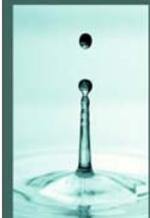




Centro Nacional de
Producción Más Limpia

GREEN CHEMISTRY

Una nueva perspectiva de cara al
futuro de la química



Contenido

- Definición y temas estratégicos
- 12 principios de Green Chemistry
- Green HAZOP
- Ciclo de vida de los IQ
- Casos de Green Chemistry
- Green Chemistry Awards
- Química Supramolecular
- Catálisis
- Aplicaciones y productos de mercado
- Líquidos Iónicos
- Fluidos Supercríticos
- Simulación de Procesos
- Proyectos y programas



Fuente: www.chemical.net

Conceptos

- **Green Chemistry:** La química verde o sostenible consiste en aquellos procesos, sustancias sostenibles y ambientalmente amigables que reducen la generación de residuos y generan productos con ninguna o la mínima afectación al medio ambiente. (EPA)
- La química verde apoya la innovación y promueve la creación de productos que son ambiental y económicamente sostenibles.



Fuente: www.news.cnet.com

ANASTAS, Paul. Green Chemistry: Theory and Practice

Jerarquía en Green Chemistry



1. Los insumos químicos y los procesos deben diseñarse para obtener el máximo nivel competitivo del mercado.

2. Reducción en la fuente y prevención de sustancias peligrosas

3. El diseño de productos químicos debe ser orientado a la minimización del riesgo al ser humano y al medio ambiente.

4. Usar reactivos que sean menos peligrosos a la salud y al medio ambiente

5. La síntesis de productos ha de minimizar el consumo de energía y la intensidad de materiales (maximizar la eficiencia atómica y minimizar la E de activación)

6. Usar recursos anualmente renovables o fruto de residuos industriales recuperados.

7. Diseñar productos químicos fáciles de reusar o reciclar.

8. Reusar o reciclar los insumos químicos.

9. Tratamientos químicos de inactivación

10. Disponer adecuadamente los residuos químicos

Origen de Green Chemistry



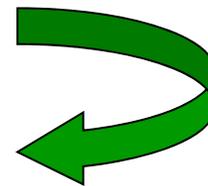
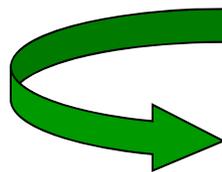
1993: “solventes más verdes” e insumos químicos más seguros



1991: “Rutas Sintéticas Alternativas para la Prevención de la Contaminación”.



1990: Cumbre de la OPPT



Temas Estratégicos de Green Chemistry

- Aplicaciones de fluidos supercríticos como el vapor de agua y el CO₂
- Líquidos iónicos
- Procesos de oxidación avanzada. O₃, UV, Fenton, Cl₂O₂, TiO₂, H₂O₂,
- Reacciones asimétricas
- Recirculación de materias primas
- Reuso de excedentes de proceso
- Diseño bajo el concepto del ciclo de vida de los insumos
- Minimización de las energías de activación en las reacciones químicas
- Optimización de los parámetros de reacción (P, T, [], Q)
- Disposición adecuada de residuos



It's Actually Easy Being Green!

12 Principios de Green Chemistry

1. Prevenir la creación de residuos
2. Diseñar productos y compuestos seguros
3. Diseñar síntesis químicas menos peligrosas
4. Usar materias primas renovables
5. Usar catalizadores
6. Evitar derivados químicos
7. Maximizar la economía atómica
8. Usar solventes y condiciones de reacción seguras
9. Incrementar la eficiencia energética (reacciones a temperatura y presión ambiente)
10. Diseñar productos biodegradables
11. Analizar en tiempo real los procesos químicos para evitar la contaminación
12. Minimizar los riesgos de accidentes

Originally published by Paul Anastas and John Warner in *Green Chemistry: Theory and Practice* (Oxford University Press: New York, 1998).

Green Hazop Analysis



Análisis del riesgo desde el diseño

- El sistema realiza un examen pormenorizado del proceso y de las modificaciones a realizar en instalaciones nuevas o ya existentes, con el fin de evaluar los peligros potenciales de su funcionamiento
- Un peligro que se pase por alto podría tener importantes consecuencias para el resto del proyecto
- Un estudio HAZOP eficaz aporta la mejor información, ya sea en lo que se refiere a la seguridad, el medio ambiente, el funcionamiento de la planta o su mantenimiento.
- Los estudios HAZOP garantizan:

- > Que se identifiquen y corrijan potenciales desvíos de las funciones inicialmente proyectadas
- > Que se conozcan los posibles peligros de los equipos y procesos para la seguridad, higiene y medio ambiente
- > Que se puedan planificar las acciones encaminadas a mejorar los equipos y los procesos necesarios
- > Que las medidas tomadas puedan ser auditadas por la dirección de la empresa y las inspecciones de la administración.



