



icta



# *“Presiones ambientales e impactos sociales: contaminantes peligrosos del aire derivados de Cerro Patacón”*

Jorge M. Torrente V.

Universitat Autònoma de Barcelona

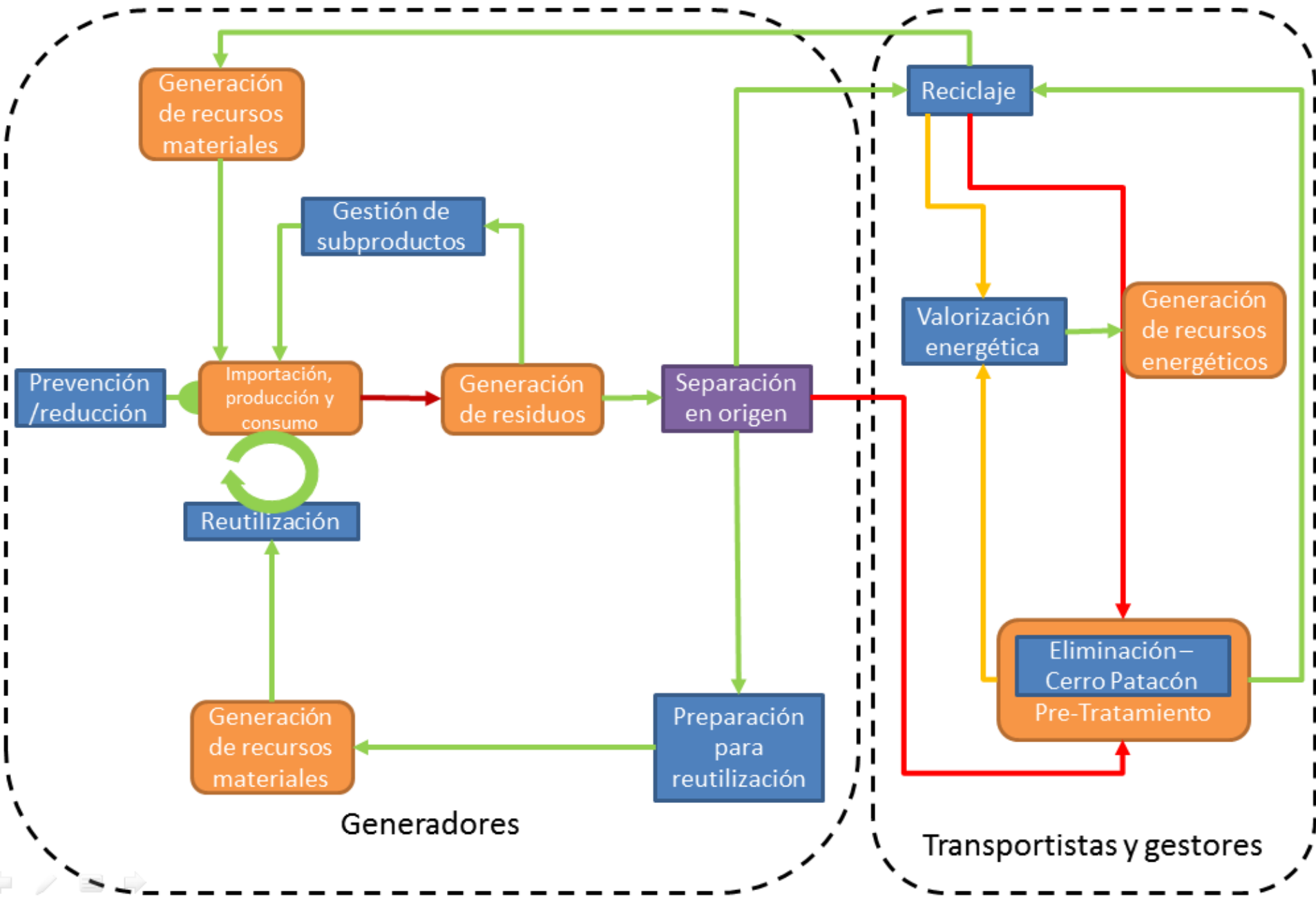
Institut de Ciències i Tecnologies Ambientals

[jorgemiguel.torrente@uab.cat](mailto:jorgemiguel.torrente@uab.cat)

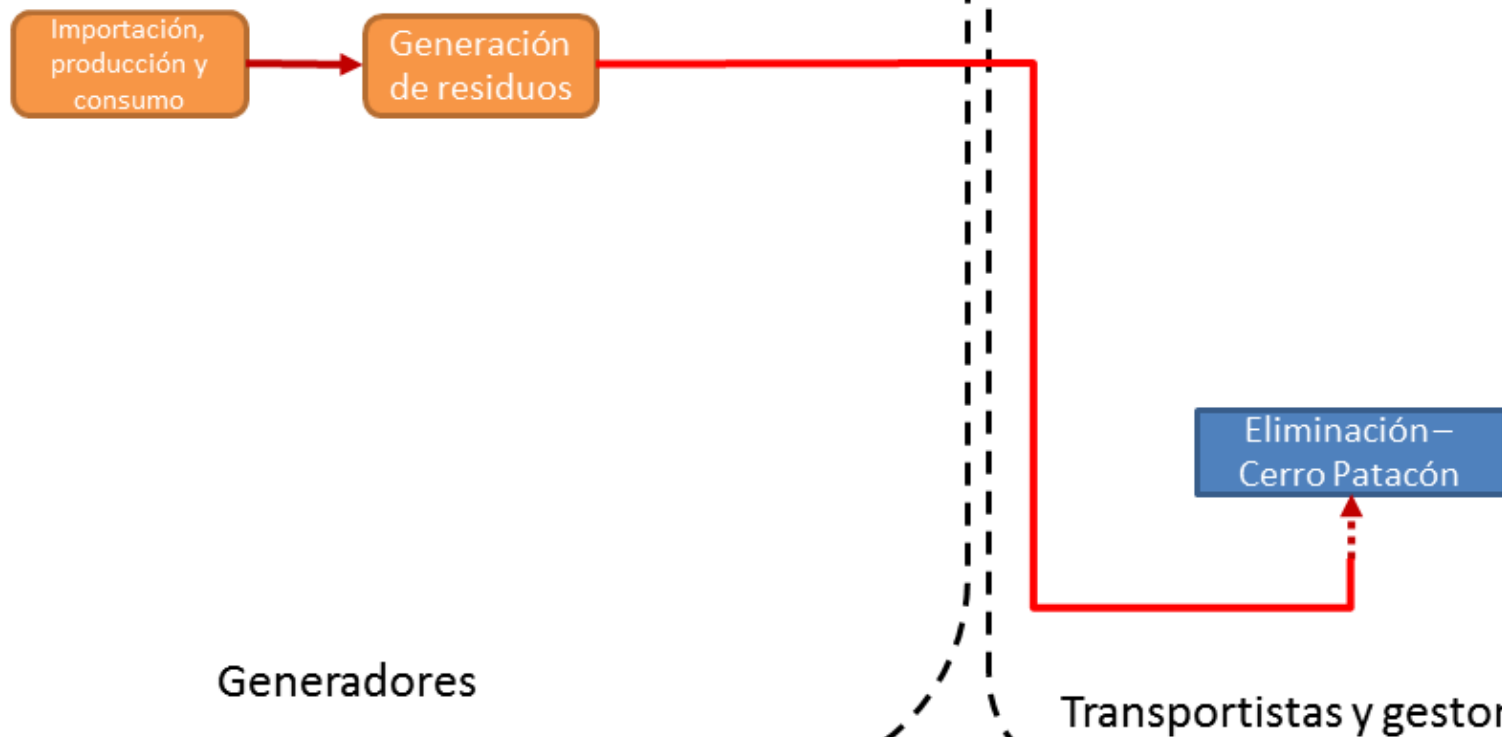
# Contenido

- Descripción general de Cerro Patacón.
- Concepto de Presión ambiental e Impacto social.
- Impactos sociales derivados de presiones ambientales originadas en Cerro Patacón.
- Algunas posibles soluciones
- Próximos estudios y actuaciones
- Mensaje final

# Modelo de gestión de RSU óptimo



# Nuestro modelo de gestión de RSU



# Descripción general de Cerro Patacón

# Características de los sitios de disposición final (SDF)

Método para la eliminación de desechos **confiable** y de **bajo costo** más **común** a nivel mundial.

Se clasifican **según su disposición para aceptar** materiales (*peligrosos, no peligrosos o desechos inertes*).

No deberían **aceptar nunca** ciertos tipos de desechos (*lodos, hospitalarios*).

Los aceptados deben cumplir con los **criterios de aceptación de desechos**.

La mayoría de los desechos **deberían ser tratados** antes de que puedan ser aceptados.

**Identificar** los desechos y **verificar** su aceptación previa mediante una caracterización.

La selección del sitio depende de la **densidad de población, tipo de residuos** a depositar y **aplicación final** luego de clausurado el SDF.

# Tipos de sitios de disposición final (SDF) por nivel de control

Nivel de control	Disposición final	Tratamiento
Instalación de eliminación descontrolada ( <b>vertedero</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disposición descontrolada de residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quema descontrolada.</li> <li>- Resto de SDF del país</li> </ul>
Instalación de eliminación semi-controlada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal en el sitio.</li> <li>- Los residuos son dispuestos en áreas designadas.</li> <li>- Algunos equipos en sitio –e.g. bulldozer-.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alguna contención y manejo del área designada.</li> <li>- Quema controlada.</li> <li>- Procedimientos básicos de operación para controlar las molestias.</li> <li>- Playa Chiquita de Chorrera</li> </ul>
Instalación de eliminación controlada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Residuos compactados y cubiertos al menos irregularmente utilizando equipo en el sitio.</li> <li>- Criterios de aceptación de residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controles de emisión para la captura de partículas.</li> <li>- Procedimientos operativos establecidos.</li> <li>- Equipos de tratamiento adecuadamente mantenidos.</li> <li>- Cenizas adecuadamente manejadas.</li> </ul>
Instalación de diseño ingenieril ( <b>relleno sanitario</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Residuos compactados y cubiertos diariamente.</li> <li>- Algún nivel de contención de lixiviados (arcilla, geo-membrana y geotextil).</li> <li>- Recuperación de gases de vertedero (biogás).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altos niveles de ingeniería de diseño.</li> <li>- Control de procesos sobre el tiempo de residencia.</li> <li>- Controles de emisión para capturar VOC y dioxinas.</li> <li>- Manejo activo de las cenizas volantes.</li> <li>- Monte Esperanza de Colón</li> <li>- Cerro Patacón de Panamá</li> </ul>
Instalación del Estado del Arte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relleno sanitario completamente funcional.</li> <li>- Debidamente ubicado y diseñado.</li> <li>- Tratamiento de lixiviados.</li> <li>- Recogida de lixiviados y gases.</li> <li>- Quema y / o utilización de biogás.</li> <li>- Cubierta final mediante plan de post-cierre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construido y operando de acuerdo con las mejores prácticas internacionales .</li> <li>- Criterios de emisión de gases de efecto invernadero .</li> <li>- Las cenizas volantes se gestionan como residuos peligrosos utilizando la mejor tecnología apropiada.</li> </ul>



