

Química Verde

Fundamentos y aplicaciones



La necesidad de la Industria Química

TINTAS

ENVASES

FIBRAS

COSMÉTICOS

PLÁSTICOS

MEDICAMENTOS

PRODUCTOS DE LIMPIEZA

COMPONENTES ELECTRÓNICOS

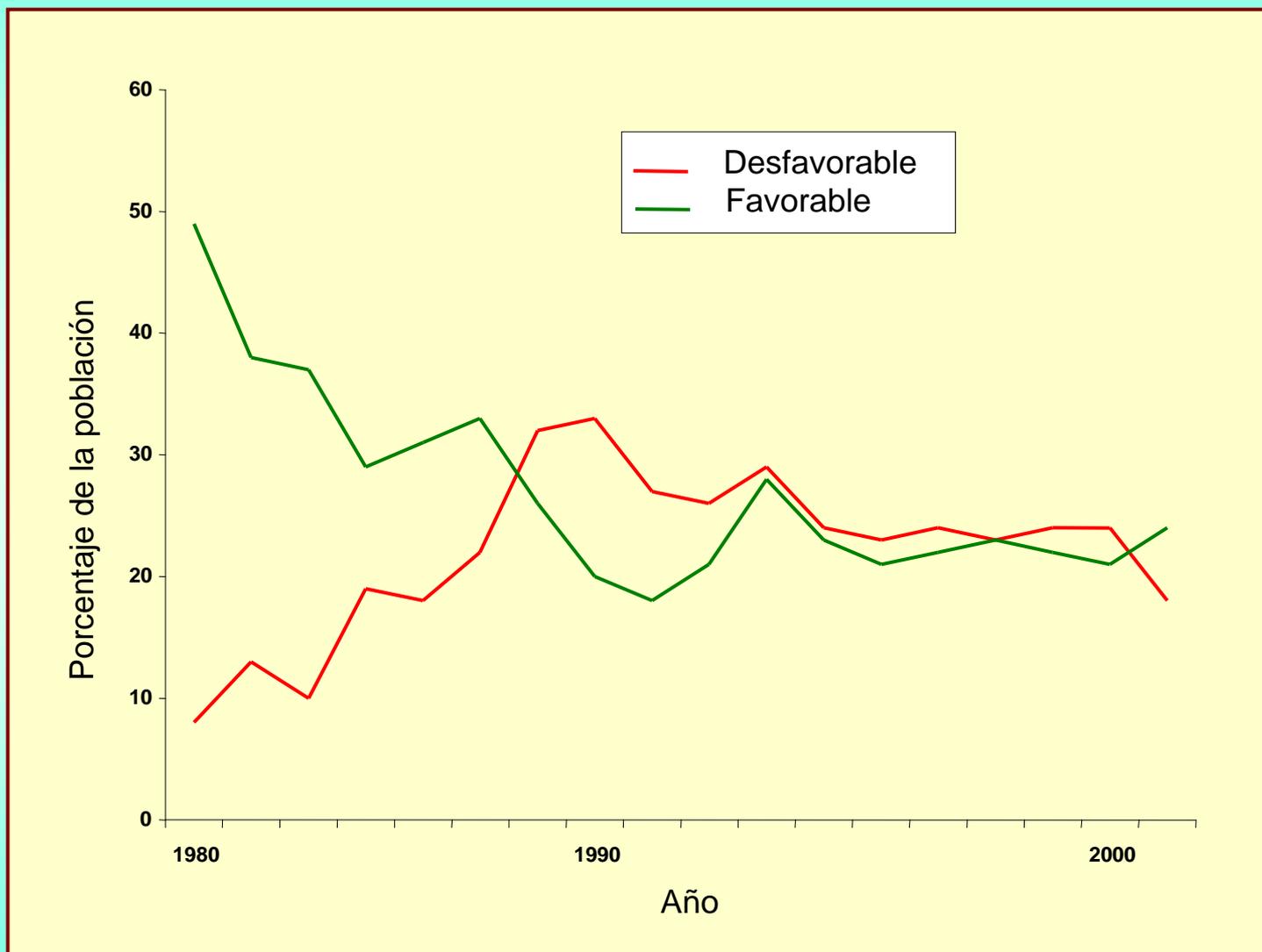
LUBRICANTES

PINTURAS

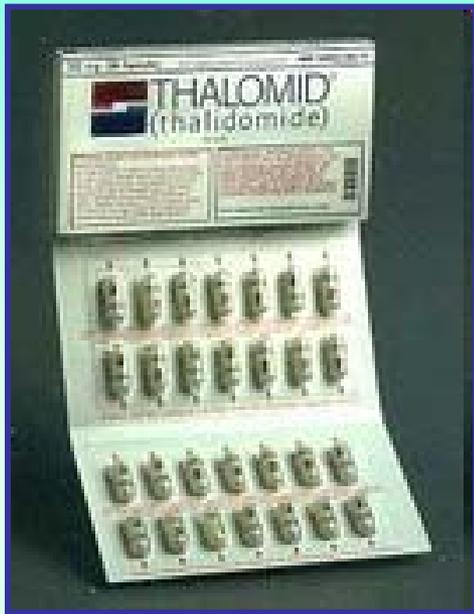
AUTOMOCION RECUBRIMIENTOS

ADHESIVOS

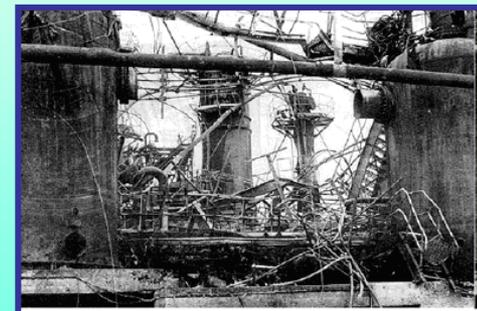
La percepción social de la Química



La "historia" de la Industria Química



- 1961 - Talidomida
- 1962 - DDT
- 1969 - Cuyahoga
- 1971 - Love Canal
- 1976 - Seveso
- 1983 - Times Beach
- 1984 - Bhopal



Enfoque tradicional

Diseño industrial basado en la optimización económica (contaminar es gratis)

Peligros químicos:
desconocidos, despreciados

Seguridad:
minimizar exposición personal



"Por definición, cualquier subproducto de una operación química para la que no existe un uso es un residuo. La forma más práctica y barata de deshacerse de un residuo es a través de la chimenea o el río" (W. Haynes, 1954)

