

LOS DOCE PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA VERDE (Anastas & Warner)

- 1. Prevención:** es preferible evitar la producción de un residuo que tratar de limpiarlo una vez que se haya formado.
- 2. Integración de materias:** los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales usados durante el proceso.
- 3. Síntesis menos peligrosa:** siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente.
- 4. Diseño seguro:** los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan su eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad.
- 5. Disolventes seguros:** se evitará, en lo posible, el uso de sustancias auxiliares (disolventes, reactivos de separación, etc.) y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuo posible.
- 6. Eficiencia energética:** los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientales.
- 7. Uso de materias primas renovables:** la materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable.
- 8. Reducción de derivados:** se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).
- 9. Catálisis:** se emplearán catalizadores (lo más selectivos posible) en vez de reactivos estequiométricos.
- 10. Degradación limpia:** los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medio ambiente sino que se transformen en productos de degradación inocuos.
- 11. Análisis continuo de contaminación:** las metodologías analíticas serán desarrolladas posteriormente para permitir una monitorización y control en tiempo real del proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas.
- 12. Seguridad intrínseca y prevención de accidentes:** se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el potencial de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios.

Anastas, P. T.; Warner, J. C. *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press: New York, 1998, p.30



DISOLVENTES

1. INTRODUCCIÓN
2. MEDIOS ALTERNATIVOS



Introducción

SUMARIO

- QUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD
- QUÍMICA, DISOLVENTES Y SOCIEDAD
- QUÍMICA SIN DISOLVENTES
- DISOLVENTES "NEOTÉRICOS"
- MATERIAS RENOVABLES Y DISOLVENTES
- AGUA Y DISOLUCIONES ACUOSAS
- FLUIDOS SUPERCRÍTICOS
- LÍQUIDOS FLUOROSOS
- LÍQUIDOS IÓNICOS

Sostenibilidad

Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades...

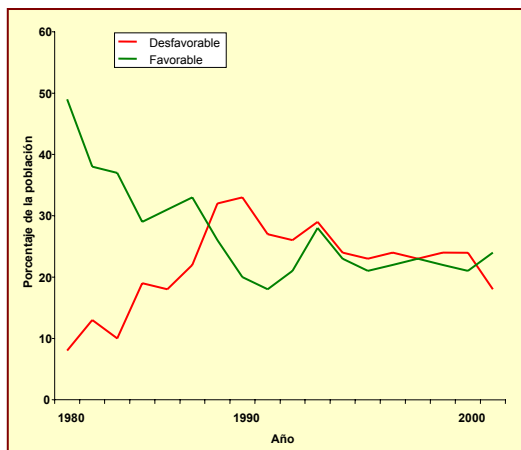
...o sea: disfruta del planeta, pero déjalo más o menos tal y como lo encontraste

“Hacemos mucho para preparar a nuestros hijos para el futuro, pero ¿estamos haciendo lo suficiente para preparar el futuro para nuestros hijos?”

Larry Chalfan, director ejecutivo de ZWA

- QUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD
- **QUÍMICA, DISOLVENTES Y SOCIEDAD**
- QUÍMICA SIN DISOLVENTES
- DISOLVENTES “NEOTÉRICOS”
- MATERIAS RENOVABLES Y DISOLVENTES
- AGUA Y DISOLUCIONES ACUOSAS
- FLUIDOS SUPERCRÍTICOS
- LÍQUIDOS FLUOROSOS
- LÍQUIDOS IÓNICOS

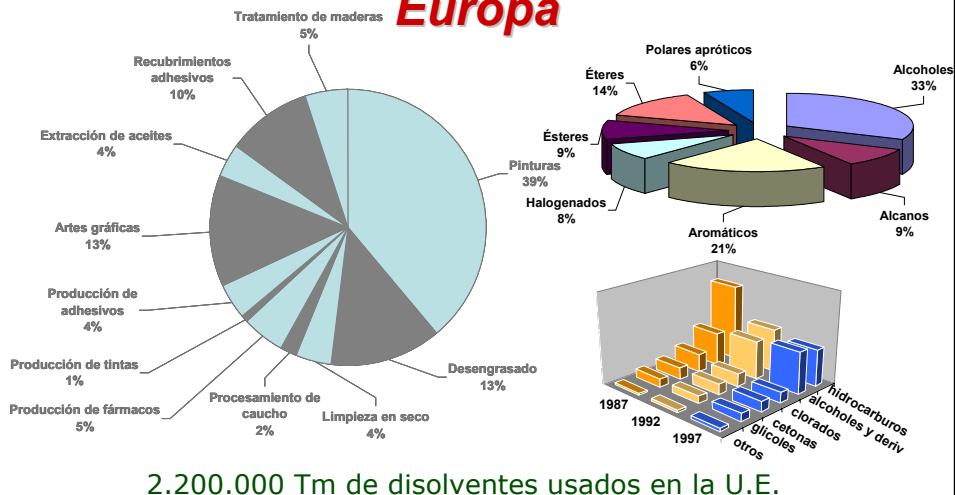
La percepción social de la química



Química verde: una nueva oportunidad

- Prevención de los vertidos
- Economía atómica
- Síntesis químicas menos peligrosas
- Diseño de compuestos químicos más seguros
- Disolventes y auxiliares más seguros
- Diseños para mejor eficiencia energética
- Uso de fuentes renovables
- Reducción de derivatización en la síntesis
- Uso de la catálisis
- Diseño para degradación
- Análisis en tiempo real para evitar la polución
- Química más segura para la prevención de accidentes

Uso industrial de disolventes en Europa



¿Por qué necesitamos un disolvente?