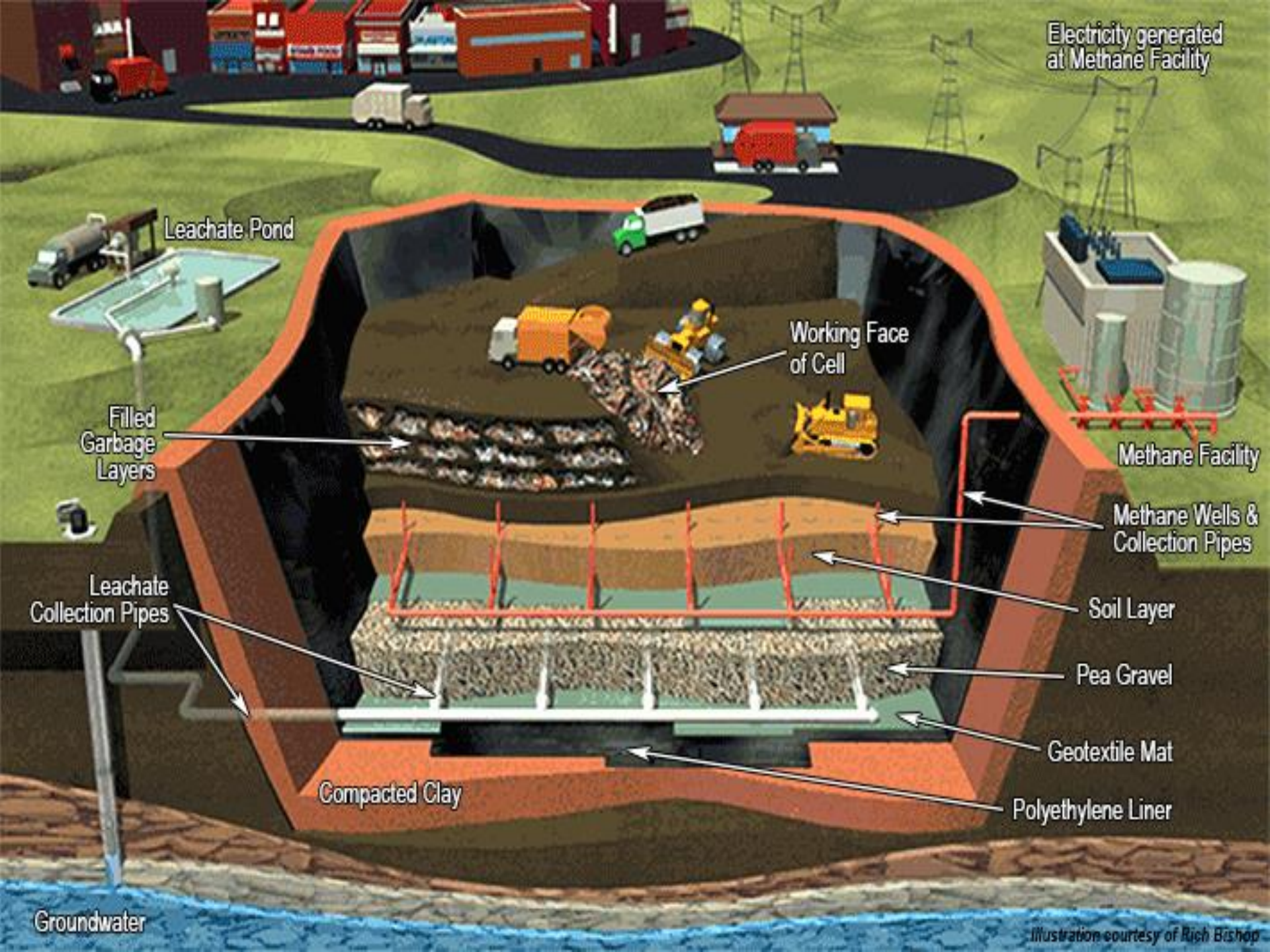


Illustration courtesy of Rich Bishop



# Criterios de aceptación de residuos (UE)

**Nivel 1: caracterización básica.** Antes de que pueda enviar una carga de residuos al vertedero, debe conocer su **composición y propiedades** para que pueda determinar si es adecuado para su aceptación.



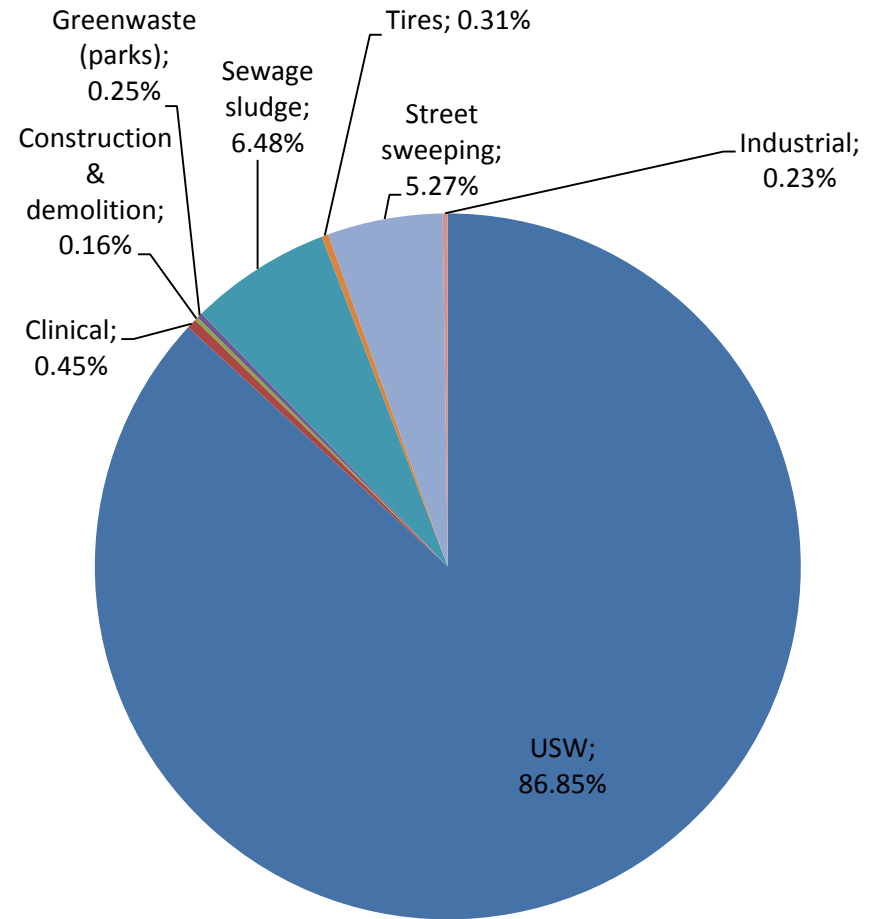
**Nivel 2: pruebas de cumplimiento.** Si produce residuos que surgen con regularidad, por ejemplo, de un proceso industrial, debe **revisar periódicamente** los residuos para asegurarse de que esas propiedades no hayan cambiado.



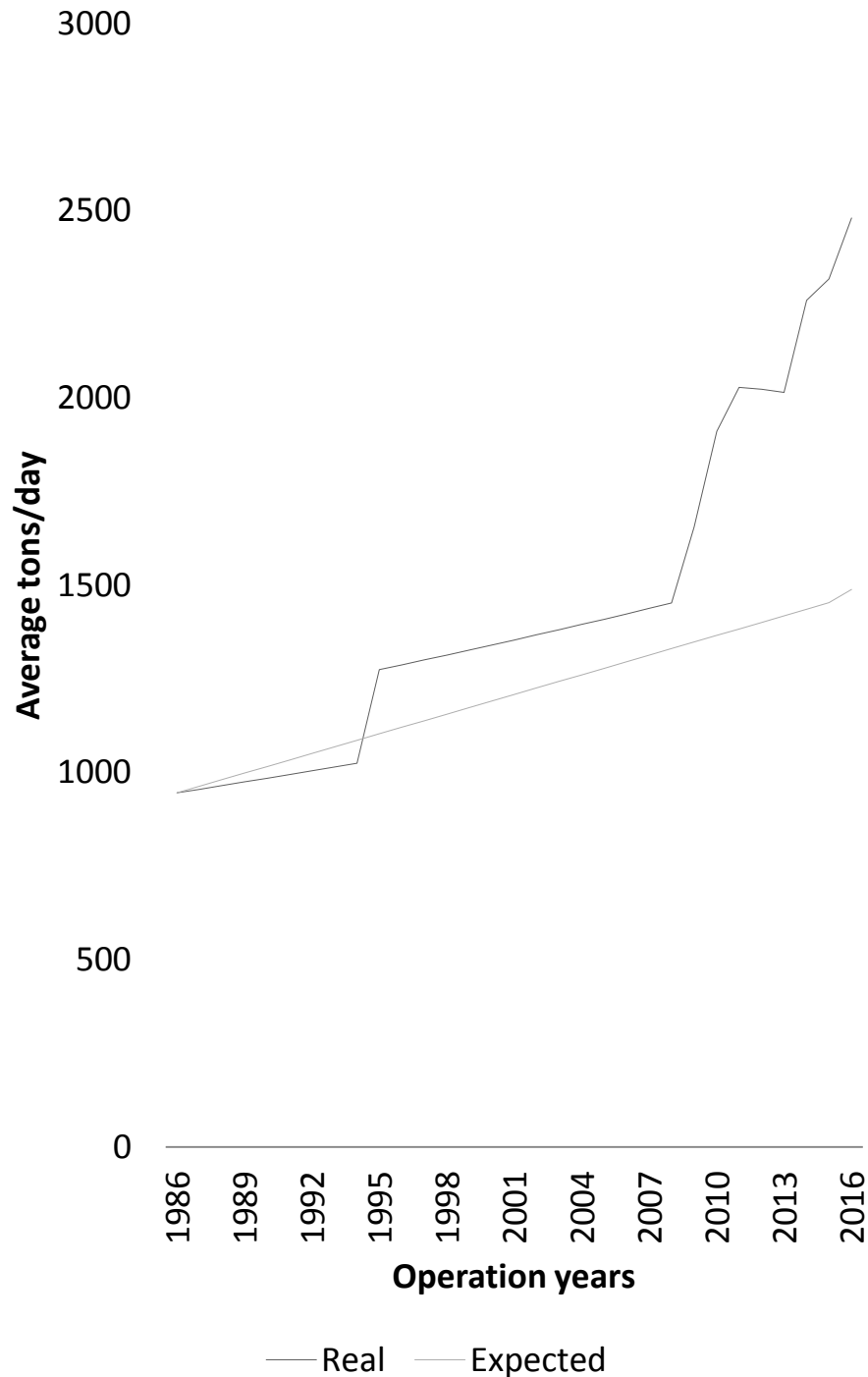
**Nivel 3: verificación in situ.** El operador debe **verificar cada entrega** en el relleno sanitario para asegurar que es el desperdicio esperado y que no ha sido contaminado en el almacenamiento y transporte.

Consideraciones generales **previas del generador de residuos:**

- Es el RS la mejor opción?
- Puedo tratarlo antes?
- Estoy considerando el Ciclo de Vida del desecho para tomar mi decisión?



- **Área total:** 130 ha, incluidas la administración, operación y otras zonas de no disposición.
- **Área de disposición neta:** 53 ha en 2002 y de 63 ha en 2016.
- 60% es materia orgánica.

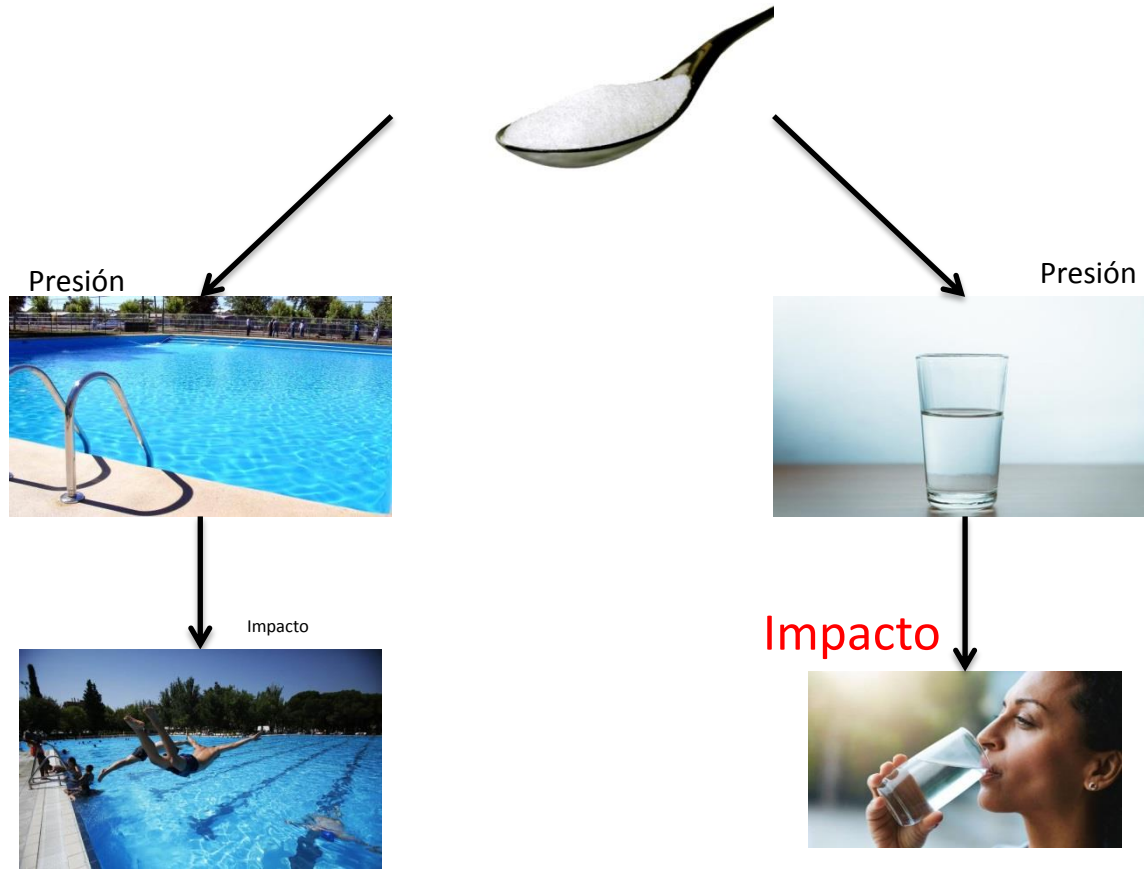


- **Inicio de operación: 1986**
- **Fecha de cierre prevista: 2037**
- **Residuos al 2016: 2,300 toneladas/día (40% más)**
- **Elevación máxima permitida de celdas de descarga (2016): 126 m.s.n.m (aumentado a 145 m.s.n.m para suplir la demanda de capacidad).**
- **Nueva fecha de clausura recomendada: 2022**
- **Años de vida útil reducidos: 15**