Análisis del riesgo desde el proceso

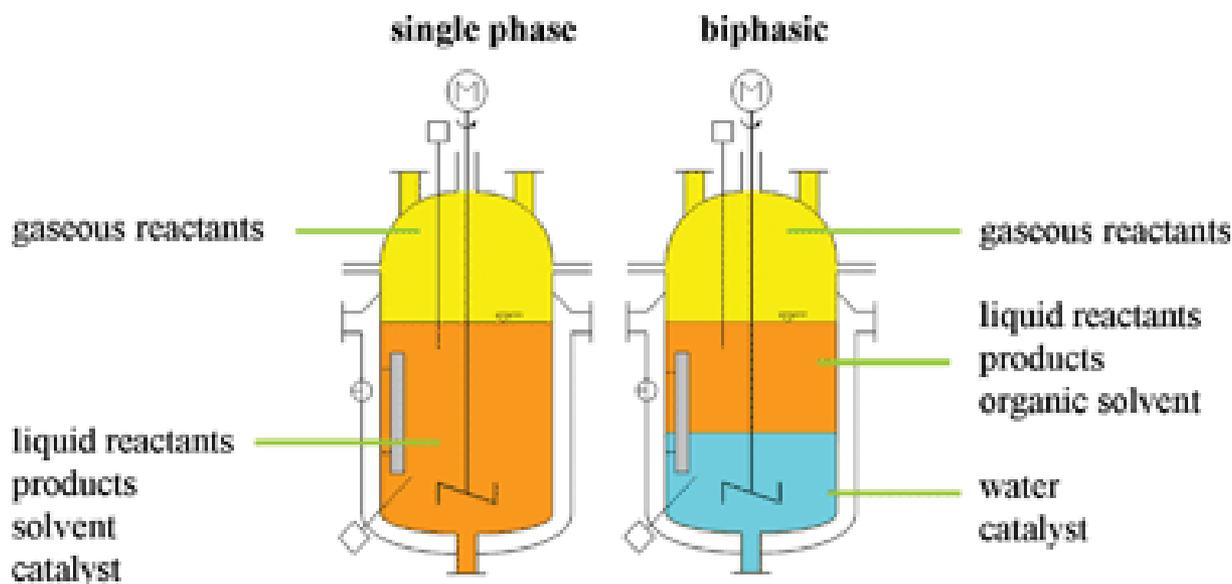
Análisis de Ciclo de Vida de los IQ

- Consiste en la evaluación de los impactos ambientales de los productos desde su generación hasta su disposición final.
- Su aplicación en la línea de generación, uso y transformación de materias primas, almacenamiento y salida final de los procesos de planta pueden ser susceptibles de identificar oportunidades para mejorar los aspectos ambientales e incrementar la eficiencia de los procesos.
- La planificación estratégica y el diseño o rediseño de procesos también cabe en el ACV con miras a una producción con menor impacto ambiental.
- Debe incluir las siguientes fases:
- Definición de meta y alcance, análisis de inventario, evaluación del impacto e interpretación.



Casos de Green Chemistry

- 1. Aplicación de solventes base agua en la reacción de telomerización bifásica y reciclaje del catalizador de Pd. (DOW CHEMICAL)



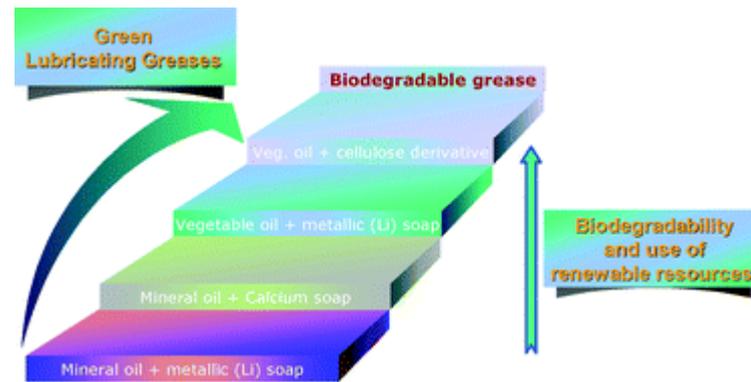
Fuente: www.rsc.org

El agua puede usarse como solvente en un proceso homogéneo catalizado en la telomerización con MetOH, Dietilamina, etilenglicol y glicerol.

