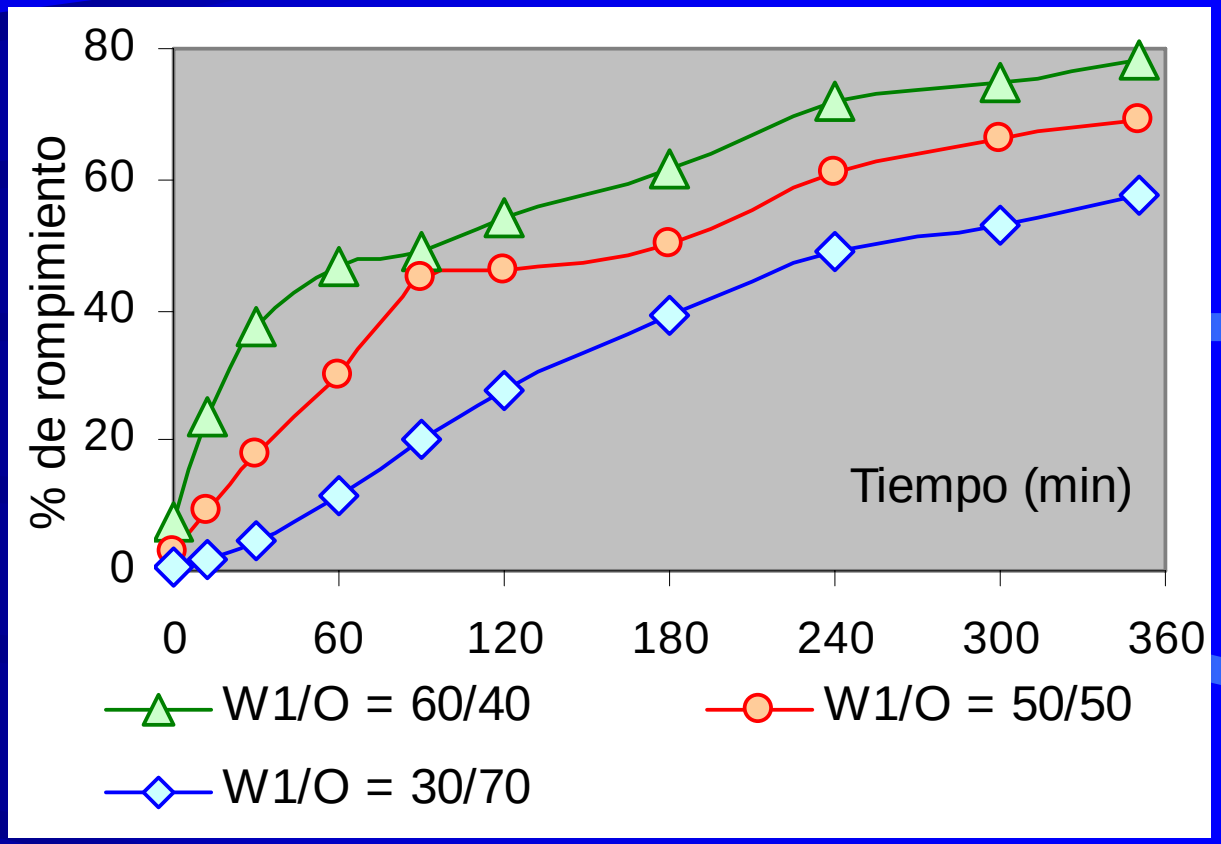
Porcentaje de rompimiento de una emulsión múltiple en función de la concentración de sal en la fase interna (W1).