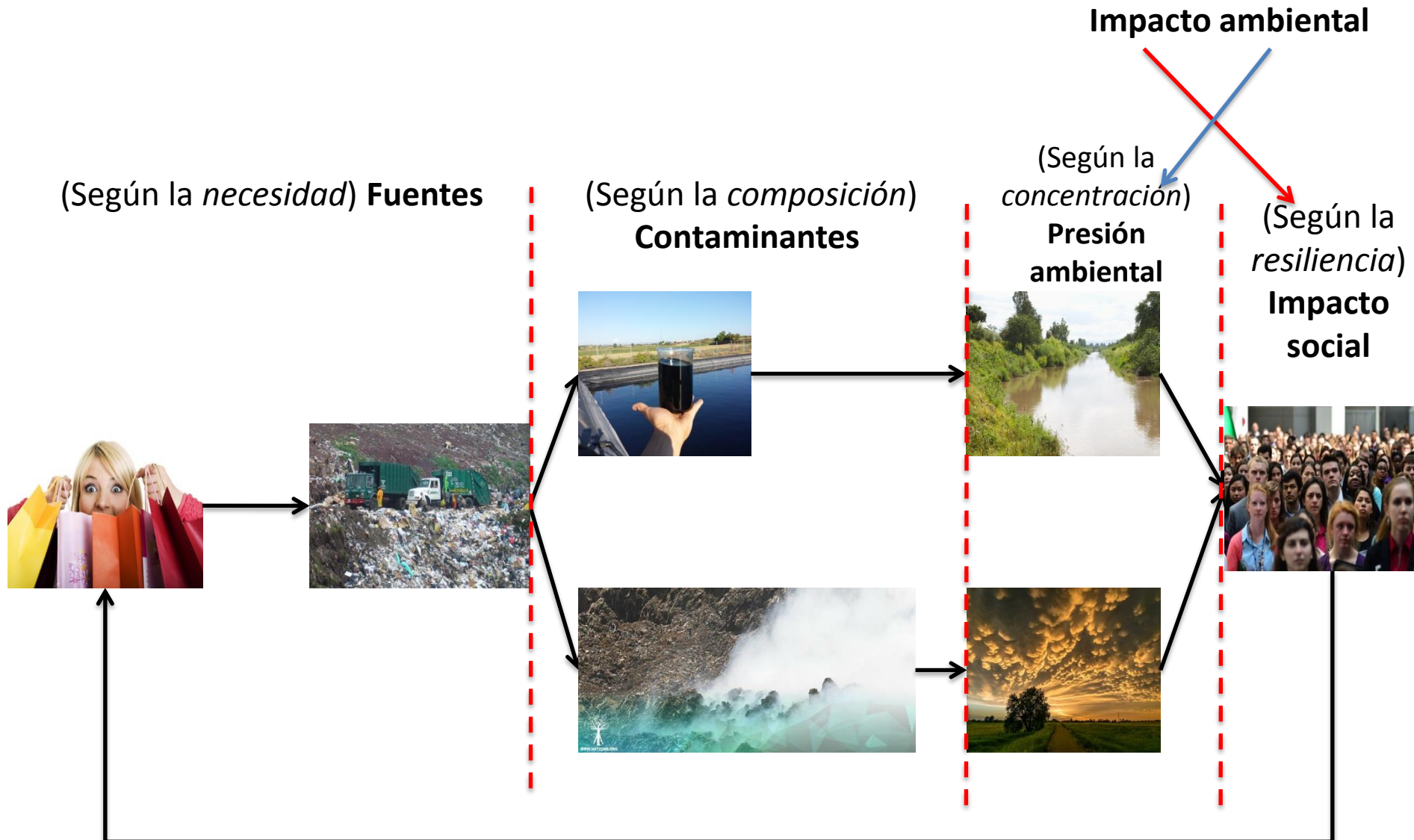


# Conceptos: Presión e impacto





# Presión ambiental e impacto social ?

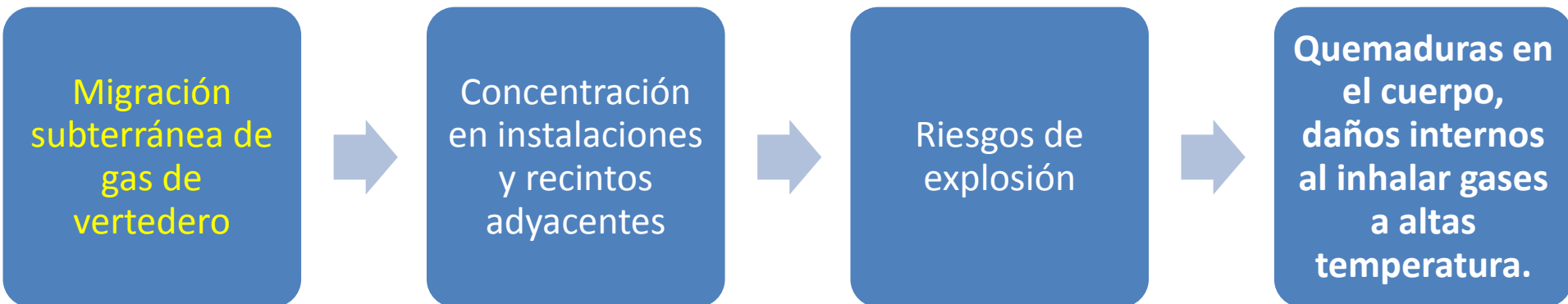


Diferenciar presiones de impactos permite:

- Medir como la sociedad es afectada por el efecto potencial de su propias necesidades en su entorno.
- Entender hasta que punto debemos ser resilientes a las consecuencias de nuestras necesidades.

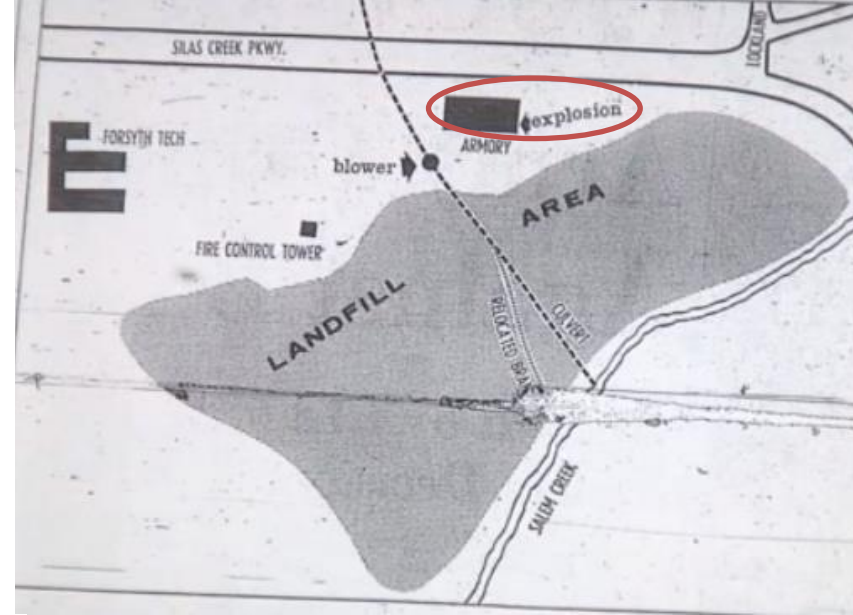
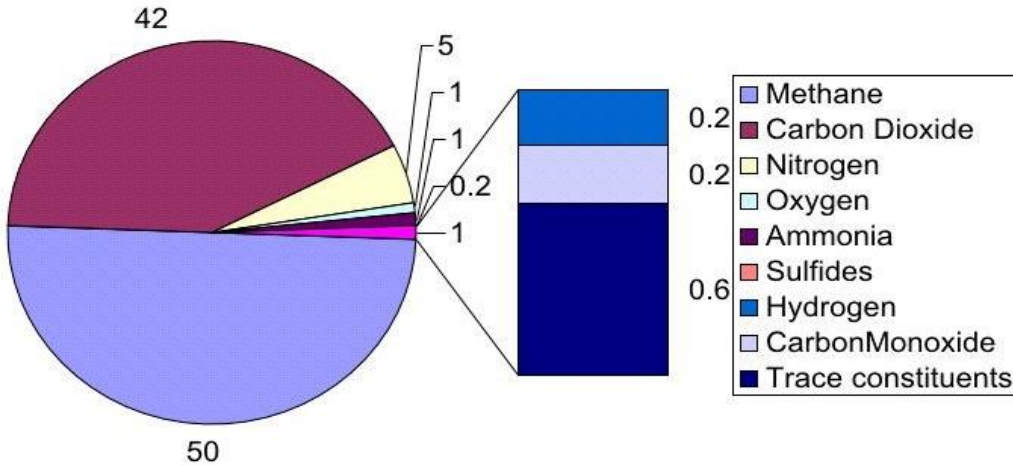


# Impactos sociales derivados de la presión ambiental de la migración lateral de gas de vertedero





# Gas de vertedero

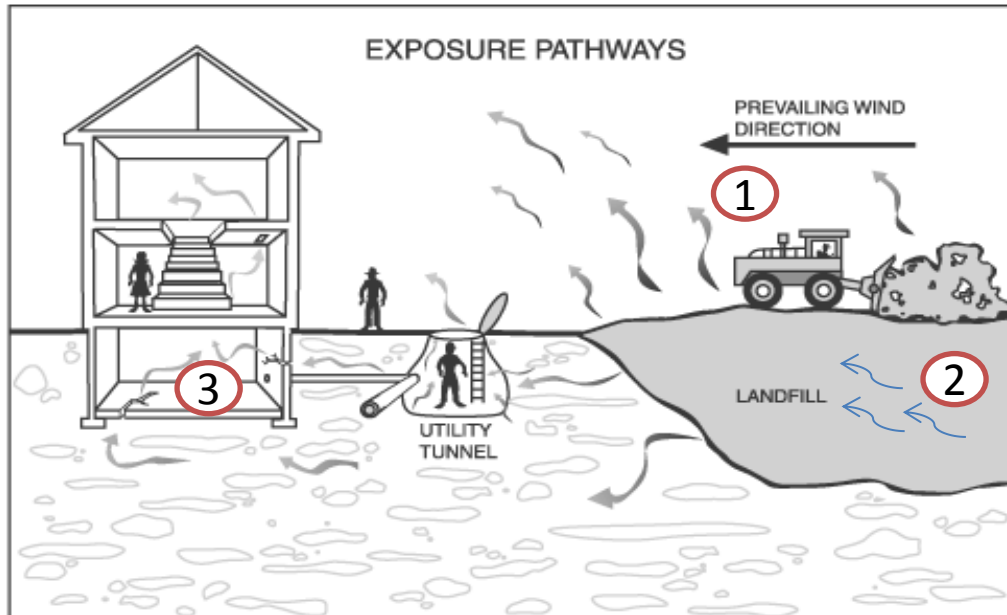


**Año: 1969**

**Distancia: 700 m**

**SDF: Winston-Salem,  
Carolina del Norte,  
EE.UU**

**Impacto social: 3  
fallecidos y múltiples  
heridos**



1. Emitido directamente a la atmósfera.
2. Retenido dentro del volumen del relleno sanitario.
3. Migrado lateralmente al subsuelo.