EL agua aporta la propiedad de aminorar el impacto ambiental y mejorar los costos operativos del proceso además ésta permite la recirculación del catalizador de Pd en reactores CSTR o PFR.

Casos de Green Chemistry

- 3. Formulación de un lubricante biodegradable a partir de derivados celulósicos y aceite de castor.



- Los lubricantes biodegradables se fabrican simplemente reemplazando la base mineral de aceite por una base vegetal del mismo. Se usan bases de etil y metilcelulosa obteniendo grasas de mayor estabilidad que las de base mineral.
- Fuente: **R. Sánchez, J. M. Franco, M. A. Delgado, C. Valencia and C. Gallegos**

Presidential Green Chemistry Challenge Awards.



- Este programa es un incentivo de parte de OPPT de la EPA para individuos, organizaciones, gremios, universidades o compañías que cada año compiten por los mejores avances en temas de diseño, manufactura y uso para la aplicación en el campo de la innovación, químicas más eficientes y menos contaminantes, disminución en el uso de insumos no renovables con nuevos procesos químicos a nivel industrial.

Áreas estratégicas:



- Caminos de síntesis química "Verde"
- Condiciones "verdes" de reacción
- Diseño de productos químicos "verdes"

•Criterios:

- Ciencia e innovación
- Salud humana y beneficios ambientales
- Aplicabilidad

• Categorías:

- Pequeñas empresas
- Academia
- Patrocinador industrial del área estratégica 1
- Patrocinador industrial del área estratégica 2
- Patrocinador industrial del área estratégica 3

Ganadores 2008

SigNa Chemistry Inc(nuevas sales metálicas estabilizadas para síntesis química mas verde)

Prof. Robert Malezka de la U Estatal de Michigan (Green Chemistry para los ésteres Borónicos en pesticidas)

Batelle (Desarrollo de Toners biodegradables)

Nalco (Tecnología 3D Trasar®)

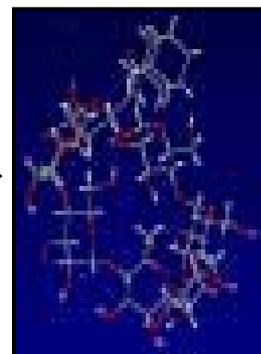
Dow Agrosiences(Spinetoram®: Producto "verde" para el control de insectos en cultivos)



Química Supramolecular

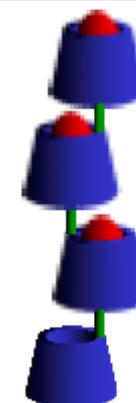


LEGO: Acople Macho-Hembra



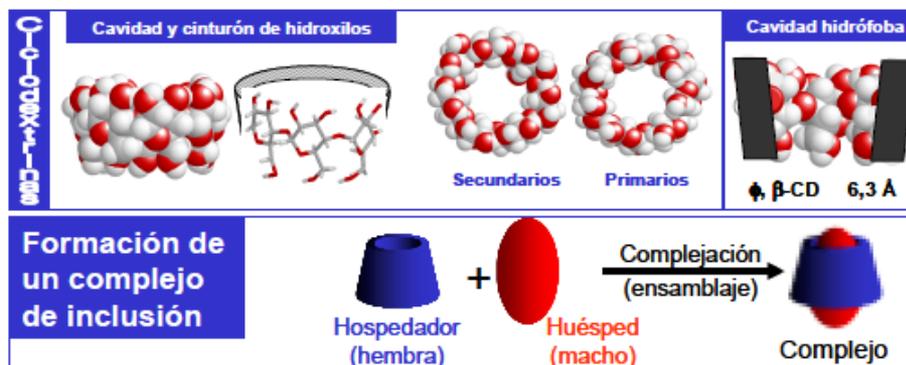
Molécula tipo ladrillo

Resultado previsible del ensamblaje de la molécula ladrillo



Columna o polímero supramolecular

- Control de la solubilidad
- Liberación controlada de sustancias
- Extracción de componentes
- Estabilización de sustancias frente al calor o la luz
- Eliminación de olores o sabores
- Reducción de la volatilidad