- Disuelve sustancias
- Permite dispersiones homogéneas
- Permite un eficaz transporte de masa y energía
- Modifica la reactividad (velocidad y selectividad)
- Permite la deposición de sólidos (separaciones)

¿Por qué necesitamos disolventes verdes?

Los disolventes orgánicos **verdes** son la mayor fuente de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en la atmósfera (27% del total). En 1994, cinco de los diez productos químicos más vertidos eran disolventes: **metanol, tolueno, xileno, etilmetilcetona y diclorometano**



Los COV son los responsables, entre otras cosas, de la formación del "smog", en las grandes ciudades



¿Por qué necesitamos disolventes verdes?

Los disolventes orgánicos **verdes** son la mayor fuente de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en la atmósfera (27% del total). En 1994, cinco de los diez productos químicos más vertidos eran disolventes: **metanol, tolueno, xileno, etilmetilcetona y diclorometano**

EL PAÍS, domingo 5 de septiembre de 2004

muerdes al año. En Francia, donde calculan que las enfermedades consecuencia de la contaminación provocan 30.000 muertes al año con un gran coste sanitario, ya ha sido anunciado un plan nacional para reducir la suciedad del aire.

salud. El sistema de información a la población es complejo y *a posteriori*. Por ejemplo, salir a correr por la sierra de Madrid en verano puede ser considerado un deporte de riesgo. Si alguien quiso respirar aire puro en las horas centrales del día durante el mes de julio en la zona de Guadarrama, sus pulmones recibieron una dosis de ozono por encima de lo normal.



¿Por qué necesitamos disolventes verdes?

Las emisiones de COV representan millones de toneladas anuales (directivas 99/13/CE, 2001/81/ CE, programa CAFÉ, REACH)

Algunas consecuencias de la exposición a COV

- ❖ Irritación ocular
- ❖ Molestias nasales y de garganta
- ❖ Jaquecas
- ❖ Reacciones cutáneas alérgicas
- ❖ Disnea
- ❖ Disminución de los niveles de colinesterasa en suero
- ❖ Transtornos en el sistema hormonal
- ❖ Náuseas
- ❖ Fatiga
- ❖ Mareo

¿Por qué necesitamos disolventes verdes?

Categoría	Vertidos	Impacto	Salud	Seguridad
Agua	Verde	Verde	Verde	Verde
Alcoholes	Rojo	Naranja	Verde	Naranja
Esteres	Naranja	Verde	Naranja	Naranja
Aromáticos	Naranja	Rojo	Naranja	Naranja
Polares apróticos	Rojo	Naranja	Rojo	Verde
Alcanos	Naranja	Rojo	Rojo	Rojo
Halogenados	Rojo	Rojo	Rojo	Verde
Eteres	Rojo	Naranja	Naranja	Rojo

En la U.E., 10.000.000 de empleados trabajan en sectores en los que se manufacturan o usan disolventes

En algunos sectores, como en la extracción de aceites de semillas, se emplea exclusivamente un disolvente (hexano)

¿Por qué necesitamos disolventes verdes?

Se estima que el 85% de la masa de compuestos químicos empleados en la industria farmacéutica son disolventes (fuente: GlaxoSmithKline), y que la eficiencia en su recuperación es típicamente del 50-80%

Un disolvente debería ser no tóxico y relativamente inofensivo (no inflamable o corrosivo). Además, deberían ser fáciles de contener (no liberarse fácilmente al ambiente)

CONCLUSIÓN: El problema con los disolventes no es tanto su empleo como las ineficiencias inherentes asociadas con su contención, recuperación y reutilización. Los disolventes verdes deben ser, ante todo, fácilmente separables de los productos y reutilizables

¿Es verde mi disolvente?

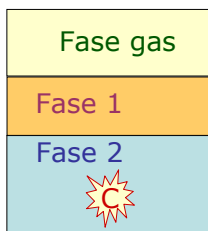
La toxicidad no es el único parámetro que debemos considerar para establecer el "verdor" de un disolvente...