Enfoque ambientalista

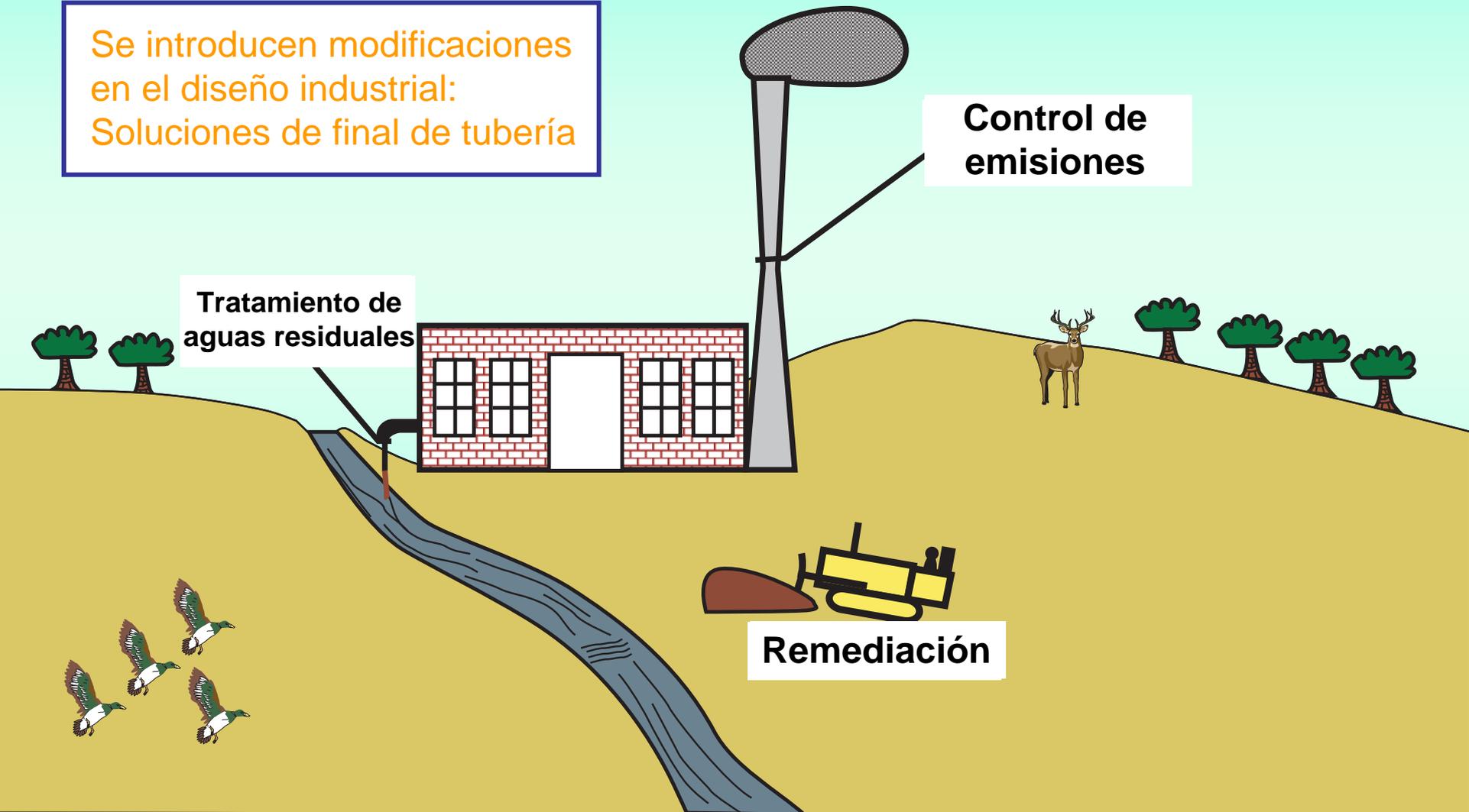
"La dilución es la solución a la contaminación"

Se introducen modificaciones en el diseño industrial:
Soluciones de final de tubería