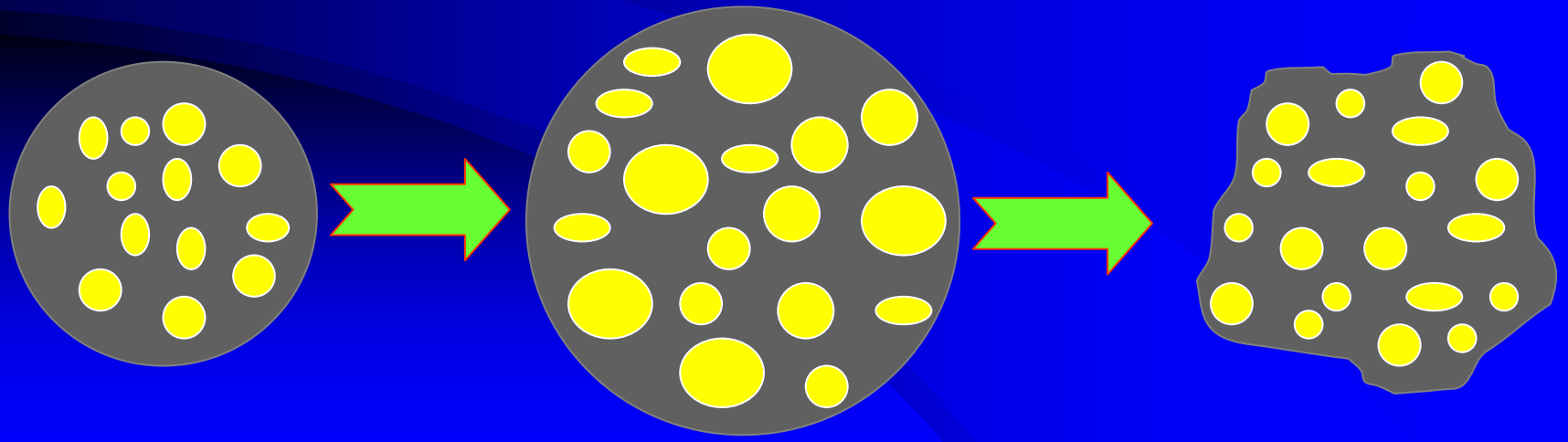


Comportamiento reológico de las emulsiones múltiples para diferentes espesores de membrana. Fase interna 2,5% NaCl

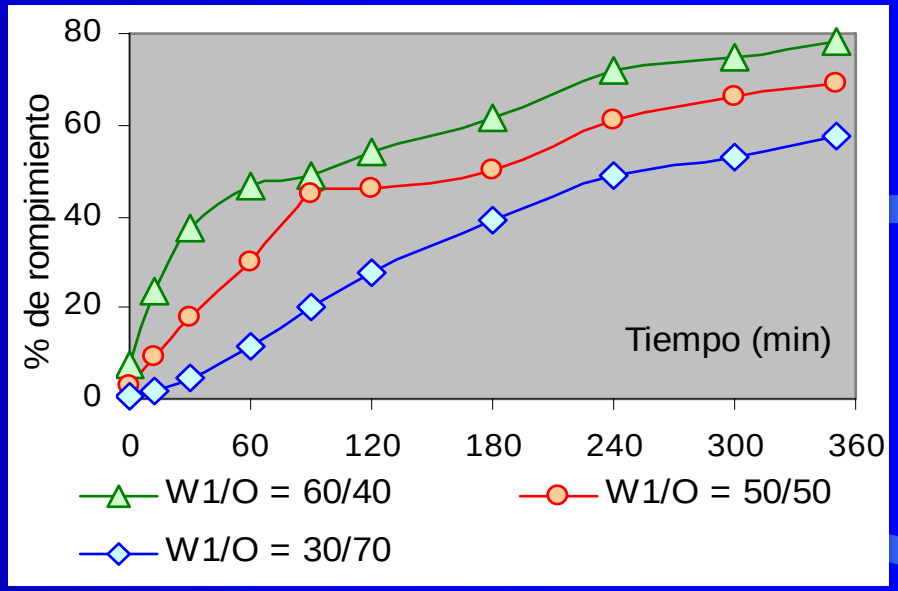


Efecto de la relación W1/O en el porcentaje de rompimiento de la emulsión múltiple con 0.5% de NaCl y n-heptano como fase oleica.