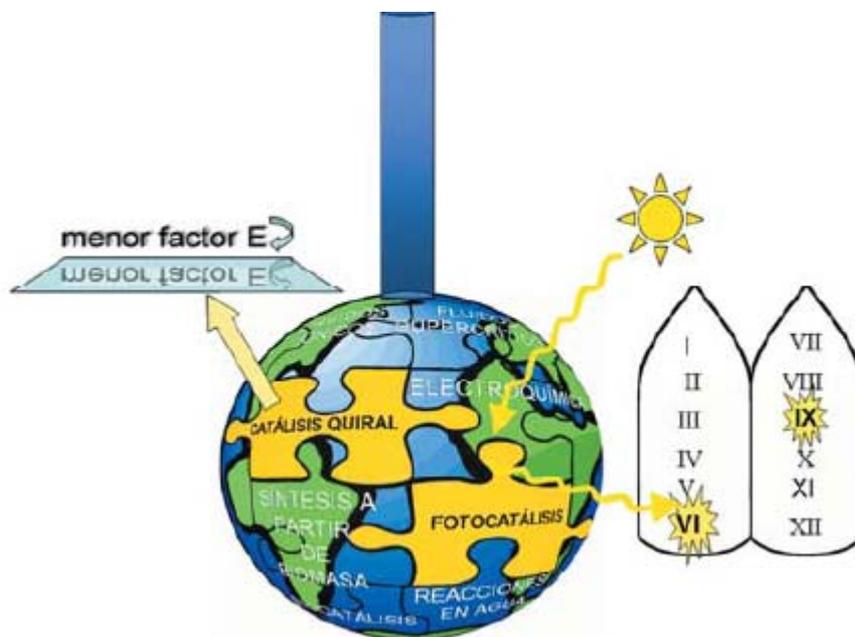


Fuerzas de Coulomb, Van der Waals, puentes de Hidrógeno, etc...

Facilitan la solubilidad de sustancias poco solubles en agua y en otros casos la separación de componentes en suspensión como la eliminación del colesterol de la mantequilla.

Catálisis

- El principio 9 de Green Chemistry hace referencia específicamente a la catálisis sin embargo los 12 principios se refieren tácitamente a ella al punto de considerarla como el pilar fundamental de la llamada Green Chemistry.



Fotocatálisis y Catálisis Quiral

Fuente: Real Sociedad Española de Química

Eficiencia Atómica:
catalizadores de rxn y
estequiometrías 1:1.