Control de emisiones

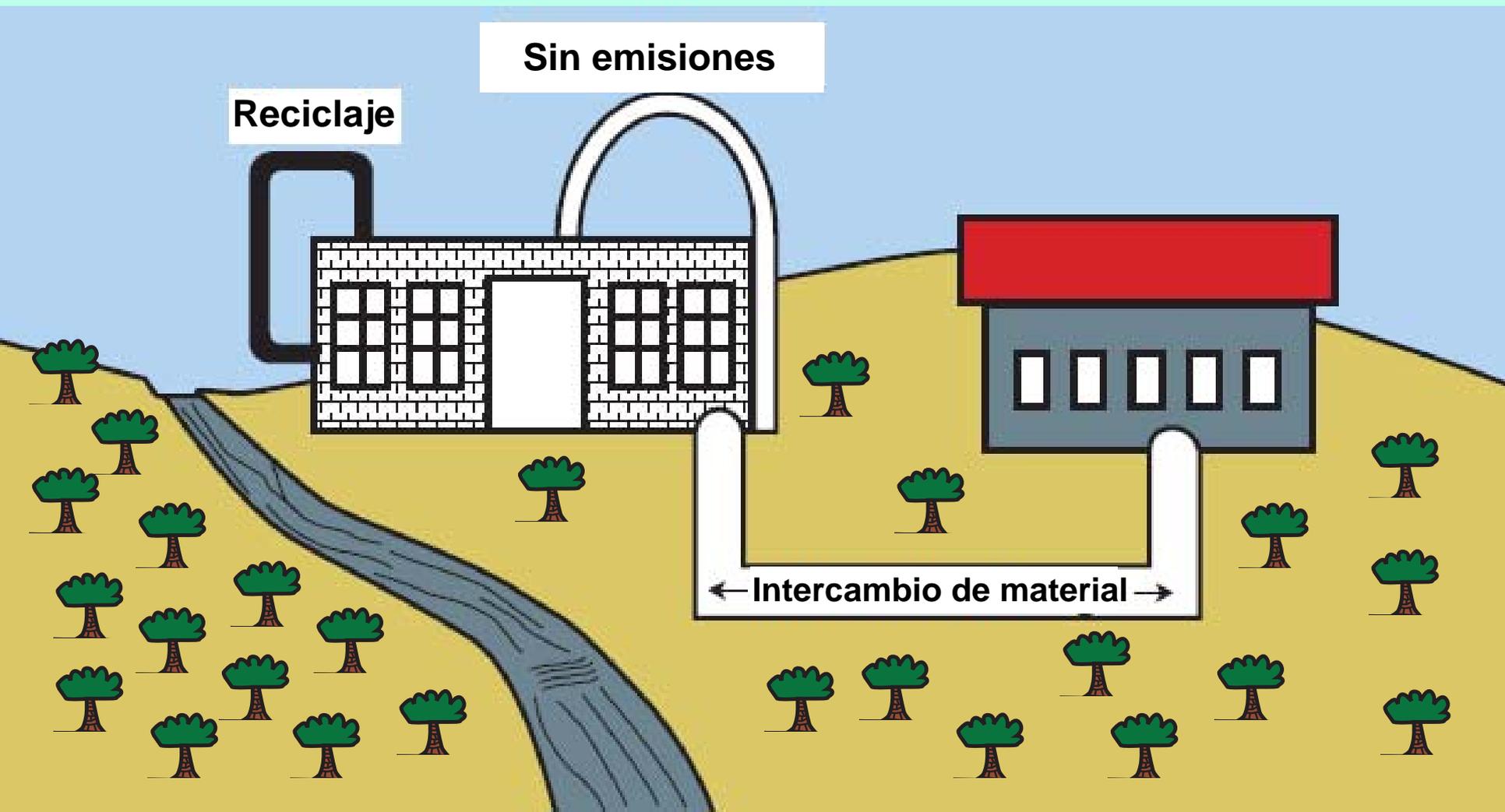
Tratamiento de aguas residuales

Remediación



Enfoque de la Química Verde

"Lo que para unos es basura para otros puede ser un tesoro" (eBay)



Desarrollo y Química sostenibles

DESARROLLO SOSTENIBLE

Desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades.

Comisión Brundtland, 1987

QUÍMICA VERDE (SOSTENIBLE)

Diseño, desarrollo e implementación de productos químicos o procesos para reducir o eliminar el uso y la generación de sustancias peligrosas.

Paul T. Anastas, John C. Warner, 1998



Los 12 principios de la Química Verde

1. Prevención
2. Economía de átomos
3. Productos químicos intermedios menos tóxicos
4. Productos finales más seguros
5. Reducción del uso de sustancias auxiliares