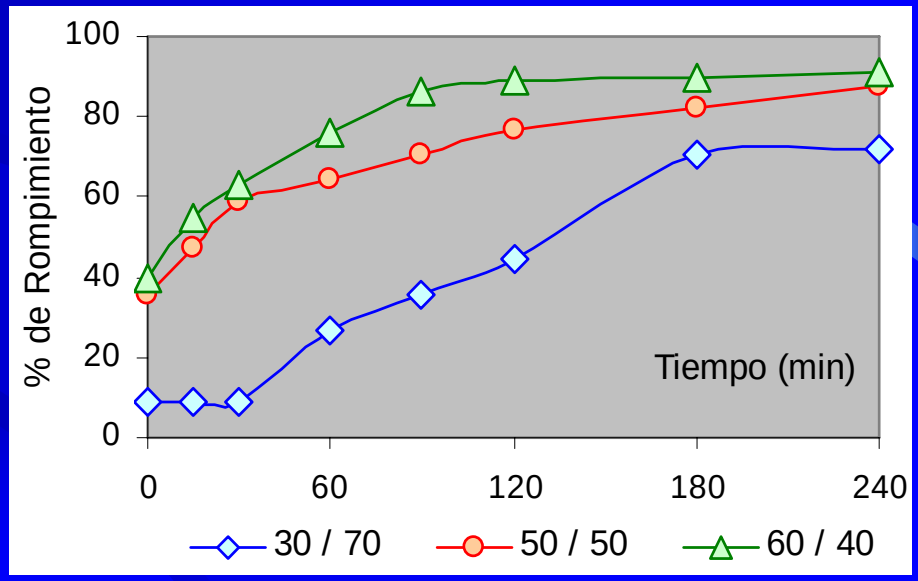




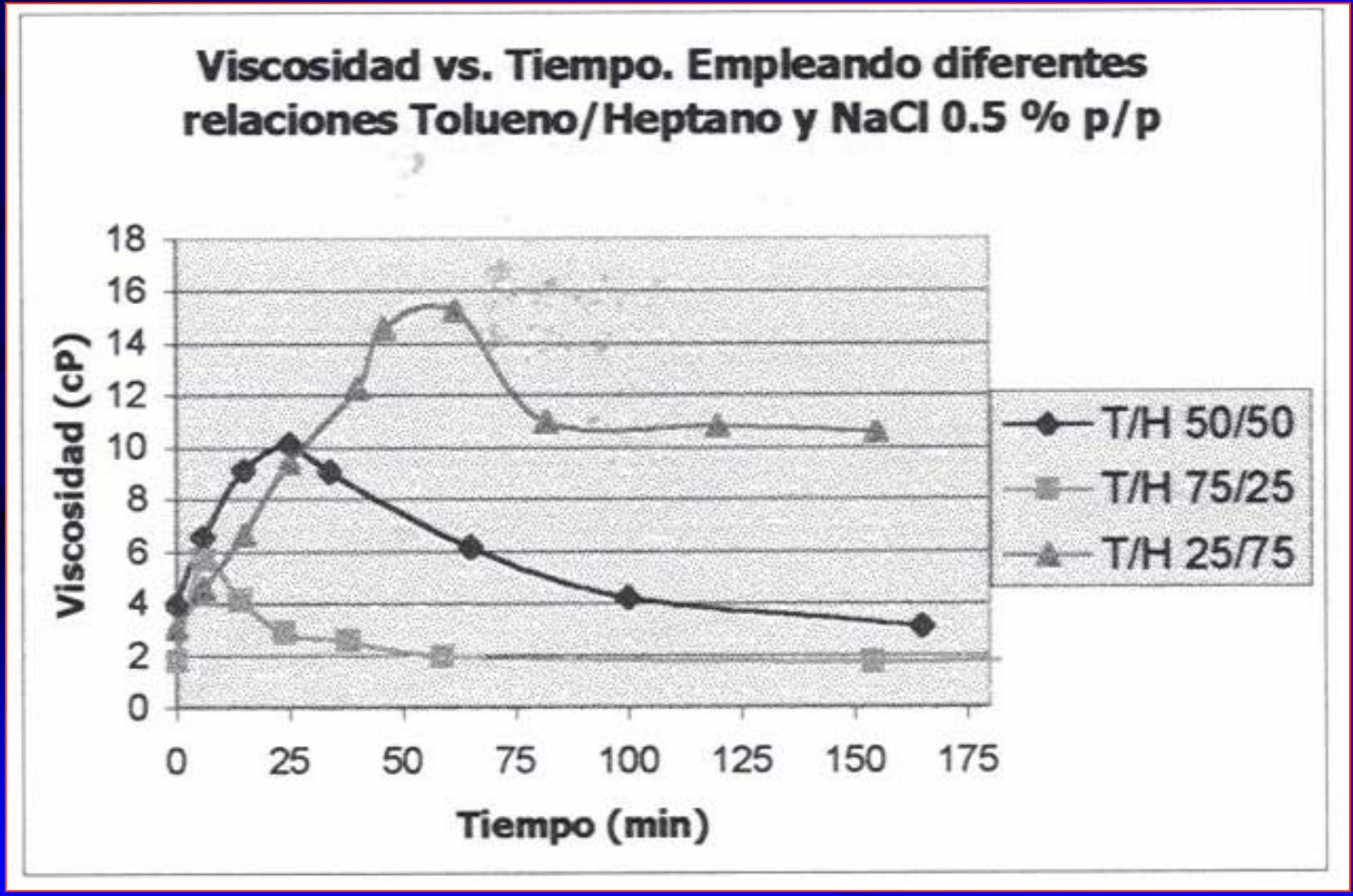
Efecto de la relación W1/O en el porcentaje de rompimiento de la emulsión múltiple con 0.5% de NaCl y n-heptano como fase oleica (μ = 0.51 cp).