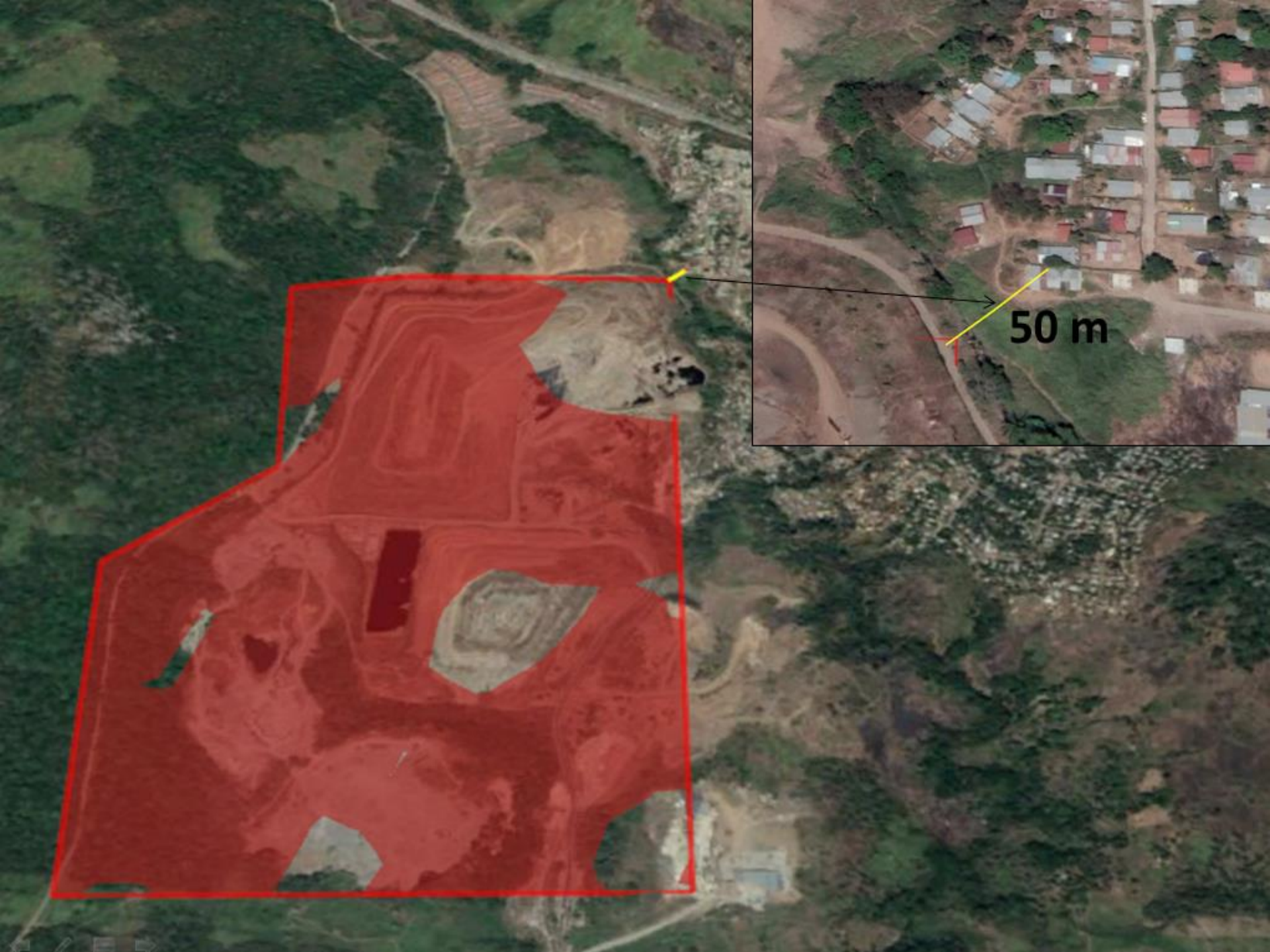




**Año:** 1984  
**Distancia:** 1000 m  
**SDF:** Abbeystead,  
Inglaterra  
**Impacto social:** 8  
fallecidos y 36 heridos

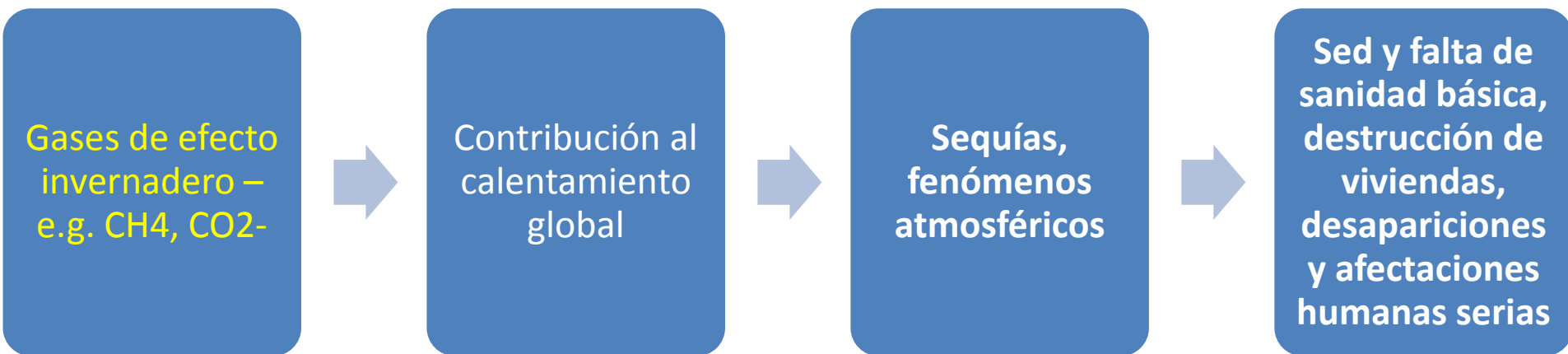
**Año:** 1986  
**Distancia:** 500 m  
**SDF:** Loscoe, Inglaterra  
**Impacto social:** 3  
heridos.





50 m

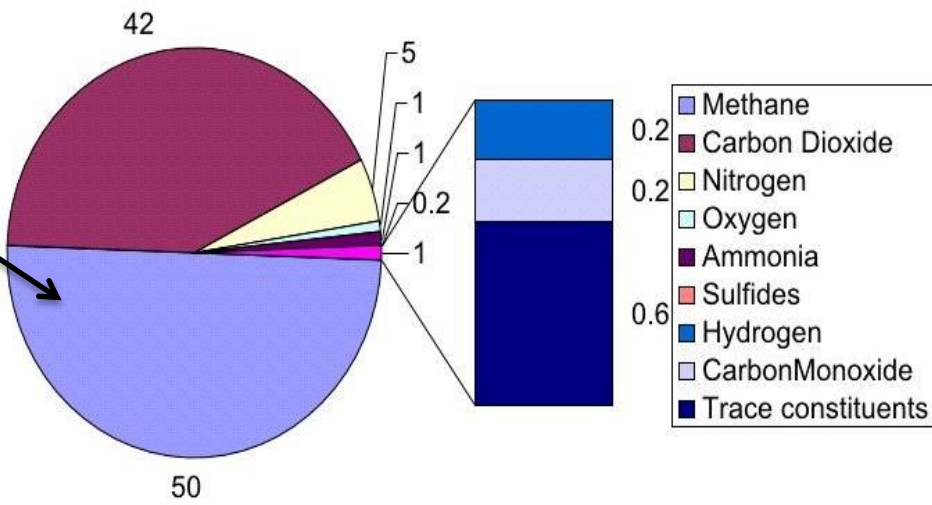
# Impactos sociales derivados de la presión ambiental de los gases de efecto invernadero





# Potencial de calentamiento global (GWP)

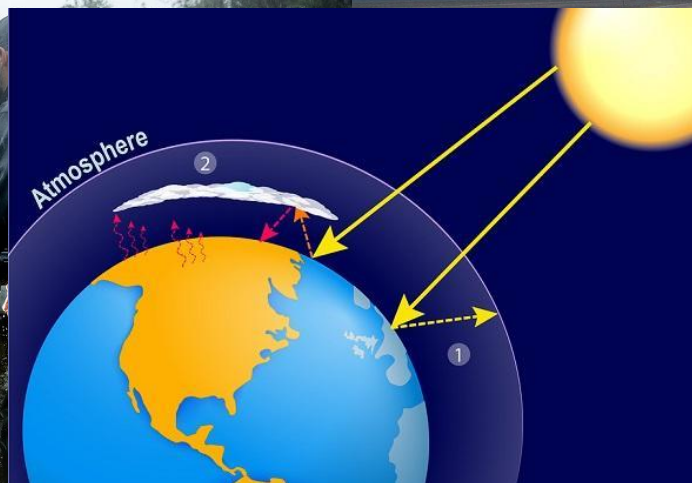
Gas de Efecto Invernadero	GWP Después de 20 Años	GWP Después de 100 años
CO <sub>2</sub>	1	1
CH <sub>4</sub>	62	23
NO <sub>x</sub>	275	296
HFC-23	9 400	12 000
HFC-125	5 900	3 400
HFC-134a	3 300	1 300
HFC-143a	5 500	4 300
CF <sub>4</sub>	3 900	5 700
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	8 000	11 900
SF <sub>6</sub>	15 100	22 200



*Carolina del Norte, EEUU*



*Lago Chiuta en Africa*



# Como determinar el metano derivado de Cerro Patacón?

## 1. Estudio de gabinete (modelos y simulaciones)

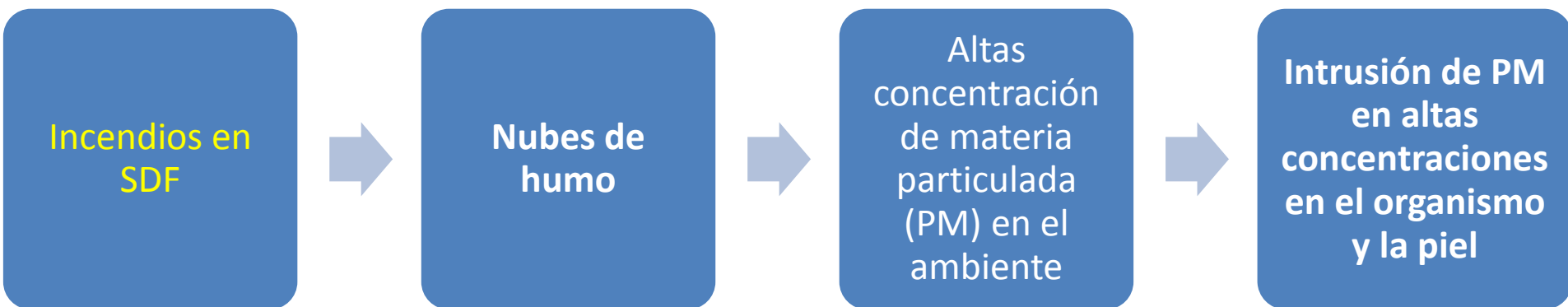
- **Modelos de cero, primer** y segundo orden.

- Modelos matemáticos complejos.

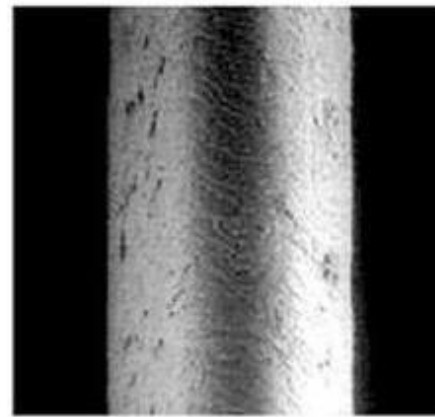
- Modelos numéricos avanzados.