6. Reducción del consumo energético
7. Uso de materias primas renovables
8. Reducción de la derivatización innecesaria
9. Uso de catalizadores
10. Diseño para la degradación
11. Desarrollo de tecnologías analíticas para la monitorización en tiempo real
12. Minimización del riesgo de accidentes químicos

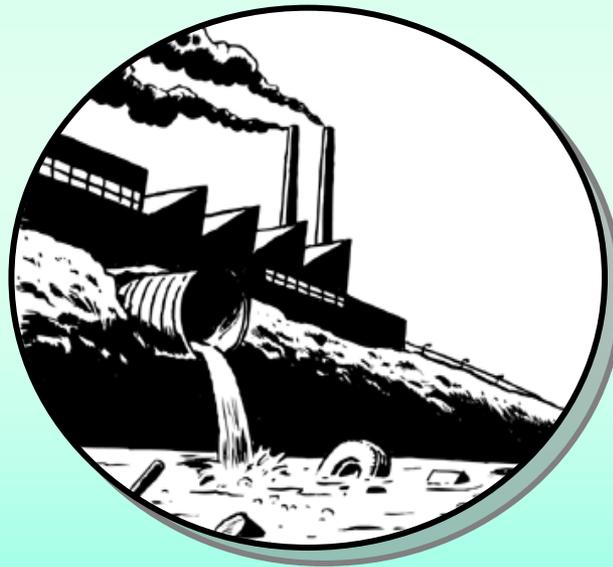


Paul T. Anastas, John C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*



1. ES MEJOR EVITAR LA GENERACIÓN DE RESIDUOS QUE TRATARLOS O LIMPIARLOS DESPUÉS DE HABERLOS CREADO.

Los residuos salen cada vez más caros en costes de tratamiento y eliminación y en protección personal. De hecho, hay que pagar dos veces por ellos: por su compra como materia prima y para su destrucción.