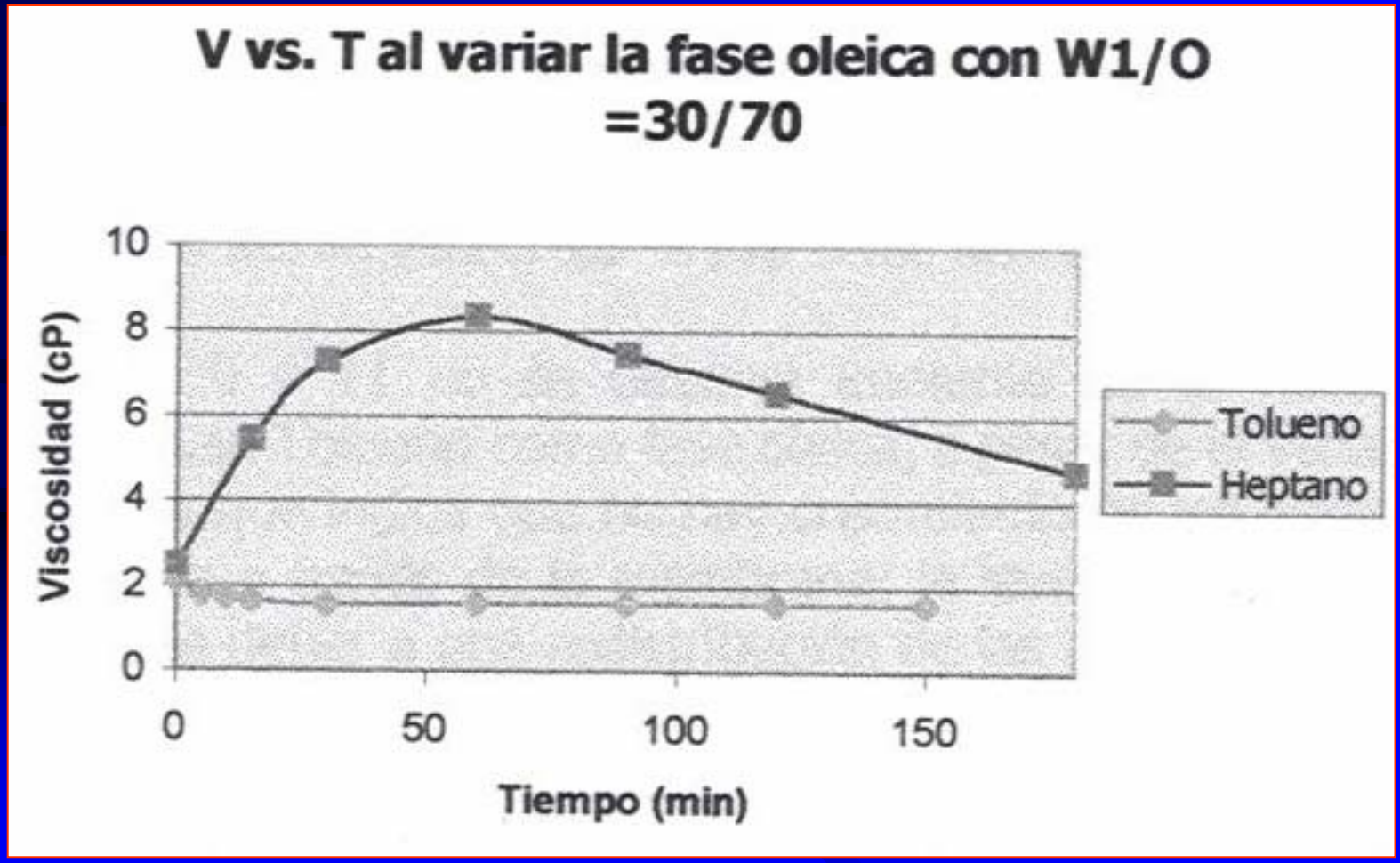
Efecto de la relación W1/O en el porcentaje de rompimiento de la emulsión múltiple con 0.5% de NaCl y n-heptano + parafina como fase oleica (μ = 10 cp).