## 2. Estudio de campo → toma de muestras y análisis de laboratorio.

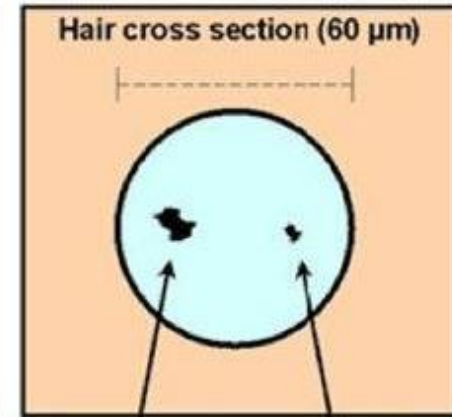
# Impactos sociales derivados de la presión ambiental de los incendios superficiales





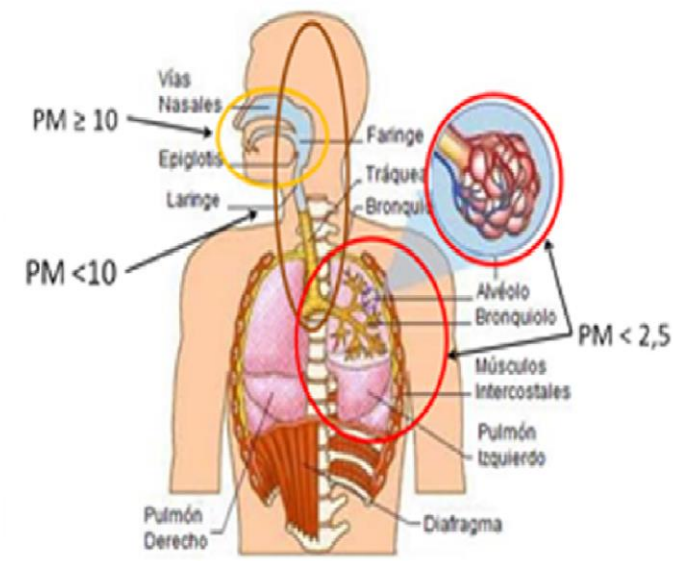


Human Hair  
(60  $\mu\text{m}$  diameter)



PM10  
(10  $\mu\text{m}$ )  
(0.000010 m)

PM2.5  
(2.5  $\mu\text{m}$ )  
(0.000025 m)



- **Muerte prematura** en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares
- **Infartos** de miocardio no mortales
- **Asma** agravada
- **Irritación** en las vías respiratorias



- **Incendio** en CP de marzo de 2013.
- **Duración:** 10 días
- **Extensión:** 30 Ha
- **Dispersión de humo:** 13 Km @PM X 66
- **Causa:** desconocida
- Incendio provocado ???

O



- Falta de **políticas serias** de aceptación de residuos en CP ???
  - Acumulación de gas de vertedero en desechos voluminosos, ignición por compresión

# Impactos sociales derivados de la presión ambiental de la infiltración y escorrentía de lixiviados

Infiltración y escorrentía de lixiviados



Contaminación de aguas subterráneas y superficiales

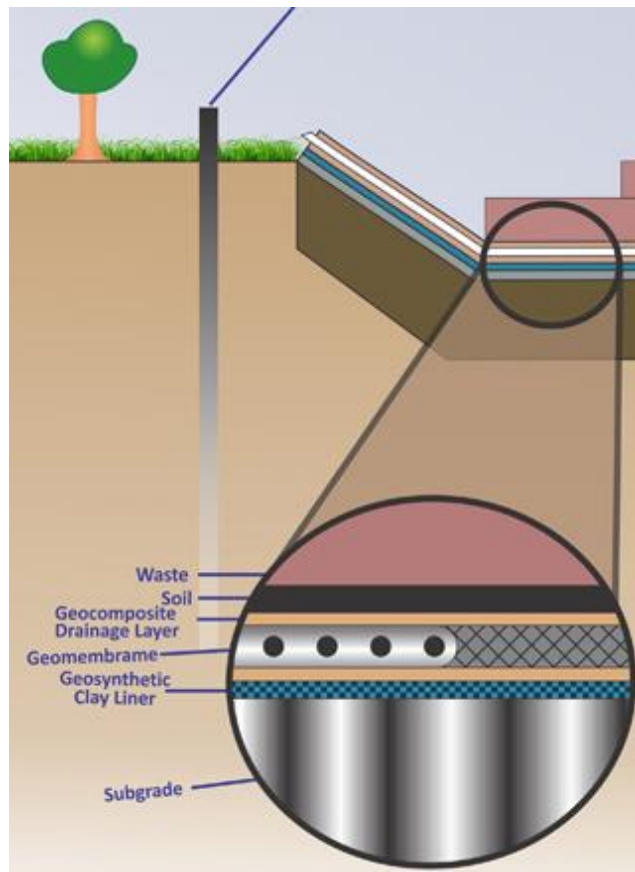
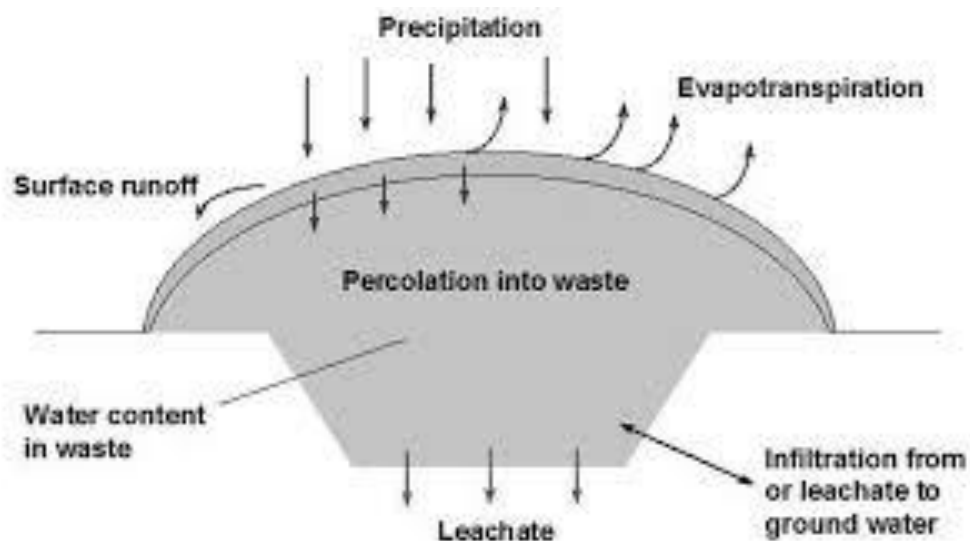


Altas concentración de sustancias peligrosas en el agua de servidumbre



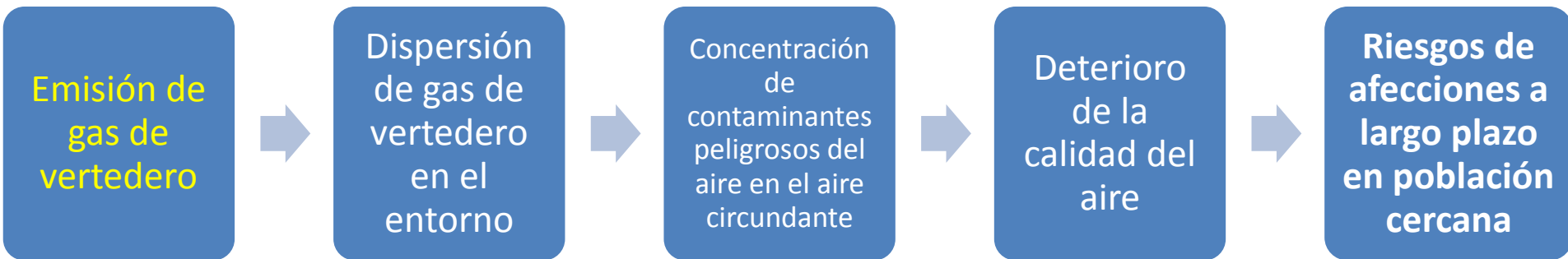
Afectaciones en el sistema digestivo de consumidores del agua superficial disponible

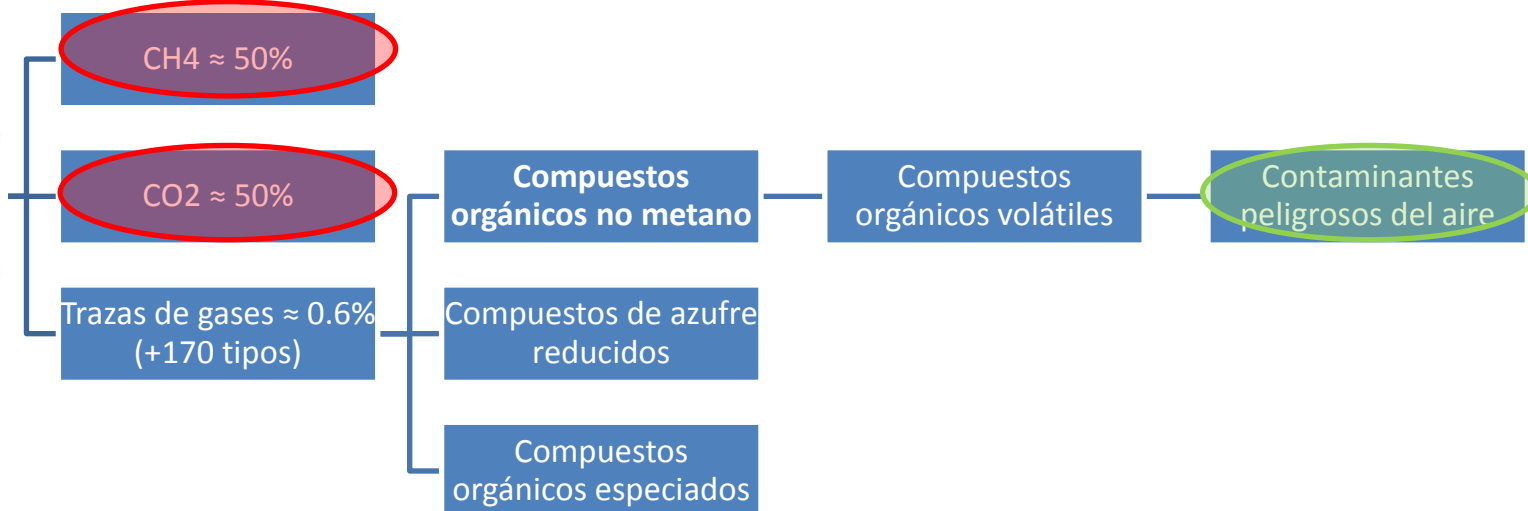
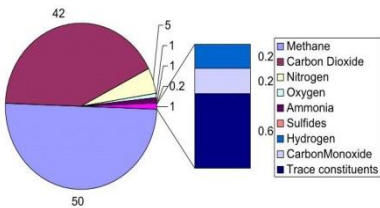




- **Zona climática** tropical con precipitaciones de 3000 mm / año y evaporación de 1500 mm / año.
- **Volumen** anual de lixiviados: >450,000 m<sup>3</sup> en CP.
- **Concentraciones** muy superiores a las permitidas por la mayoría de los parámetros de control en CP.
- **Sustancias:** cadmio, plomo, nitrato / nitrito y cloruros en aguas subterráneas, y la demanda biológica / química de oxígeno (DBO<sub>5</sub>, DQO), cadmio, cobre, hierro, cromo, etc. Plomo y sodio en aguas superficiales.