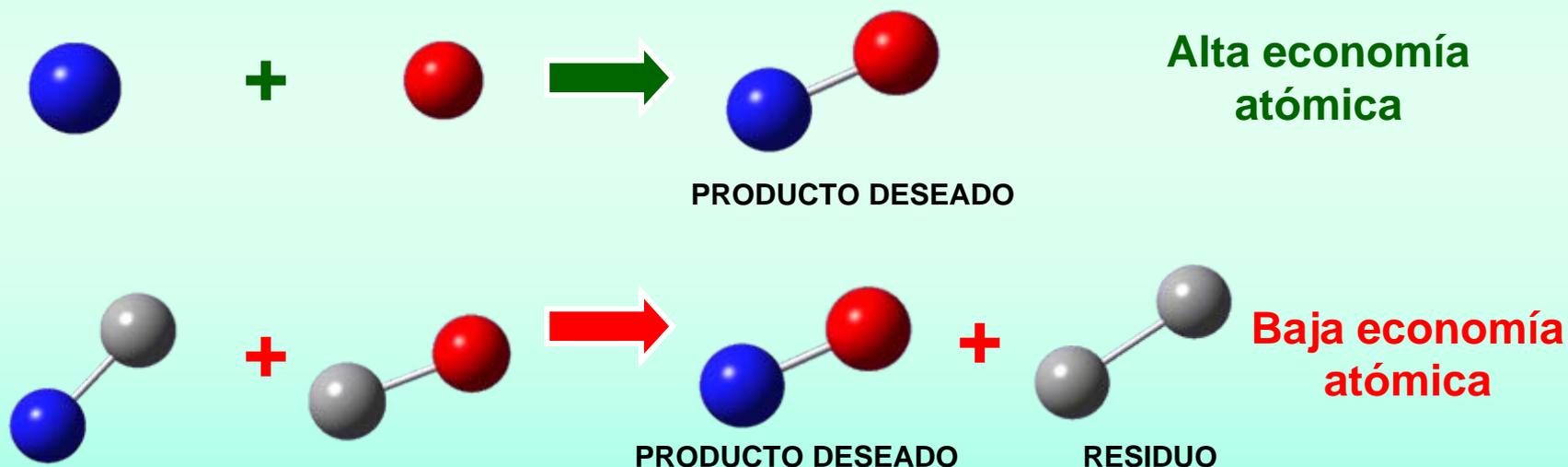


Ejemplo: Disminución de la escala de trabajo de los experimentos químicos en la investigación



2. HAY QUE DISEÑAR LOS MÉTODOS SINTÉTICOS PARA MAXIMIZAR LA INCORPORACIÓN EN EL PRODUCTO FINAL DE LOS MATERIALES USADOS EN EL PROCESO.

Economía atómica: proporción de la cantidad de reactivos que se incorpora al producto de la reacción



Ejemplo: La síntesis del ibuprofeno anterior a 1990 tenía una economía atómica del 40%. En la actual, es del 77%, con un 30% de ahorro energético.

3. HAY QUE DISEÑAR LAS METODOLOGÍAS SINTÉTICAS PARA USAR O GENERAR SUSTANCIAS CON POCA O NULA TOXICIDAD PARA LA SALUD HUMANA Y EL MEDIOAMBIENTE.

Riesgo = Peligro × Exposición

Enfoque ambientalista

- Reducción de la exposición: Con equipamiento de seguridad (gafas, etc.), pero el **peligro permanece**.

Enfoque de Química Verde

- Reducción del peligro: se reduce la probabilidad y la gravedad de los accidentes. Compatible con equipamiento de seguridad.