- Energía (evaporación, presurización, agitación...)
- Reciclado
- Solubilidad del soluto
- Toxicidad de los posibles subproductos
- Eficacia atómica del proceso
- Separación de los productos
- Posible influencia en el producto/empaquetado

Disolventes y catálisis

Una parte muy importante del empleo de medios de reacción alternativos se centra en el aspecto de recuperación y reutilización de los catalizadores, deseable tanto desde el punto de vista económico como medioambiental

Frente a los conocidos problemas de la catálisis homogénea y de la heterogénea, se abre la posibilidad de la **catálisis bifásica líquido-líquido** con disolventes verdes (agua, fluidos supercríticos, disolventes fluorosos y líquidos iónicos)



El catalizador queda “secuestrado” en una fase y es reutilizado (tanto en procesos “batch” como continuos)



¿Cuál es el disolvente más verde?

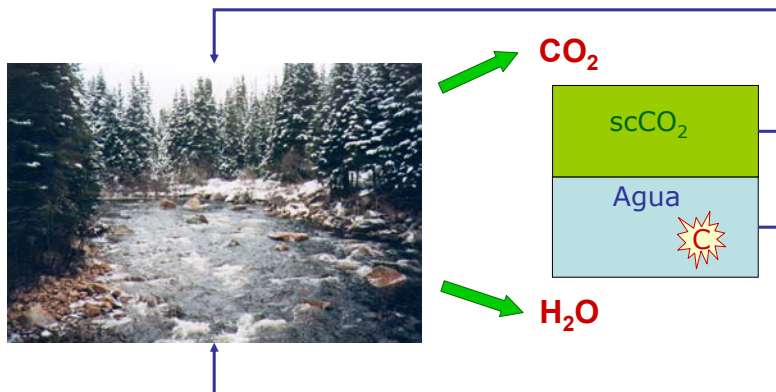
NINGUNO! Depende de la aplicación a la que se destine
Uno de los aspectos más importantes a considerar es la separación de soluto y disolvente



Otro aspecto a considerar es la si la fuente del disolvente es sostenible

¿Cuál es el disolvente más verde?

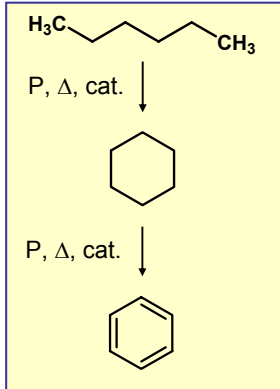
Una propuesta de sistema ideal, renovable y basado en la biomasa:



- QUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD
- QUÍMICA, DISOLVENTES Y SOCIEDAD
- **QUÍMICA SIN DISOLVENTES**
- DISOLVENTES "NEOTÉRICOS"
- MATERIAS RENOVABLES Y DISOLVENTES
- AGUA Y DISOLUCIONES ACUOSAS
- FLUIDOS SUPERCRÍTICOS
- LÍQUIDOS FLUOROSOS
- LÍQUIDOS IÓNICOS

¿Podemos prescindir del disolvente?

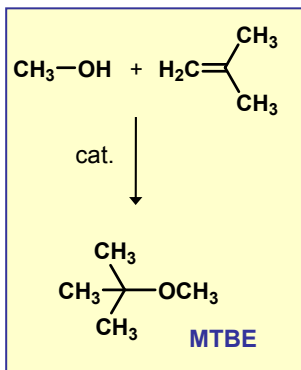
De hecho, la mayor parte de los "bulk chemicals" se obtienen en procesos que no emplean disolventes



La producción de benceno es del orden de 5 millones de toneladas anuales

¿Podemos prescindir del disolvente?

De hecho, la mayor parte de los "bulk chemicals" se obtienen en procesos que no emplean disolventes



Ventajas de prescindir del disolvente

- Mayor reactividad



Posibilidad de emplear la activación por microondas

- Mayor productividad

Mayor cantidad en el mismo volumen de reactor

- Simplificación de los procesos

Procesos de lavado y extracción más simples o innecesarios

Técnicas posibles

- Reacciones sin disolvente ni soporte

- ❖ Sólido-Sólido
- ❖ Sólido-Líquido
- ❖ Sólido-Gas
- ❖ Líquido-Líquido
- ❖ Líquido-Gas
- ❖ Gas-Gas

} Uso posible de catalizadores

- Reacciones sobre soportes minerales

- Reacciones sólido-líquido con un catalizador de transferencia de fase (CTF)

- QUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD
- QUÍMICA, DISOLVENTES Y SOCIEDAD
- QUÍMICA SIN DISOLVENTES
- **DISOLVENTES "NEOTÉRICOS"**
- MATERIAS RENOVABLES Y DISOLVENTES
- AGUA Y DISOLUCIONES ACUOSAS
- FLUIDOS SUPERCRÍTICOS
- LÍQUIDOS FLUOROSOS
- LÍQUIDOS IÓNICOS

Disolventes neotéricos

¿Qué es un disolvente neotérico?