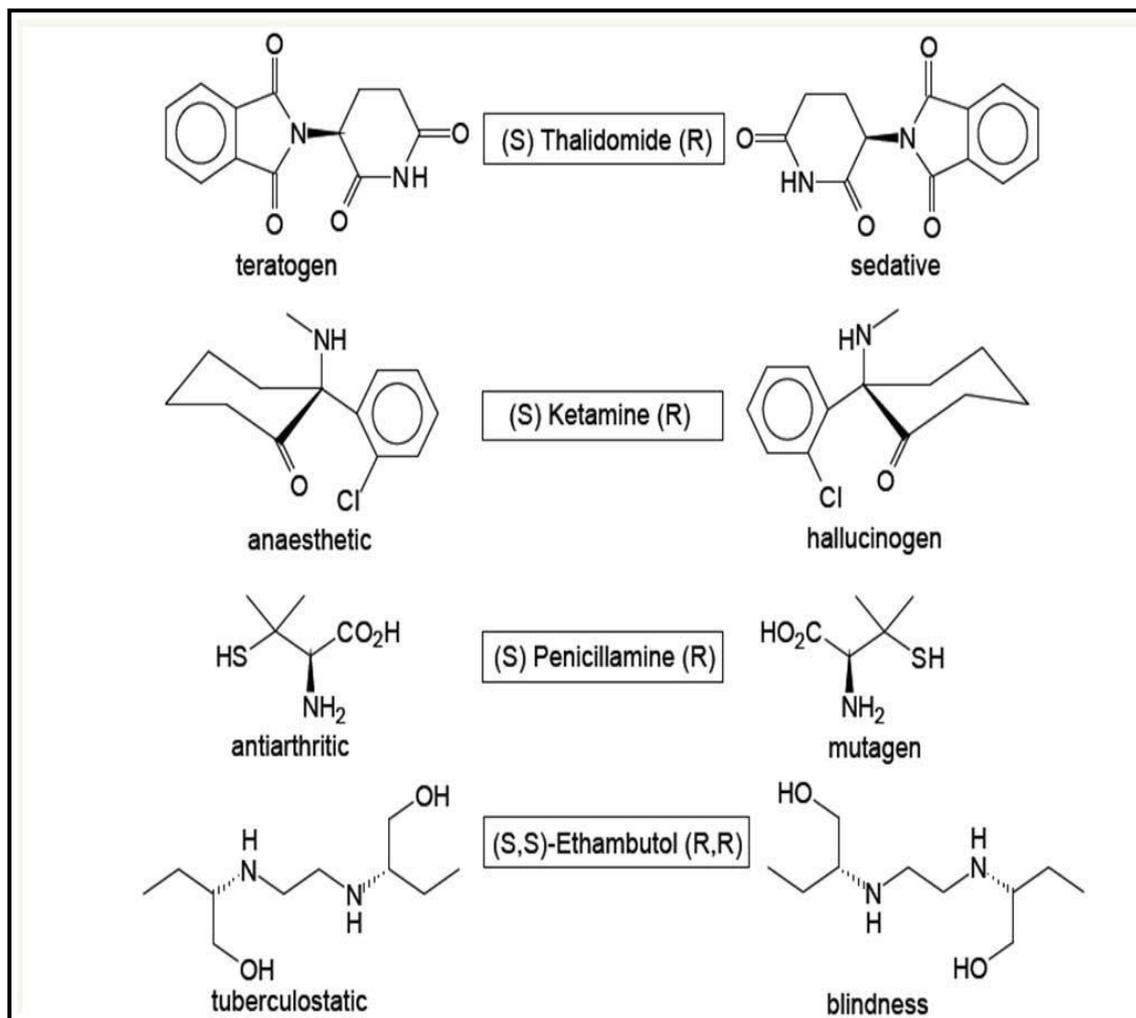
Catálisis Heterogénea:
Estructura de Sílica injerta o
In situ Sol Gel vía puentes
de hidrógeno.

Reacciones catalizadas por
ácidos sólidos: La más
utilizada, enlaces de Lewis y
Bronsted.

Catálisis Quiral: la mayor
quiralidad aumenta la
selectividad
enantiomérica. Menor E

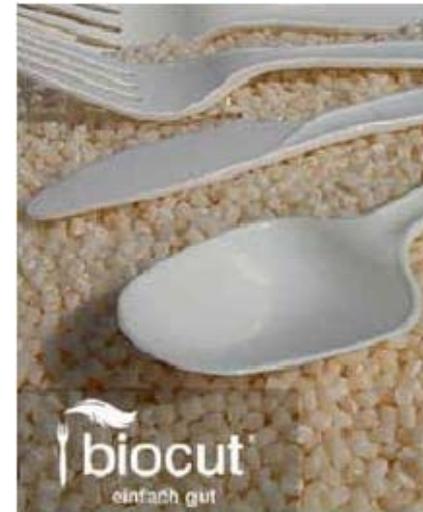
Fotocatálisis: Oxidación
avanzada, reacciones de
Fenton

Reacciones Asimétricas



Aplicaciones y productos del mercado

Alimentos	Farmacéutico	Químico y cosmético	Textil y medio ambiente
Descafeinización de café y te	Obtención de extractos de hierbas, raíces y cortezas con	Eliminación de residuos del petróleo	Impregnación de fibras y tejidos
Obtención de extractos de lúpulo	propiedades medicinales	Regeneración de catalizadores, absorbentes y filtros	Purificación de suelos contaminados
Obtención de aceites esenciales de especias y plantas aromáticas	Producción de antibióticos	Reacciones enzimáticas en FSC	Regeneración de tierras adsorbentes de filtrado de aceites
Eliminación de nicotina	Aislamiento de vitaminas y alcaloides de productos vegetales	Separación de ácidos grasos	Descontaminación de aguas residuales
Extracción y desterpenización de aceites esenciales de frutas	Obtención de nutraceuticos	Colorantes naturales	Tratamiento de residuos de refinería
Eliminación de pesticidas de cereales	Obtención de antioxidantes naturales	Extracción de resinas y ceras	
Extracción de colorantes			
Extracción de aromas			
Extracción y tratamiento de grasas y aceites			
Fraccionamiento de grasas			



Biopolímeros



Celofán



Polímeros con mayores resistencias y con propiedades biodegradables.