4. HAY QUE DISEÑAR LOS PRODUCTOS QUÍMICOS PARA MANTENER SU FUNCIÓN REDUCIENDO LA TOXICIDAD.

La estructura de los productos puede impedir el acceso a los órganos afectados o evitar los mecanismos que desarrollan la toxicidad.



Ejemplos: eliminación de plomo (gasolina, soldaduras, empastes) y mercurio, sustitución del percloroetileno por CO₂ supercrítico en la limpieza en seco

5. LAS SUSTANCIAS AUXILIARES USADAS DEBEN SER INOCUAS O, PREFERIBLEMENTE, INEXISTENTES.

Las sustancias auxiliares (p. ej., disolventes) no se incorporan en el producto final.

Disolventes "tradicionales" (COV)

Tóxicos: hexano

Carcinógenos: disolventes clorados, benceno

Destruyores de la capa de ozono: disolventes clorados

Disolventes preferibles (COV)

Menos tóxicos: heptano, tolueno

Disolventes oxigenados: metanol, acetona

Disolventes renovables: lactato de etilo

Disolventes ideales

Agua

CO₂ supercrítico



Ejemplo: disolventes de las pinturas, fluidos supercríticos para extracciones de productos naturales (cafeína, aceites esenciales, etc.)



6. HAY QUE MINIMIZAR LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS. SON PREFERIBLES LOS MÉTODOS SINTÉTICOS A TEMPERATURA Y PRESIÓN ATMOSFÉRICAS.

- La energía es cara y provoca la emisión de CO_2 .
- Hay que diseñar los procesos (calentamiento, enfriamiento, separación...) para reducir el consumo de energía.
- Pueden usarse nuevas técnicas para acelerar las reacciones (microondas, ultrasonidos).



Ejemplo: Disminución de la temperatura de reacción



7. ES PREFERIBLE EL USO DE MATERIAS PRIMAS RENOVABLES EN LUGAR DE DERIVADOS DE COMBUSTIBLES FÓSILES.

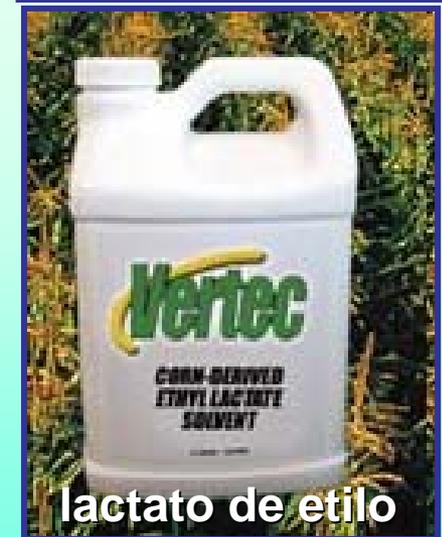
Derivados de combustibles fósiles:

- Afloramiento del carbono del subsuelo: aumento del efecto invernadero
- Agotamiento del petróleo para generaciones futuras
- Encarecimiento progresivo del petróleo
- Dificultades de aprovisionamiento del petróleo: problemas geoestratégicos

Materias primas renovables:

- Procedentes de la agricultura y otros sectores
- Hidratos de carbono, aceites, fibras...
- Productos más biodegradables y menos tóxicos