# Impactos sociales derivados de la presión ambiental de contaminantes peligrosos del aire

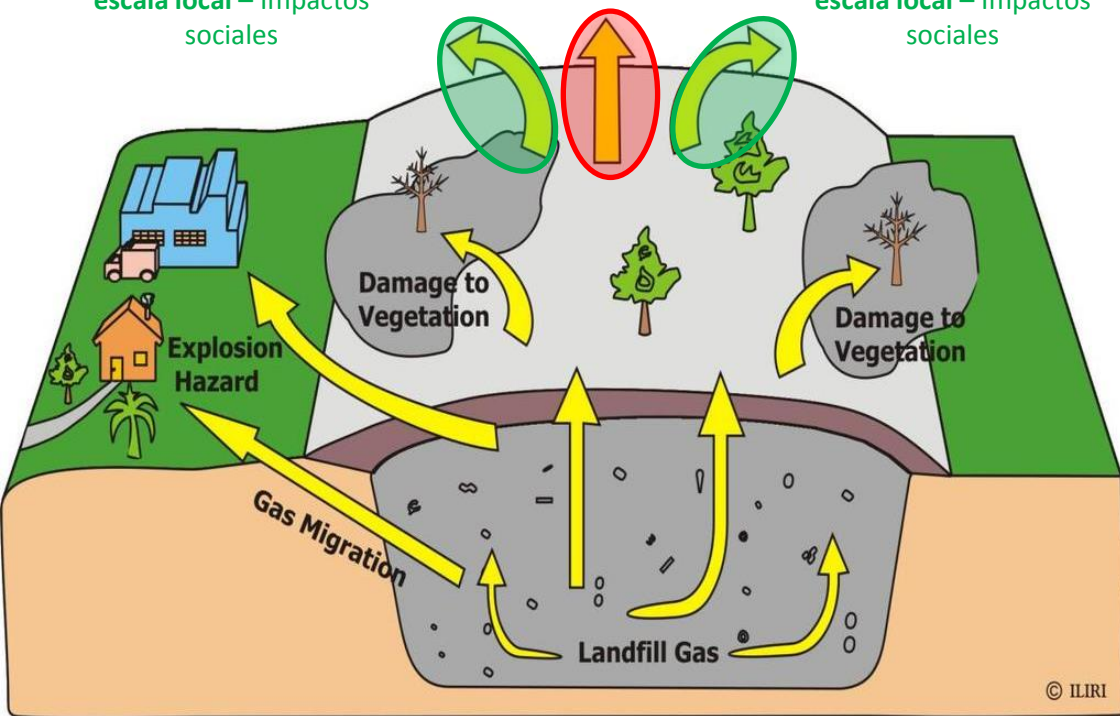




**Presión ambiental a escala global – GEI – Calentamiento global (CH4, CO2, N2O)**

Presión ambiental a escala local – Impactos sociales

Presión ambiental a escala local – Impactos sociales

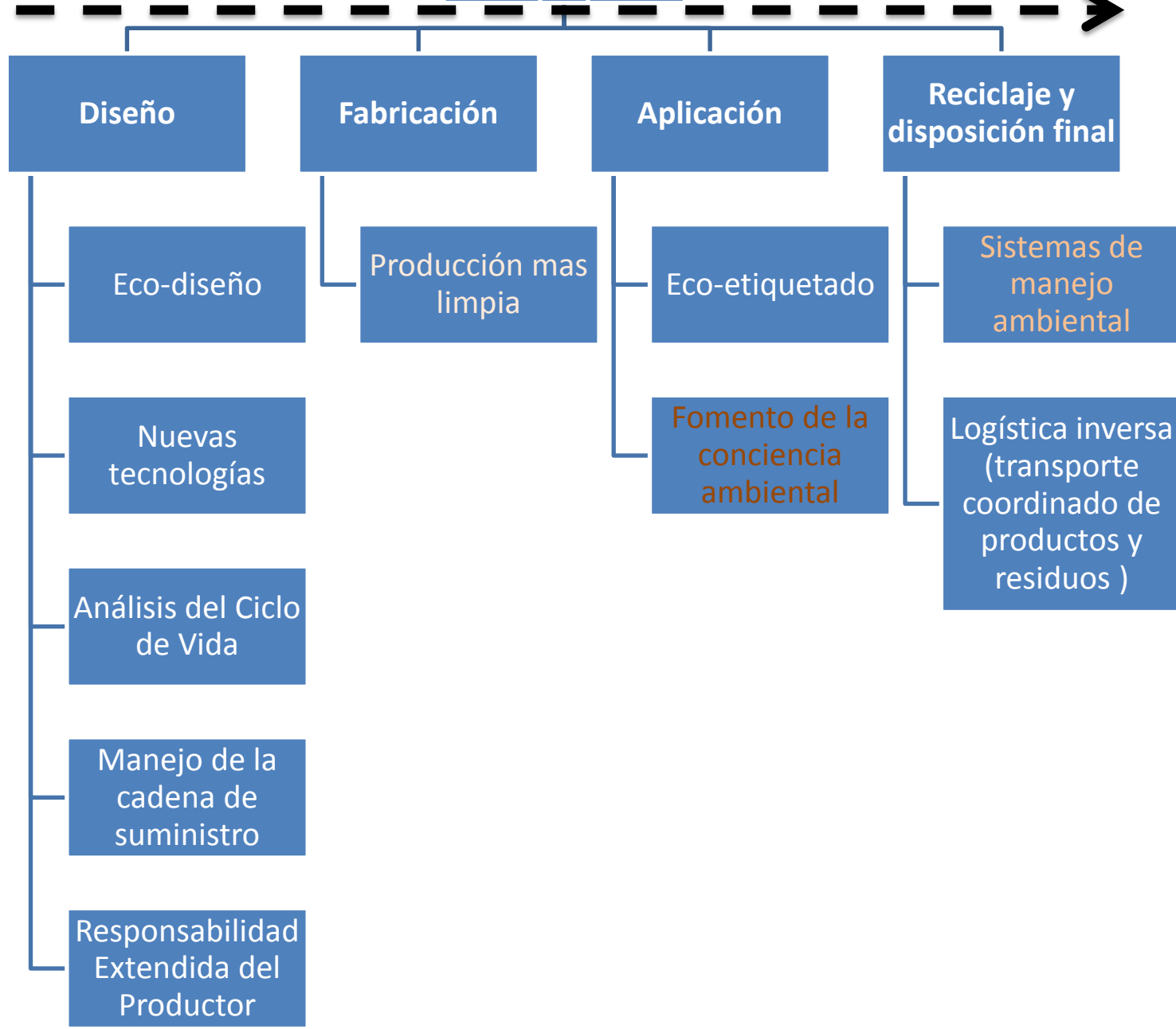


- Los **compuestos orgánicos no metano** tienen **propiedades** de contaminantes peligrosos del aire.
- La **proporción** de los contaminantes peligrosos del aire depende de las **características de los desechos eliminados**.
- La comunidad circundante **no es consciente** mas allá del olor, ruido, vibraciones, etc.

Algunas posibles soluciones



# Estrategia Basura Cero (BS)



# Jerarquía de gestión de residuos

Algunos actores del sistema de gestión de residuos

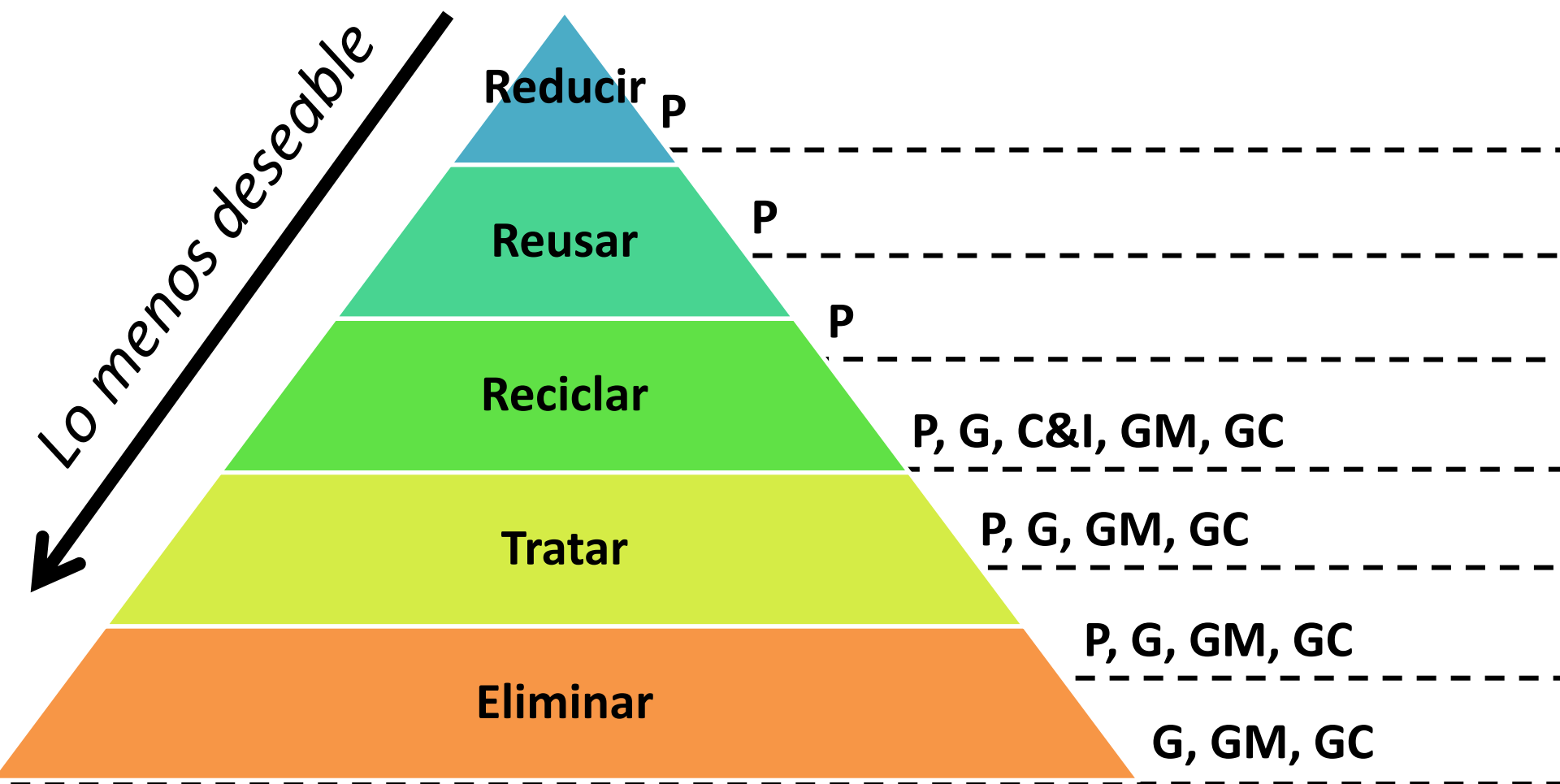
**P:** Población (Consumir y generar)

**G:** Gestores (Operar y mantener)

**C&I:** Comercio e Industria (Transformar y producir)

**GM:** Gobierno Municipal (Administrar y gestionar)

**GC:** Gobierno Central (Normar y fiscalizar)



Para maximizar la estrategia BS  
Necesidad de entender las  
funciones y responsabilidades  
de los actores del sistema en la  
Jerarquía de gestión de residuos