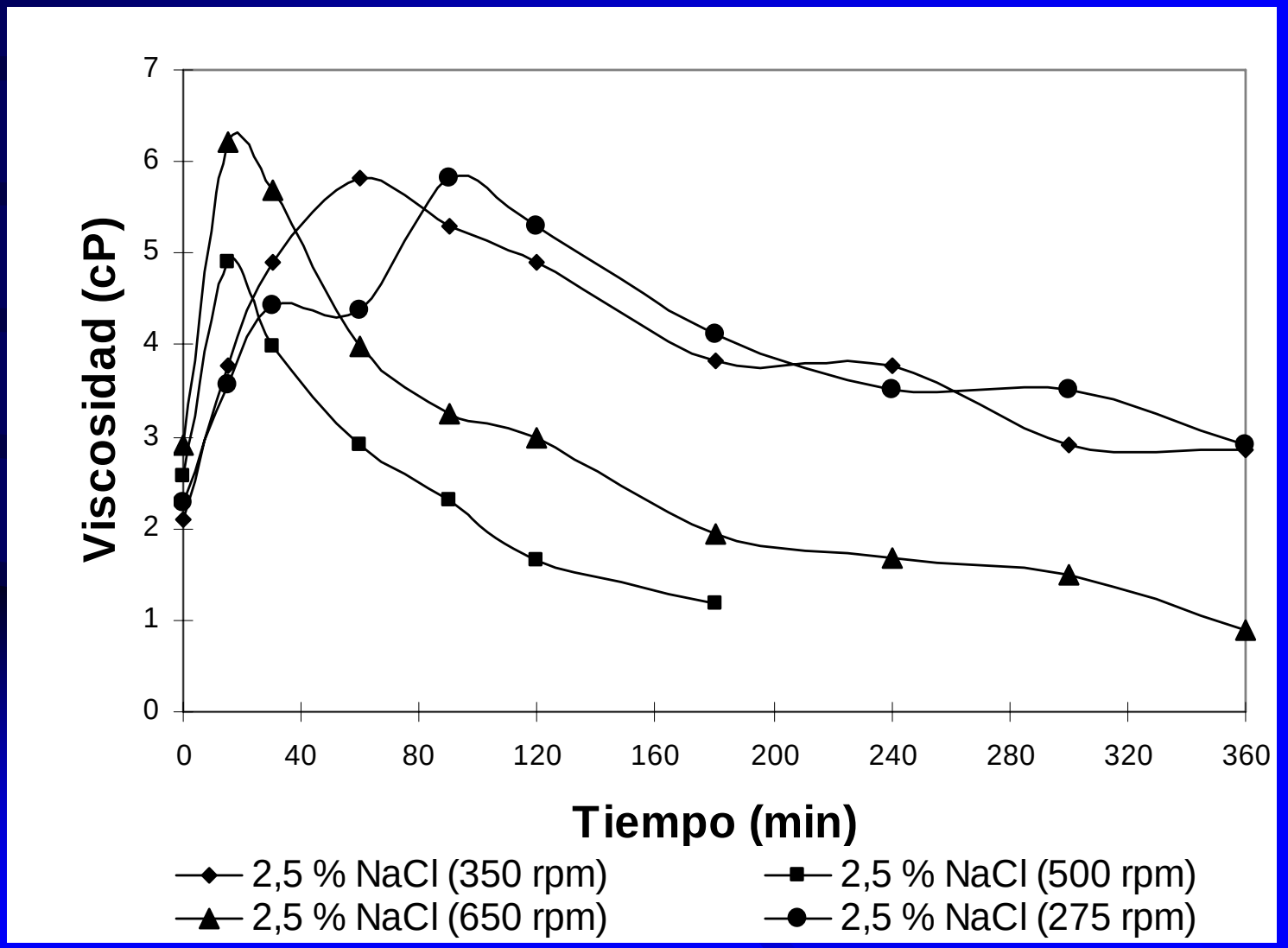
Influencia de la composición de la membrana