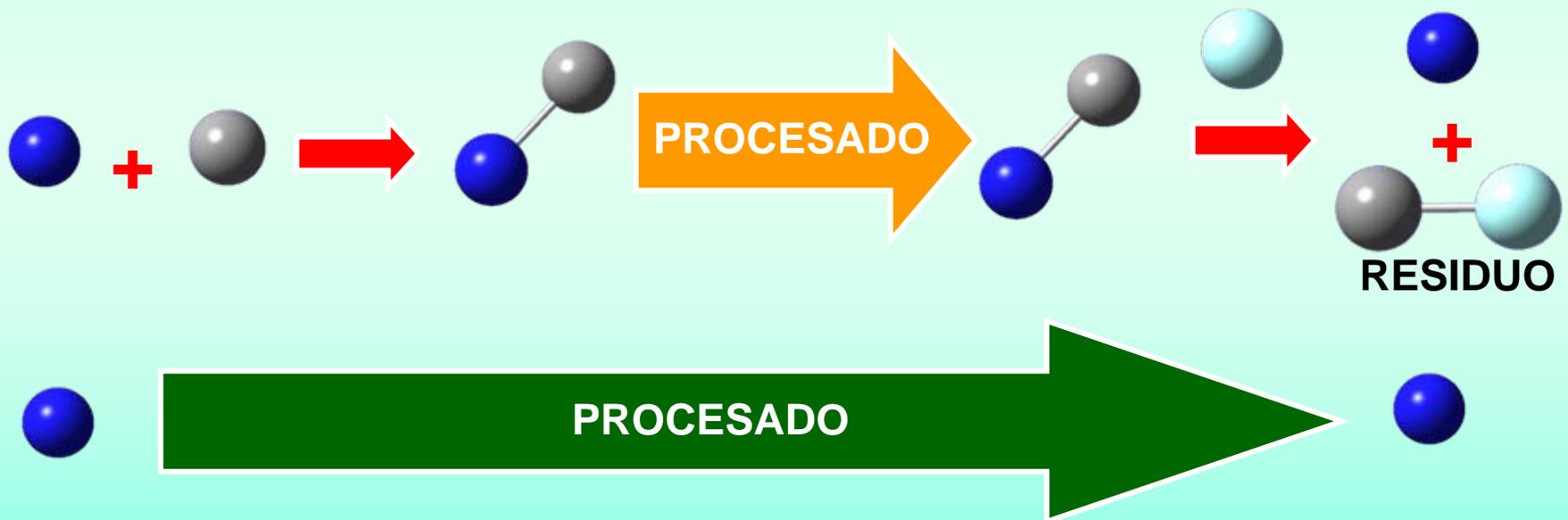
Ejemplo: disolventes renovables



8. HAY QUE EVITAR LA DERIVATIZACIÓN INNECESARIA.

Hay que rediseñar los procesos químicos cuestionando la necesidad de:

- Grupos protectores o bloqueantes
- Derivados para facilitar el procesado (destilación, precipitación, etc.)



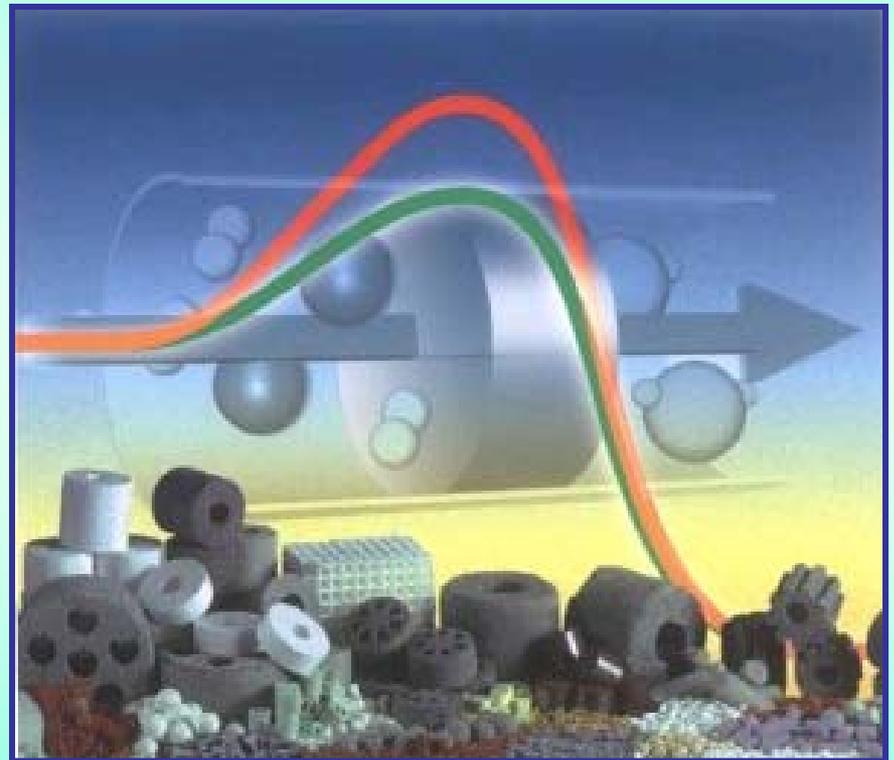
9. ES MEJOR USAR CATALIZADORES QUE REACTIVOS ESTEQUIOMÉTRICOS.