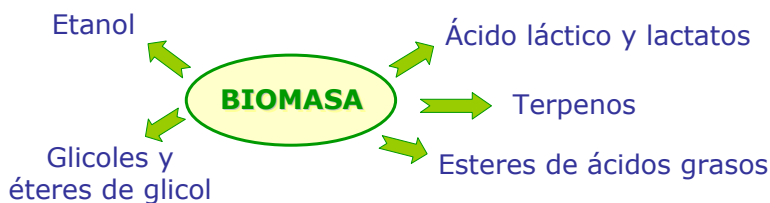
- Neotérico: nuevo, reciente, moderno (*DRAE*)
- Nuevos fluidos con propiedades ajustables
- Compuestos que no se usan en la actualidad como disolventes, pero que poseen un gran potencial de uso futuro

- QUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD
- QUÍMICA, DISOLVENTES Y SOCIEDAD
- QUÍMICA SIN DISOLVENTES
- DISOLVENTES "NEOTÉRICOS"
- **MATERIAS RENOVABLES Y DISOLVENTES**
- AGUA Y DISOLUCIONES ACUOSAS
- FLUIDOS SUPERCRÍTICOS
- LÍQUIDOS FLUOROSOS
- LÍQUIDOS IÓNICOS

Materias renovables y disolventes

Disolventes orgánicos renovables

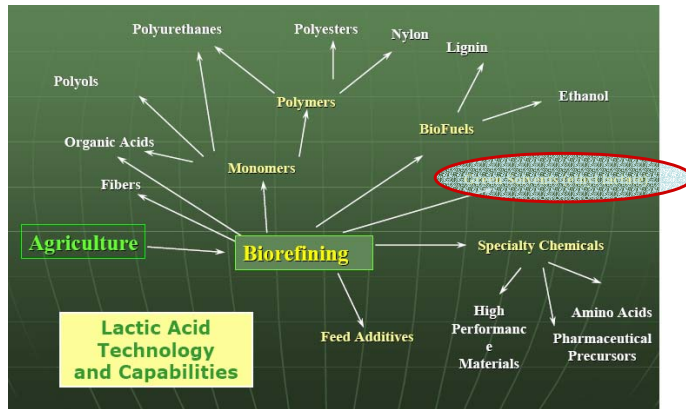
En ocasiones el empleo de un disolvente orgánico es inevitable o presenta ventajas difíciles de superar (mayor solubilidad de los solutos, facilidad de separación)



Una opción es sustituir los disolventes derivados del petróleo por otros procedentes de la biomasa, que pueden obtenerse por procesos de fermentación, enzimáticos o de esterificación

Disolventes orgánicos renovables

Muchos de estos disolventes presentan baja o nula toxicidad, baja volatilidad, no son corrosivos ni carcinógenos, y son biodegradables, entre otras ventajas



Disolventes orgánicos renovables

Las "biorefinerías" son capaces de producir este tipo de disolventes en grandes cantidades, lo que ya permite su comercialización a precios competitivos



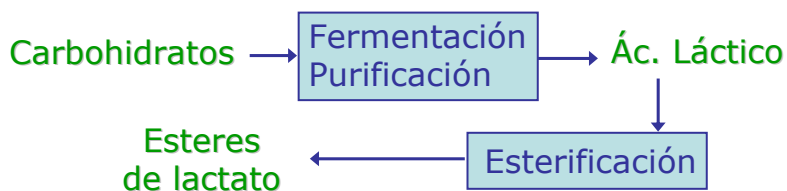
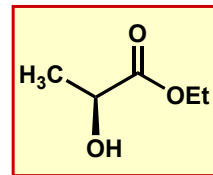
Esteres de aceite de soja



Lactato de etilo

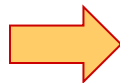
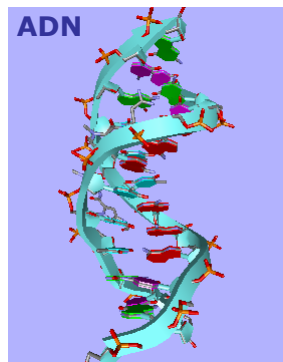
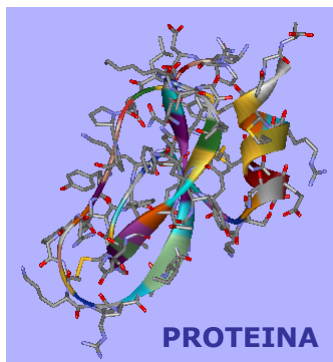
Disolventes orgánicos renovables

El lactato de etilo se emplea entre otras aplicaciones en recubrimientos (poliestireno, metales, madera), limpieza de superficies (poliuretano, metales), decapante de pinturas. Es capaz de sustituir en estas aplicaciones a disolventes como N-metilpirrolidona, tolueno, xileno, acetona, y disolventes clorados



- QUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD
- QUÍMICA, DISOLVENTES Y SOCIEDAD
- QUÍMICA SIN DISOLVENTES
- DISOLVENTES "NEOTÉRICOS"
- MATERIAS RENOVABLES Y DISOLVENTES
- **AGUA Y DISOLUCIONES ACUOSAS**
- FLUIDOS SUPERCRÍTICOS
- LÍQUIDOS FLUOROSOS
- LÍQUIDOS IÓNICOS

El agua: una vieja conocida



**¡PAPEL DEL
AGUA EN EL
PLEGAMIENTO!**

**SECUENCIA DE
AMINOÁCIDOS**



El agua como medio de reacción

El agua no es desconocida en la síntesis química, de hecho, en el siglo XIX, la mayor parte de las síntesis químicas se llevaban a cabo en agua.