Algunos actores del sistema de gestión de residuos

**P:** Población (Consumir y generar)

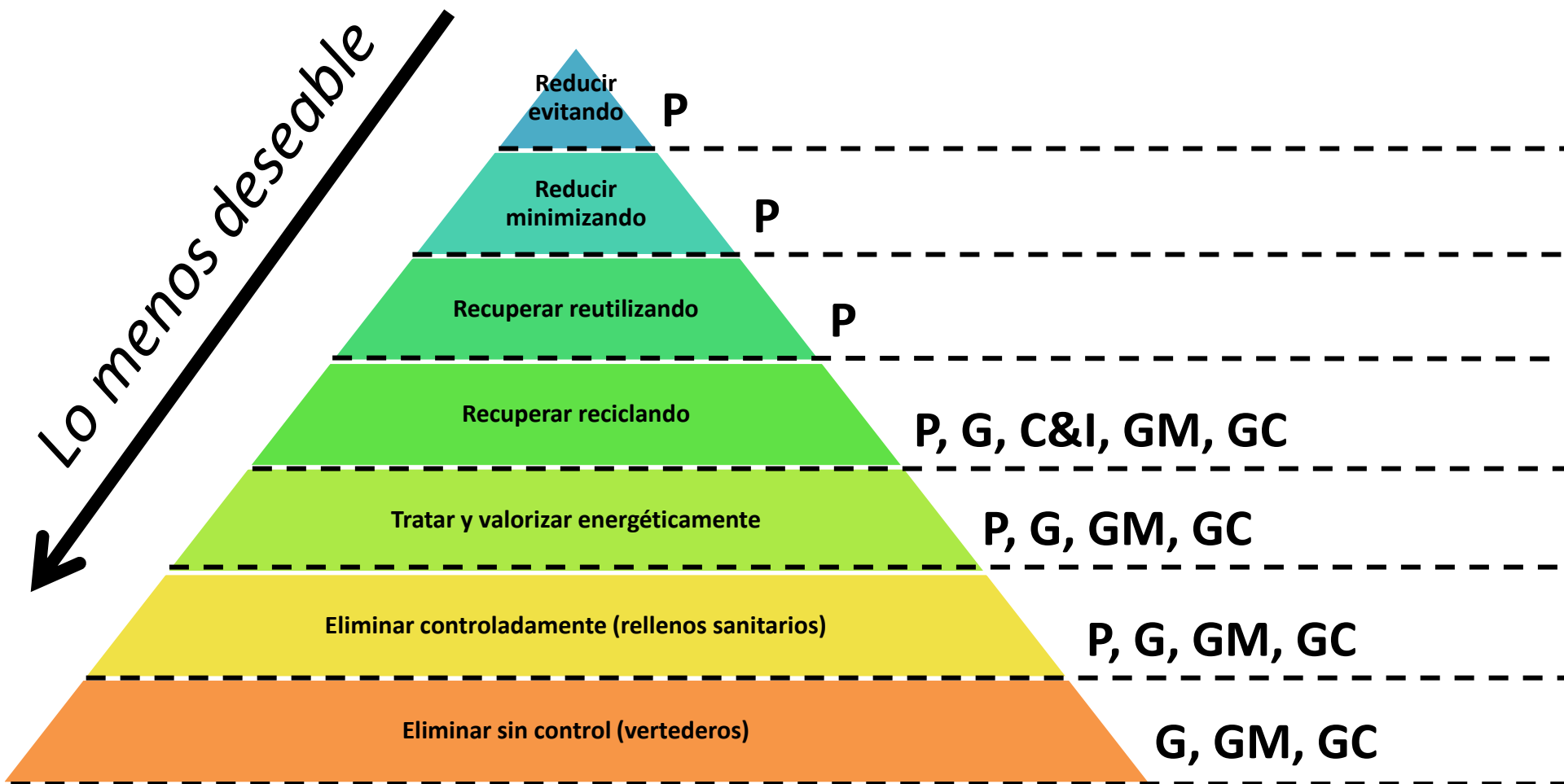
**G:** Gestores (Operar y mantener)

**C&I:** Comercio e Industria (Transformar y producir)

**GM:** Gobierno Municipal (Administrar y gestionar)

**GC:** Gobierno Central (Normar y fiscalizar)

Lo menos deseable



# Reducir evitando y minimizando

- Reducir **evitando consumir productos innecesarios** (bolsas plásticas de un solo uso en el supermercado, pero de ser necesario evitar usar doble bolsa).



- Reducir **minimizando la generación de residuos** producidos una vez consumidos los productos (**vaciando líquidos sobrantes** en envases).



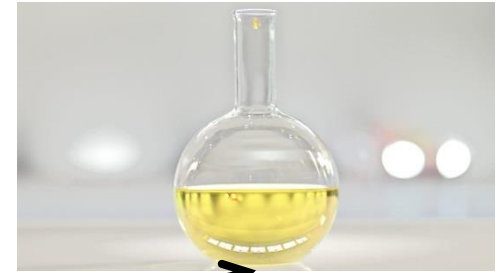


# Recuperar reutilizando

Recuperar reutilizando los productos por un **segundo consumidor** una vez el primer consumidor lo haya usado hasta un punto que considere que su vida útil ha terminado para éste y que aún se puede usar.



# Tratamiento y valorización energética (WtE)



Portadores  
de Energía

**Conversiones Termoquímicas (CT):**  
mediante tratamientos térmicos a altas temperaturas.

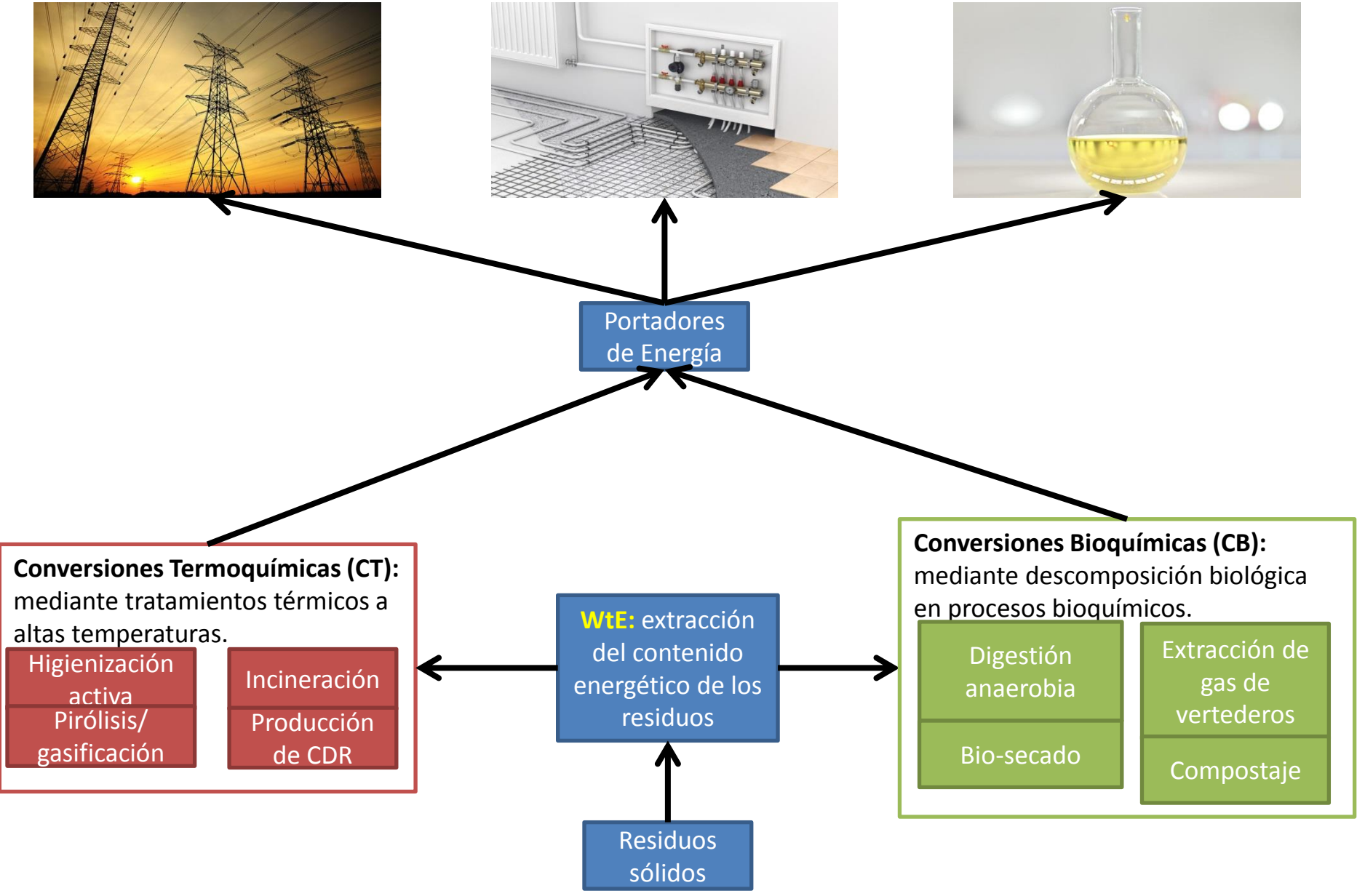
Higienización activa	Incineración
Pirólisis/gasificación	Producción de CDR

**WtE:** extracción del contenido energético de los residuos

**Conversiones Bioquímicas (CB):**  
mediante descomposición biológica en procesos bioquímicos.

Digestión anaerobia	Extracción de gas de vertederos
Bio-secado	Compostaje

Residuos sólidos



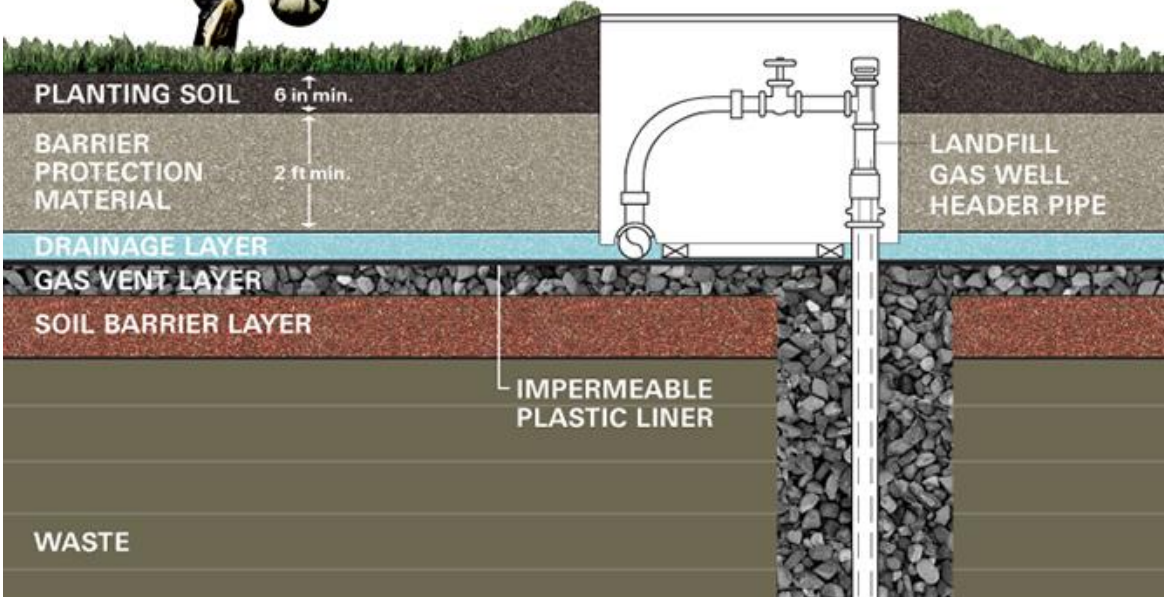
# Eliminación controlada

- **Cerrar SDF** tipo vertedero (eliminación descontrolada) a nivel nacional.
- Plan de gestión de residuos sólidos que incluya **nuevos SDF** tipo relleno sanitario (eliminación controlada).
- Incluir **tratamiento y valorización energética** para minimizar los residuos eliminados.