Reactivos estequiométricos:

- Uso en grandes cantidades
- Generación de muchos residuos

Catalizadores:

- Uso en pequeñas cantidades
- Generación pocos residuos
- Aumento de la selectividad
- Funcionan a bajas temperaturas: reducción de costes energéticos
- Permiten la recuperación



10. HAY QUE DISEÑAR LOS PRODUCTOS QUÍMICOS PARA QUE, AL FINAL DE SU FUNCIÓN, SE DEGRADEN EN EL MEDIOAMBIENTE FORMANDO PRODUCTOS INOCUOS.

- Hay que evitar los productos químicos persistentes en el Medioambiente (plásticos, pesticidas organoclorados, etc.)
- Pueden diseñarse productos específicamente para facilitar su biodegradabilidad



bolsa de plástico biodegradable

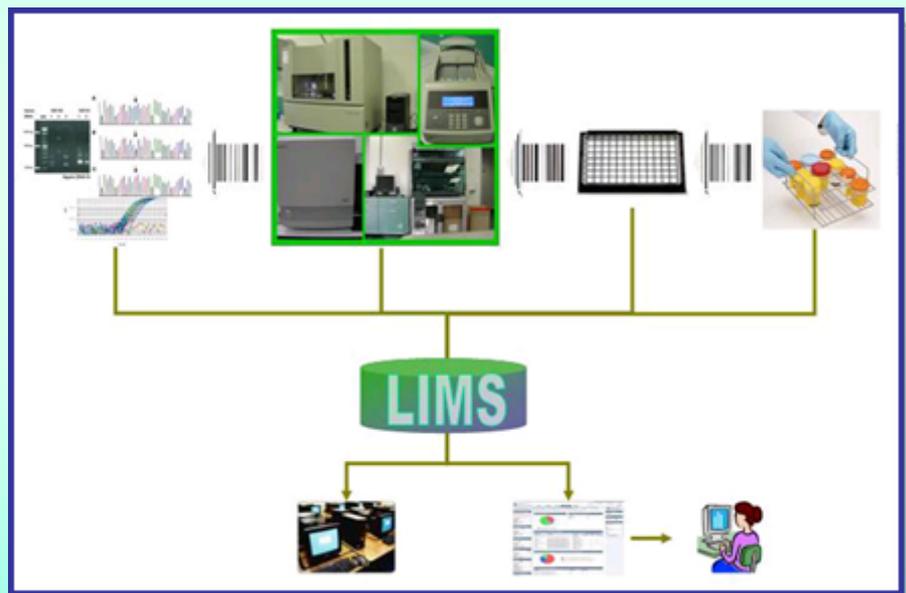
Ejemplo: bolsas de plástico biodegradables



11. HAY QUE DESARROLLAR LAS METODOLOGÍAS ANALÍTICAS PARA LA MONITORIZACIÓN DE PROCESOS EN TIEMPO REAL Y EL CONTROL PARA EVITAR LA FORMACIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS.

Para actuar a tiempo, es necesario tener información instantánea de los procesos:

- Progreso de las reacciones
- Formación de productos tóxicos



12. HAY QUE ELEGIR LAS SUSTANCIAS Y SU FORMA DE USO EN LOS PROCESOS QUÍMICOS PARA MINIMIZAR EL POTENCIAL DE ACCIDENTES QUÍMICOS.



planta de Bhopal

Ejemplo: Existe una sencilla ruta de síntesis del carbarilo que no requiere metil isocianato. ¡La catástrofe de Bhopal podría haberse evitado fácilmente!



En resumen, la Química Verde...

- Reduce residuos, materiales, peligro, energía y costes.
- Disminuye el impacto sobre el personal, los vecinos y el medioambiente.



"El 'verde' de la Química Verde es también el color del dinero" (John Tucker, Pfizer)