Líquidos Iónicos

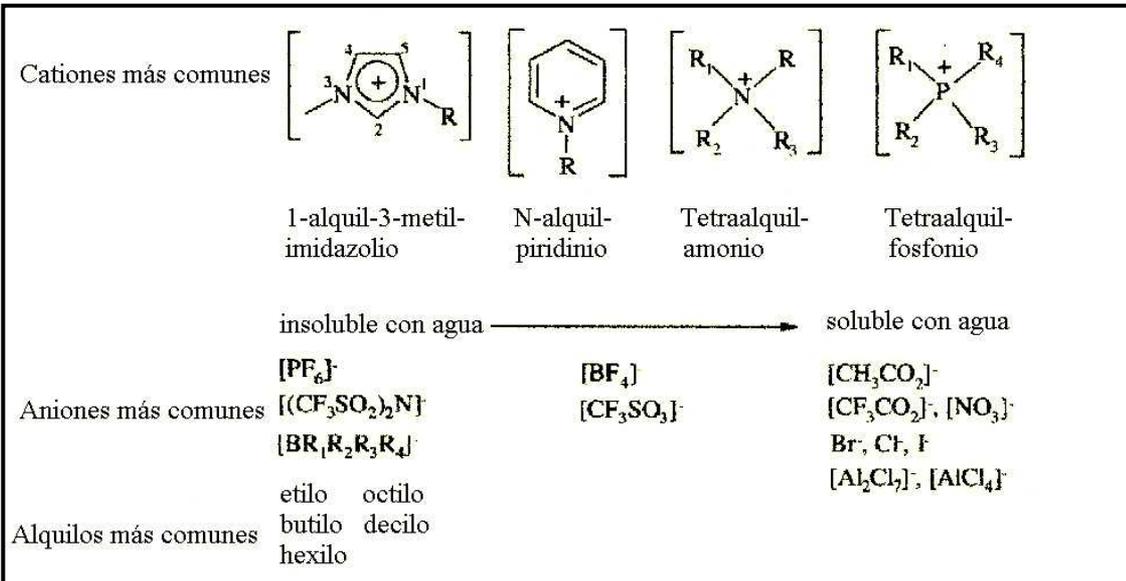
- Sales orgánicas compuestas de cationes y aniones que son líquidas a condiciones ambientales su presión de vapor es nula, estables térmicamente, estado líquido en amplio rango de temperatura, amplia electronegatividad, alta capacidad solvente

Los **líquidos iónicos** (LI) pueden considerarse como nuevos disolventes debido a sus propiedades: baja inflamabilidad, baja o nula volatilidad, estabilidad térmica y alta conductividad iónica. Por esta razón, sus principales aplicaciones serían sustituyendo a los disolventes orgánicos convencionales en reacciones bifásicas y en procesos de separación:

- Separación líquido - líquido
- Separación sólido - líquido
- Separación de iones metálicos

• Disuelven casi todo

• Se usan en la medicina y en la extracción de sustancias vía solventes



Fluidos Supercríticos

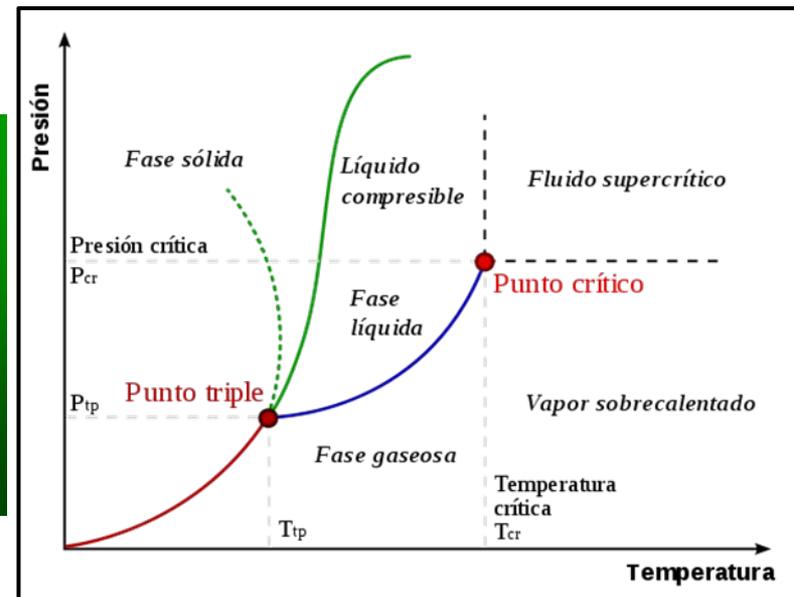
- Un **fluido supercrítico** (FSC) es cualquier sustancia que se encuentre en condiciones de presión y temperatura superiores a su punto crítico. Poseen unas propiedades típicas, lo que habitualmente se denomina como "un híbrido entre un líquido y un gas", es decir, puede difundir como un gas, y disolver materiales como un líquido. Los FSC se caracterizan por el amplio rango de densidades que pueden adoptar. Por encima de las condiciones críticas, pequeños cambios en la presión y la temperatura producen grandes cambios en la densidad.