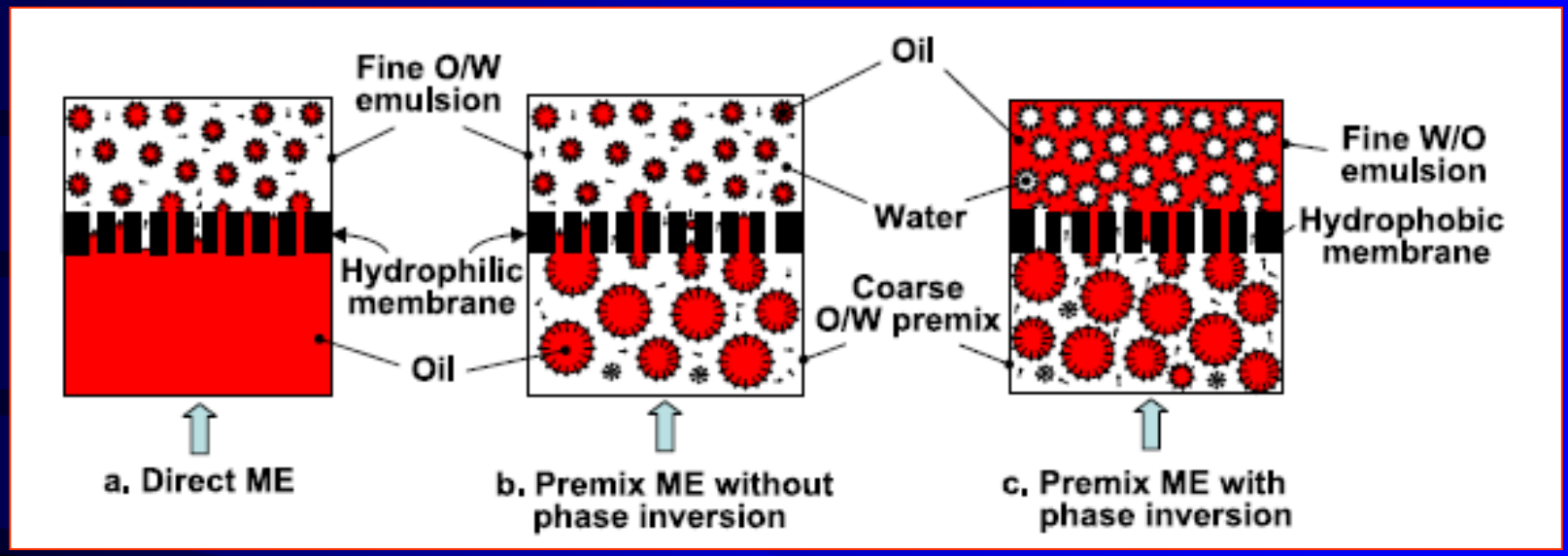
Influencia de la composición de la membrana