Sin embargo, el auge de la Química Orgánica en el siglo XX, con compuestos que presentan baja solubilidad en agua, relegó a ésta a un papel minoritario como disolvente, al menos hasta el tercer cuarto del siglo

Algunas propiedades del agua

ΔH_{vap} (cal g⁻¹)

Agua	540
Metanol	263
Acetona	125
Cloroformo	59



El coste energético de calentar o enfriar agua es muy alto



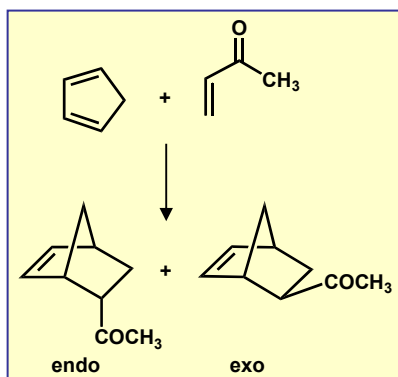
El agua sólida flota en agua líquida



El agua es un gas de invernadero

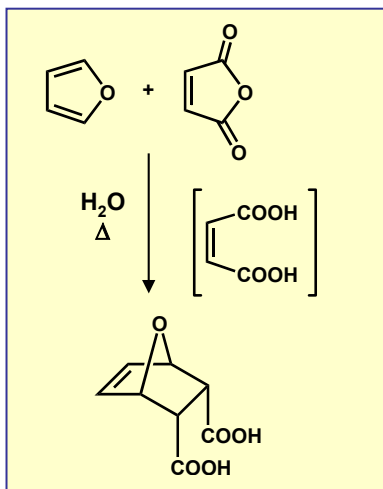
El agua como disolvente

El interés por el agua como disolvente en síntesis orgánica renació con los trabajos de Breslow, mostrando la aceleración de la reacción de Diels-Alder en disolución acuosa



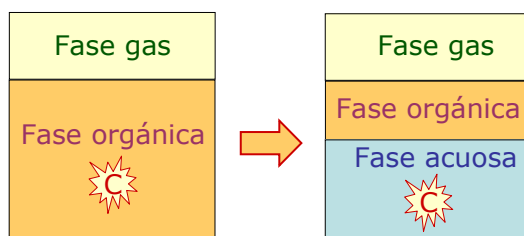
	k_{rel}	endo/exo
isooctano	1	78:22
metanol	13	90:10
agua	741	96:4
agua + LiCl	1818	

El agua como disolvente



En realidad, es justo reconocer que ya Diels y Alder, en su trabajo seminal de 1931, habían descrito el uso de agua como disolvente para una de estas reacciones

Sistemas bifásicos



VENTAJAS

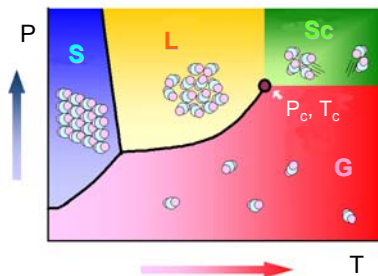
- Fácil separación
- Reutilización
- Pureza de productos

Desarrollo de aplicaciones industriales y estudios científicos posteriores

- QUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD
- QUÍMICA, DISOLVENTES Y SOCIEDAD
- QUÍMICA SIN DISOLVENTES
- DISOLVENTES "NEOTÉRICOS"
- MATERIAS RENOVABLES Y DISOLVENTES
- AGUA Y DISOLUCIONES ACUOSAS
- **FLUIDOS SUPERCRÍTICOS**
- LÍQUIDOS FLUOROSOS
- LÍQUIDOS IÓNICOS

Fluidos supercríticos

¿Qué es un fluido supercrítico?



Por encima de P_c y T_c , la fase no es ni líquida ni gaseosa, sino que comparte propiedades de ambas: fluye como un gas y es capaz de disolver solutos, como un líquido



Ventajas de los fluidos supercríticos

- Mejor transporte de masa
- Totalmente miscibles con gases
- Nula tensión superficial y viscosidad
- Inertes y no tóxicos
- Medioambientalmente benignos
- Propiedades ajustables mediante la presión
- Excelentes para procesos de extracción
- Relativamente baratos

Puntos críticos de algunas sustancias comunes

Compuesto	T_c (°C)	P_c (bar)
CO ₂	31	74
Etano	32	49
Etileno	9	50
Fluoroformo (CHF ₃)	26	48
Propano	97	43
Agua	374	221

Dióxido de carbono y agua tienen valores críticos muy alejados, pero ambos se emplean en aplicaciones de Química Verde