Extracción más eficiente que L-L

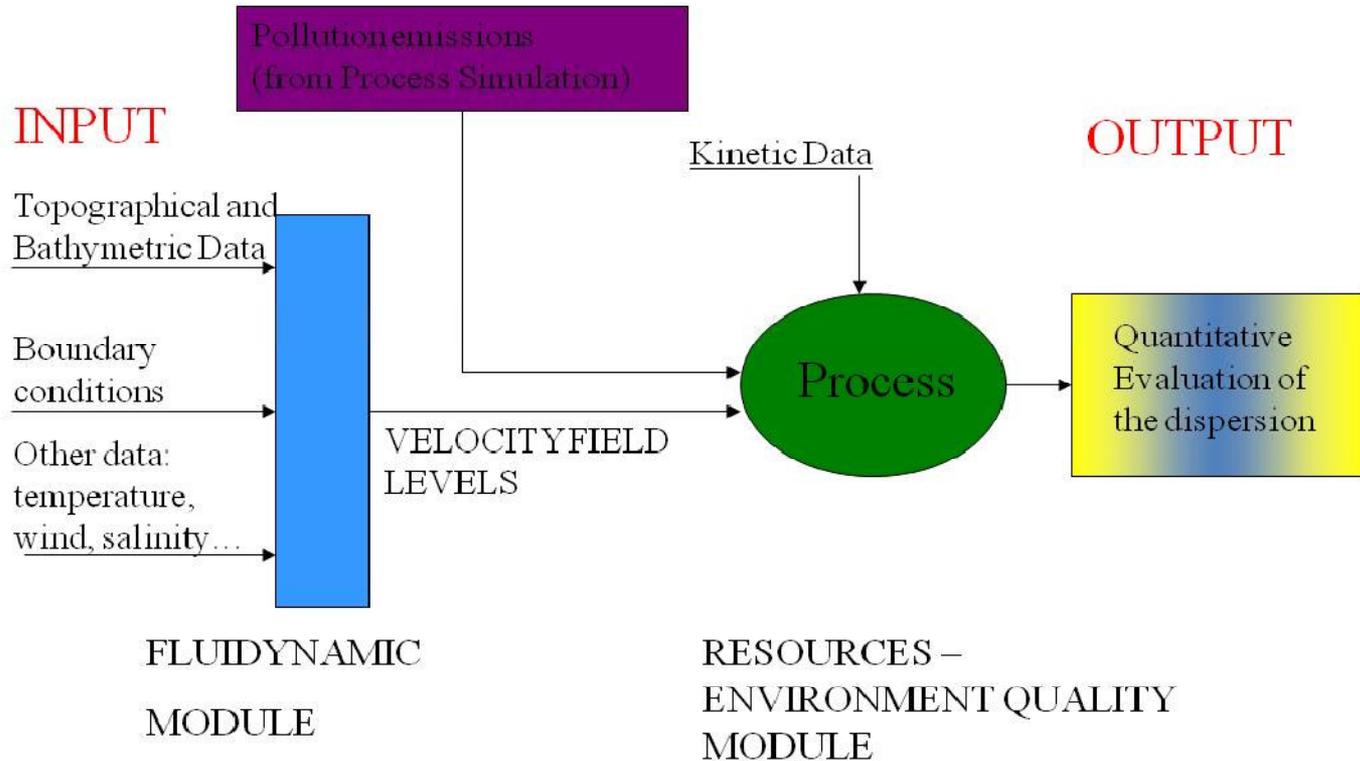
"disolventes verdes" como el CO₂ evitando el uso de los habituales disolventes clorados de las extracciones líquido-líquido.