Efecto de la agitación sobre el rompimiento de la emulsión múltiple.



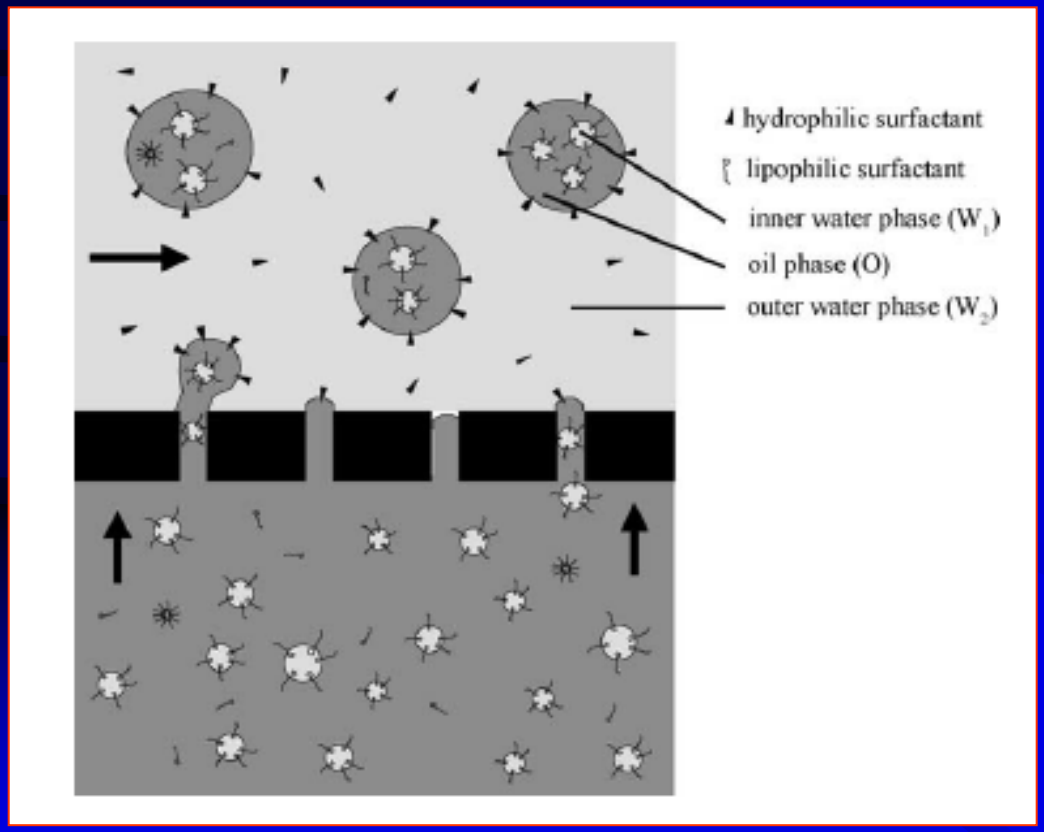
Otra forma de producir emulsiones múltiples



G.T. Vladisavljevic´, R.A. Williams / Advances in Colloid and Interface Science 113 (2005) 1–20

Producción de emulsiones sencillas utilizando membranas. En la figura a se observa la emulsificación directa, en la b se homogeniza y cambia el tamaño de gota de una emulsión ya producida y en la figura c se invierte una emulsión pre-fabricada.