CO₂ supercrítico: aplicaciones

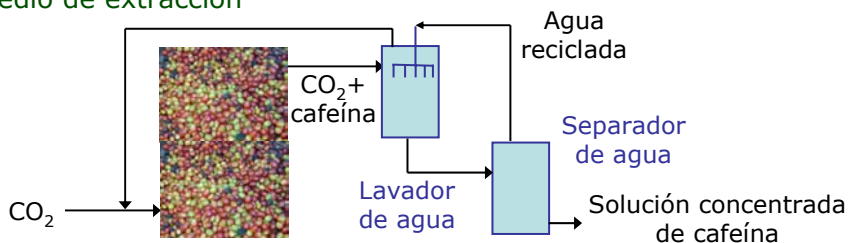


El CO₂ supercrítico es relativamente fácil de obtener en grandes cantidades, por lo que en la actualidad ya existen diversas aplicaciones industriales para el mismo

- Como medio de extracción
- Como medio de reacción
- Como medio de dispersión para sprays

CO₂ supercrítico: extracción

Debido a su momento cuadrupolar, el CO₂ supercrítico es un buen disolvente de pequeñas moléculas polares, lo que unido a su gran capacidad de penetración lo convierte en un excelente medio de extracción



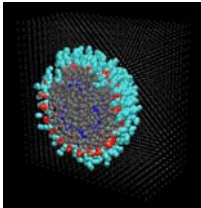
Además de la cafeína, el CO₂ también se emplea en la extracción de aromas y fragancias de semillas y plantas, de grasas en las patatas fritas, e incluso de aromas de los corchos del embotellado de vino

CO₂ supercrítico: extracción

Una particular aplicación de la extracción con CO₂ se da en la industria del lavado en seco, donde reemplaza al percloroetileno (perc)



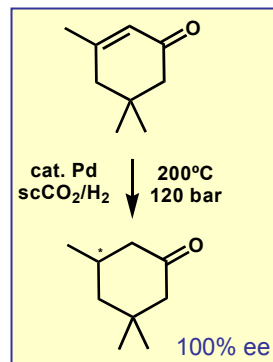
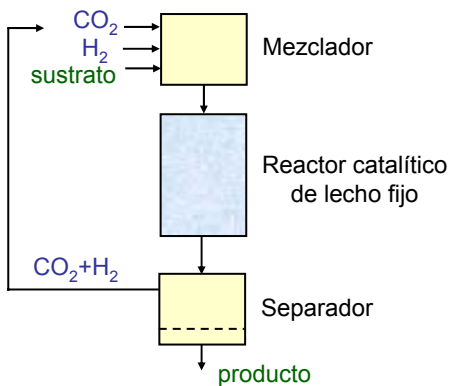
Permite el lavado de pieles, cuero, y es menos agresivo con los colores



La disolución de grasas de alto peso molecular se facilita con tensioactivos (detergentes) específicamente diseñados para el CO₂, que contienen cadenas fluoradas y son capaces de formar micelas en su presencia

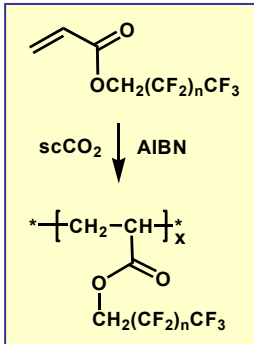
CO₂ supercrítico: reacción

La enorme solubilidad de gases en CO₂ supercrítico (a diferencia de los disolventes comunes) permite su aplicación ventajosa en reacciones de hidrogenación



CO₂ supercrítico: reacción

El CO₂ supercrítico también se emplea como medio para reacciones de polimerización



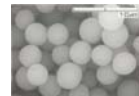
Es particularmente ventajoso en la preparación de polímeros con cadenas perfluoradas, donde ha sustituido a los CFCs en la producción de PTFE



También se puede emplear en la síntesis de PET o de policarbonatos de poliésteres

CO₂ supercrítico: dispersión

La técnica RESS (Rapid Expansion of Supercritical Solution) se emplea para procesos de cristalización, permitiendo microcristales de tamaño uniforme, por ejemplo, de fármacos para su inyección

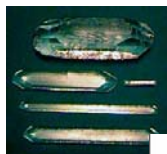


Union Carbide ha desarrollado un proceso de pintura en spray que puede disminuir la emisión de COV hasta en un 80%



Agua supercrítica: aplicaciones

A altas temperaturas y presiones, los compuestos orgánicos no resisten, pero se pueden llevar a cabo síntesis de compuestos inorgánicos (síntesis hidrotérmicas)



En esas condiciones, se usa también para la destrucción de residuos orgánicos, en condiciones oxidantes (mineralización). En la mayor parte de los casos, la destrucción es efectiva en un 99,95%