Biodiesel vía Metanol supercrítico.

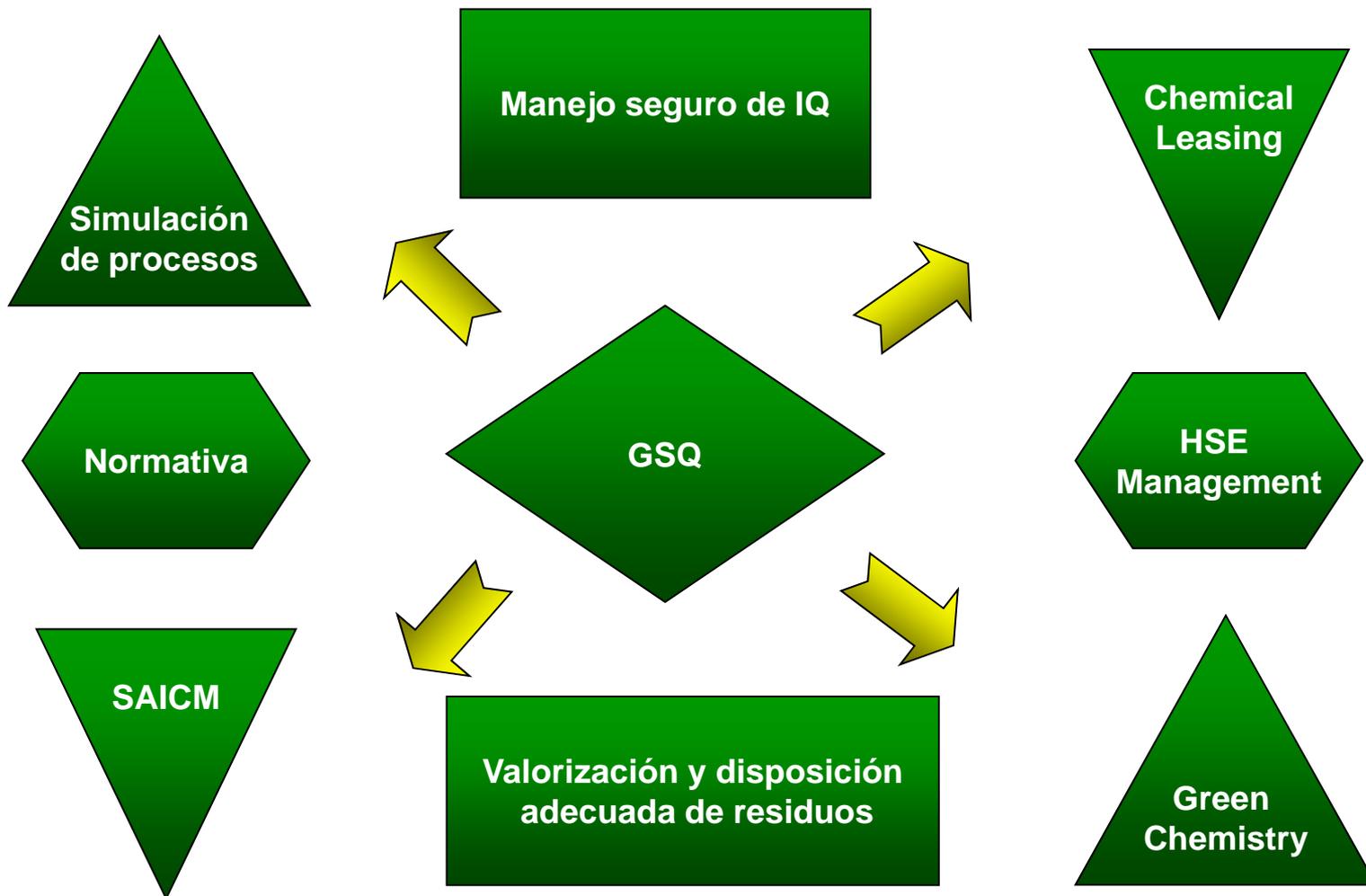
Eliminación de Metales pesados en corrientes con pesticidas y agroquímicos



Simulación de procesos



Proyectos y programas





Centro Nacional de
Producción Más Limpia

GRACIAS

COLOMBIA

yuan.kuan@cnpml.org