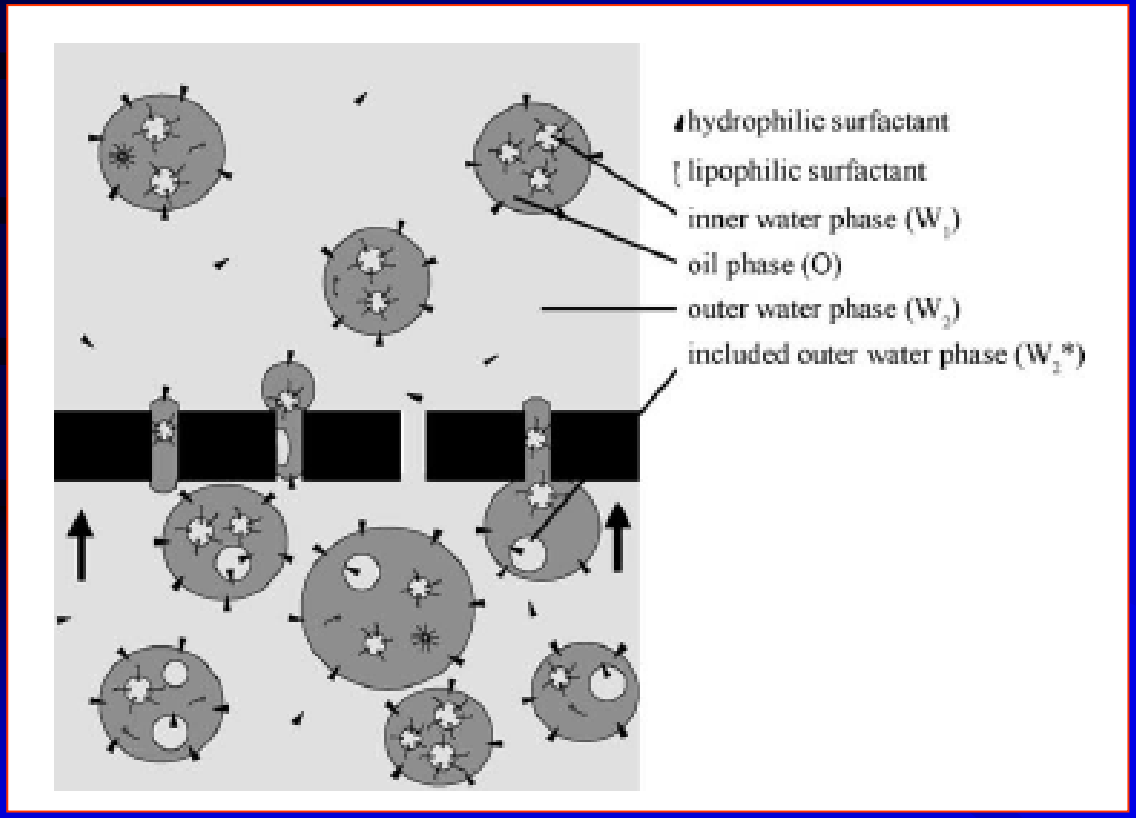
Otra forma de producir emulsiones múltiples



Formación de las emulsiones múltiples utilizando membranas

S. van der Graaf et al. / Journal of Membrane Science 251 (2005) 7–15

Otra forma de producir emulsiones múltiples



Se homogeniza el tamaño de una emulsión múltiple mediante filtraciones sucesivas

S. van der Graaf et al. / Journal of Membrane Science 251 (2005) 7–15

Laboratorio de Mezclado, Separación y Síntesis Industrial (LMSSI)

Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de los Andes
Av. Don Tulio Febres
Mérida

Email: antonioc@ula.ve
jbullon@ula.ve

Tél: 0274-2402955

Muchas Gracias por su Atención