Agua supercrítica: aplicaciones

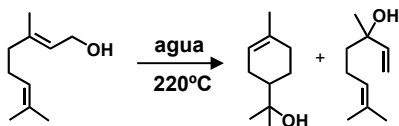
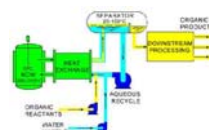
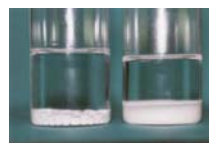
Trabajando en condiciones subcríticas (cuasi-críticas), puede emplearse el agua como disolvente para reacciones orgánicas

Fáciles reacciones de hidrólisis (reciclado del PET)

Catálisis básica sin base: Knoevenagel, Dieckman, aldólica

Catálisis ácida sin ácidos: Friedel-Crafts

- Evita el empleo de AlCl_3 (corrosión)
- Evita la formación de sales (subproductos)
- Separación de productos más fácil



Ventajas en la industria de fragancias, al evitar la presencia de un disolvente orgánico

- QUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD
- QUÍMICA, DISOLVENTES Y SOCIEDAD
- QUÍMICA SIN DISOLVENTES
- DISOLVENTES "NEOTÉRICOS"
- MATERIAS RENOVABLES Y DISOLVENTES
- AGUA Y DISOLUCIONES ACUOSAS
- FLUIDOS SUPERCRÍTICOS
- **LÍQUIDOS FLUOROSOS**
- LÍQUIDOS IÓNICOS

Líquidos fluorados

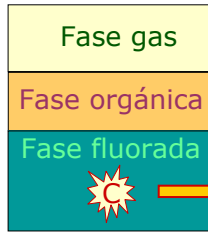
Líquidos fluorados: características

- ❖ Son químicamente inertes, por lo que se evitan reacciones laterales (subproductos) y se facilita la purificación
- ❖ Son térmicamente estables, por lo que se pueden usar a altas temperaturas sin peligro
- ❖ No son inflamables ni tóxicos, por lo que no existe riesgo de incendios o explosiones con su uso
- ❖ Son inmiscibles con muchos disolventes orgánicos y con el agua, lo que facilita el uso de sistemas bifásicos
- ❖ Al contrario de lo que normalmente se piensa, poseen un buen rango de puntos de ebullición (de 50 a 220 °C)

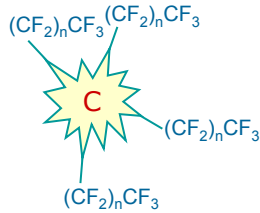
Líquidos fluorados: aplicaciones

VENTAJAS

- Fácil separación
- Reutilización
- Pureza de productos



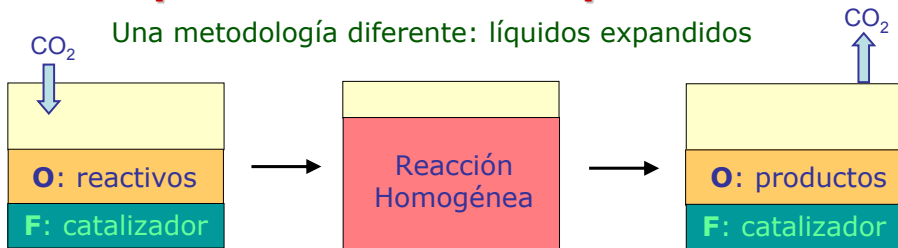
Problema con la solubilidad del catalizador



Solución: modificación con cadenas fluoradas

Líquidos fluorados: aplicaciones

Una metodología diferente: líquidos expandidos



1 bar CO₂



32 bar CO₂

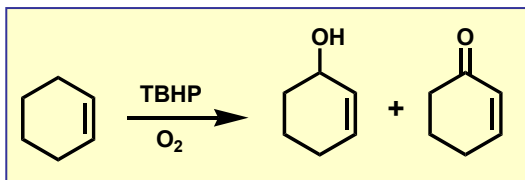


33 bar CO₂

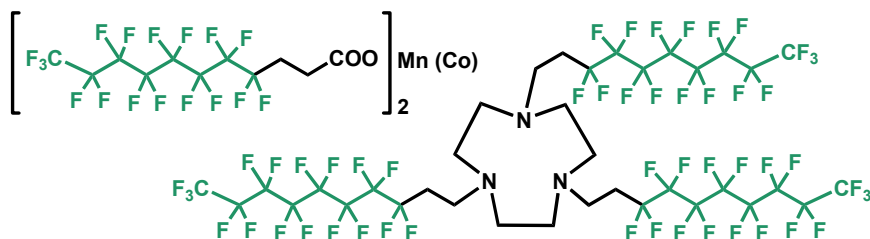
El catalizador queda "secuestrado" en la fase fluorada y puede reutilizarse fácilmente

A veces, puede obtenerse el mismo efecto calentando

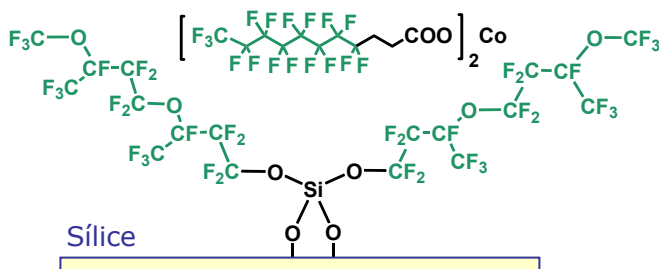
Líquidos fluorados: aplicaciones



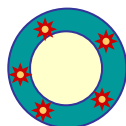
Alta solubilidad del oxígeno en la fase fluorada



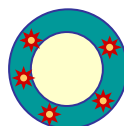
Disolventes fluorados "sólidos"



Disolvente orgánico sin CO₂:
el catalizador permanece confinado en la superficie de la sílice



Disolvente orgánico + CO₂:
el catalizador pasa a la disolución



- QUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD
- QUÍMICA, DISOLVENTES Y SOCIEDAD
- QUÍMICA SIN DISOLVENTES
- DISOLVENTES "NEOTÉRICOS"
- MATERIAS RENOVABLES Y DISOLVENTES
- AGUA Y DISOLUCIONES ACUOSAS
- FLUIDOS SUPERCRÍTICOS
- LÍQUIDOS FLUORADOS
- **LÍQUIDOS IÓNICOS**

Líquidos iónicos

¿Qué es un líquido iónico?

"SALES FUNDIDAS"
A bajas temperaturas



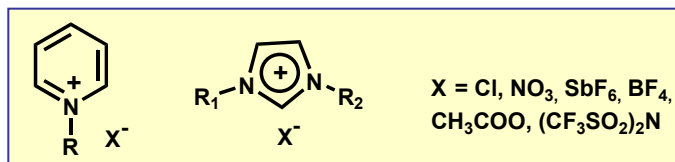
- Estabilidad térmica (300 °C)
- Amplio rango líquido
- Nula volatilidad (no COV)

¿PUNTO DE FUSIÓN?

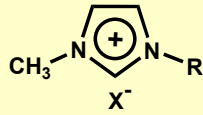


Eutético LiCl-KCl: 355 °C

$\text{EtNH}_3^+\text{NO}_3^-$ (1914): punto de fusión 12 °C



Propiedades de los líquidos iónicos



R	X	p.f.
Me	Cl	125
Et	Cl	87
Bu	Cl	65
Et	NO_3	38
Et	BF_4	6
Et	CF_3COO	-14

Alta densidad

1,15-2,20 g/mL (60°C)

Alta viscosidad

PROBLEMAS DE MANEJO

Solubilidad y miscibilidad

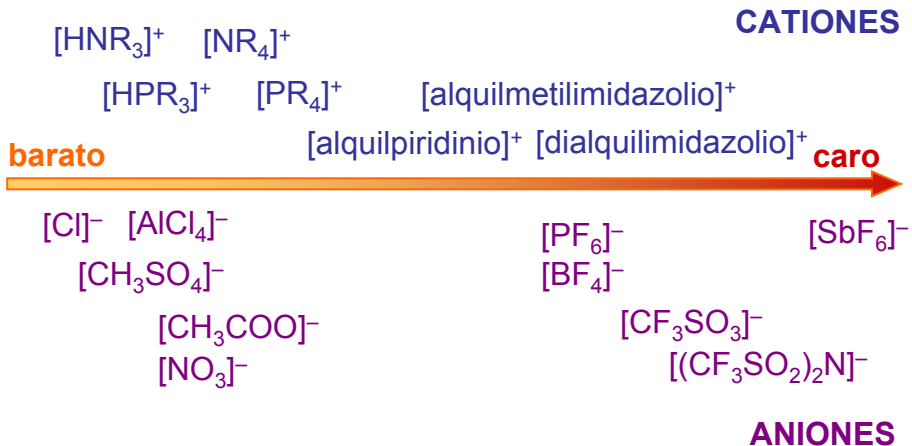
Inmiscibles: agua, hidrocarburos

Parcialmente miscibles: sCO_2 , AcOEtMiscibles: CH_2Cl_2 , éter**ACCESIBILIDAD Y PRECIO**

(2800-6000 €/kg)

¿TOXICIDAD?

Líquidos iónicos: accesibilidad



MÉTODO BASIL

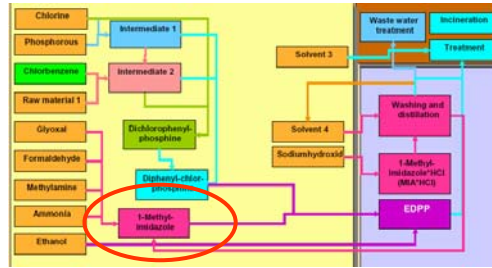
Líquido iónico como medio de quenching de reacción

Método tradicional se elimina el HCl por adición de Et₃N, lo que implica un paso de lavado y extracción con disolvente.



El nuevo método utiliza el líquido iónico que genera in situ como medio de extracción del ácido, quedando los productos en la otra fase

METODO BASIL BASF



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARRIZO
QUÍMICA SOSTENIBLE

Disolventes neotéricos vs. orgánicos