# Aprovechamiento de SDF clausurados

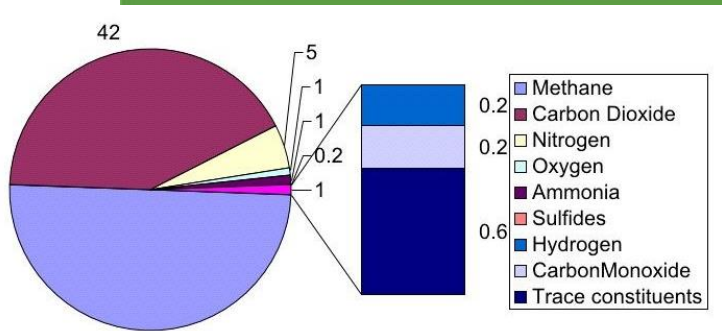
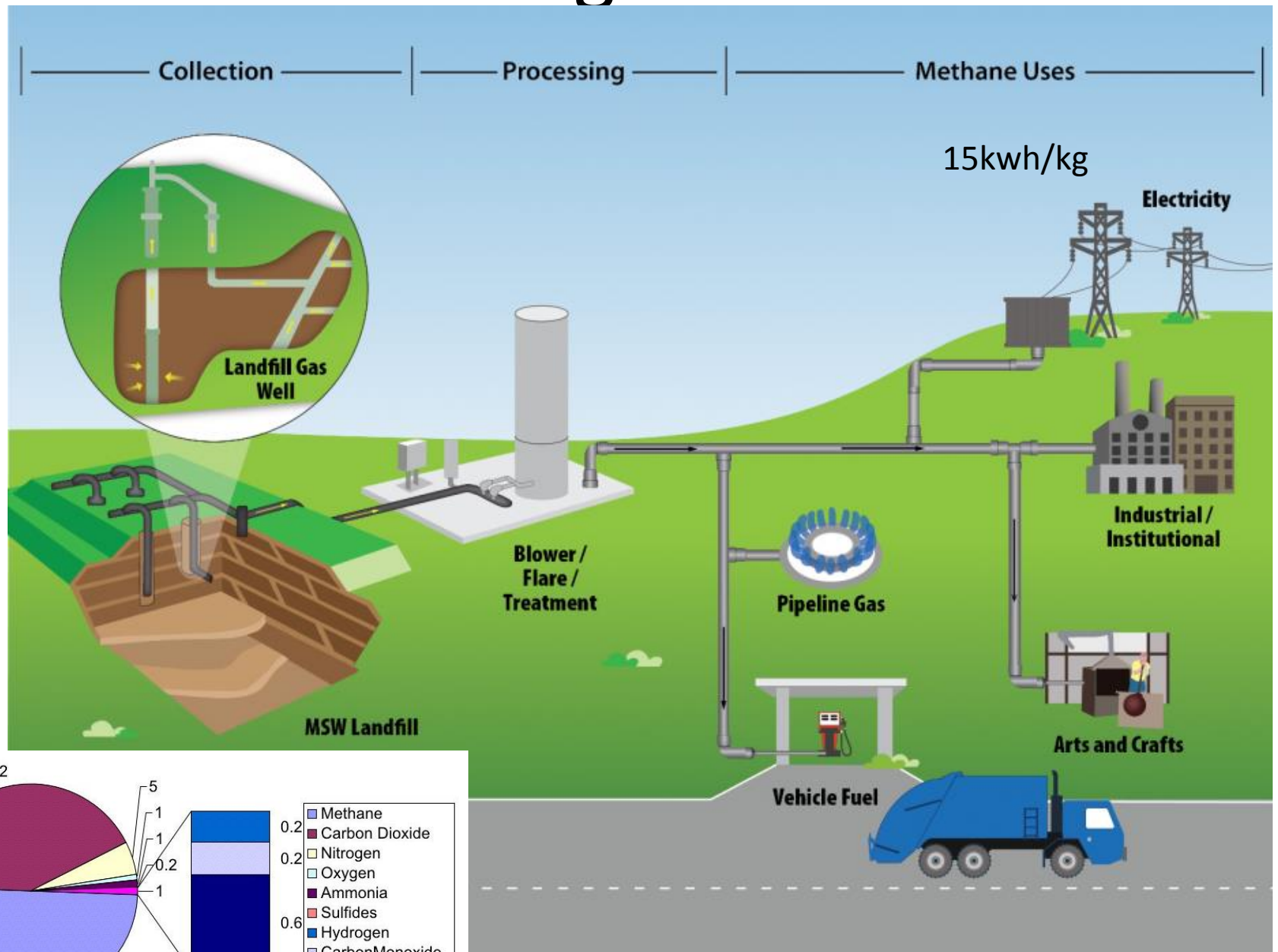


What is a landfill cap?





# Extracción de gas de vertederos

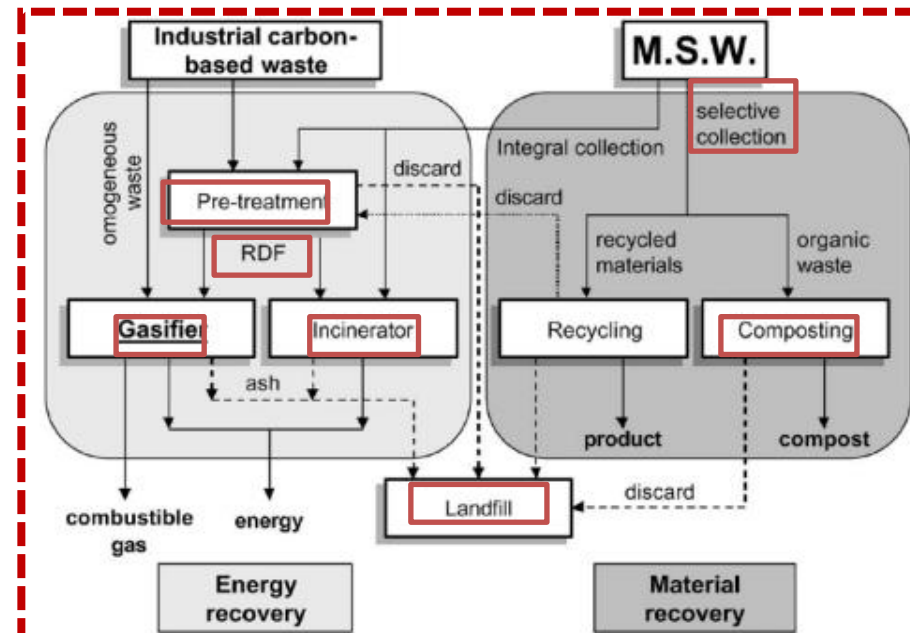
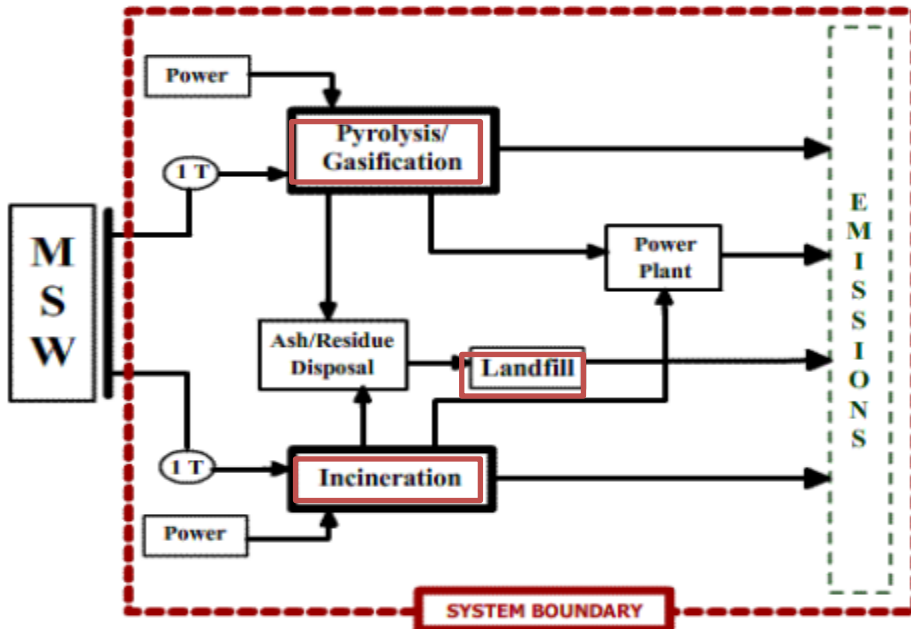
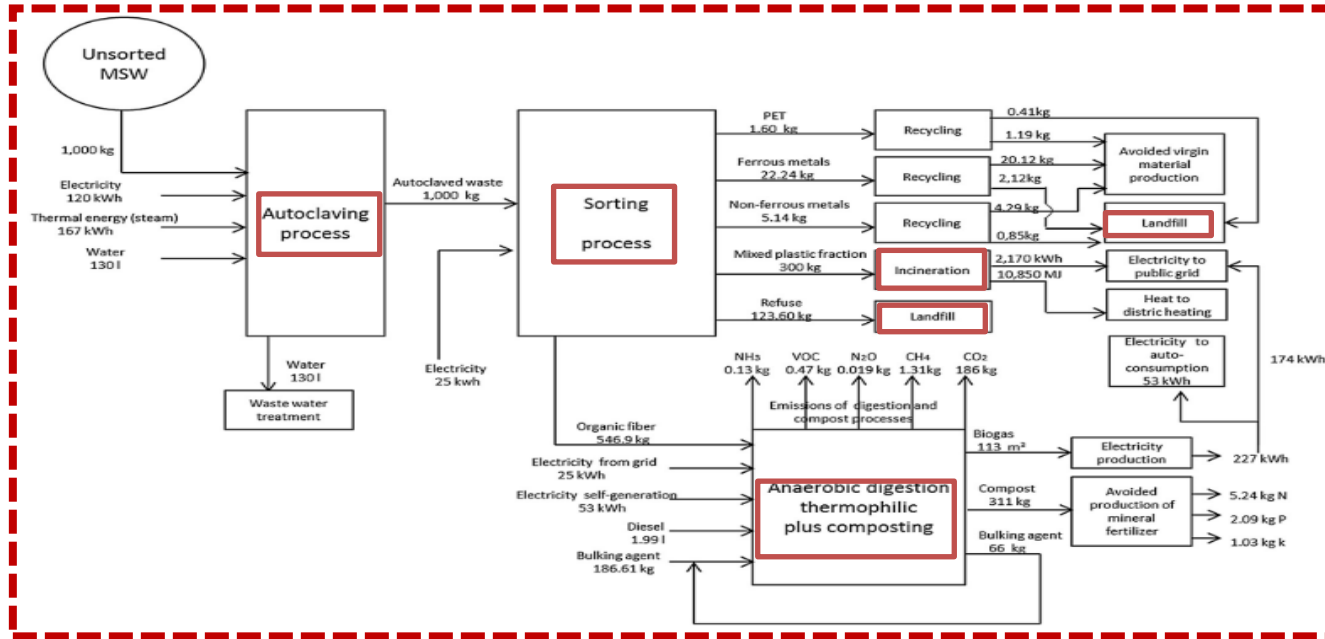


42

50



# Ejemplos de sistemas integrados de gestión de residuos sólidos



Próximos estudios y actuaciones

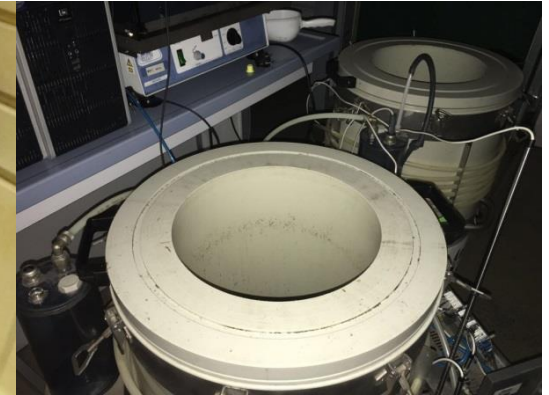
# Centro tecnológico en UTP



Respirometría dinámica



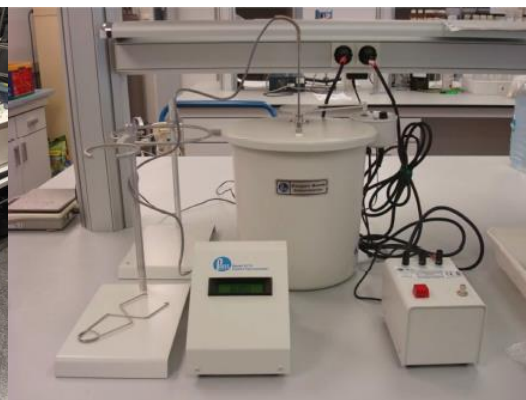
Respirometría estática



Estabilidad aerobia



Rendimiento de producción de biogas



Calorimetría



Biosecaado a escala laboratorio



# Como corregir el problema de la eliminación descontrolada en SDF ?

- **Investigación – UTP (fase 1)**
  - Análisis de **muestras de gas** de vertedero tomadas en campo.
  - **Simulación** con un modelo numérico complejo.
  - **Validación** de resultados con los ya obtenidos.
- **Investigación – UTP (fase 2)**
  - Aplicación de la metodología de triple validación a **otros SDF del país (A proponer)**.



Como disminuir la generación de gases de efecto invernadero (GEI) derivados de los residuos de la industria y el comercio?

Protocolo de Kyoto (*obligación legal a países*)

**Vs**

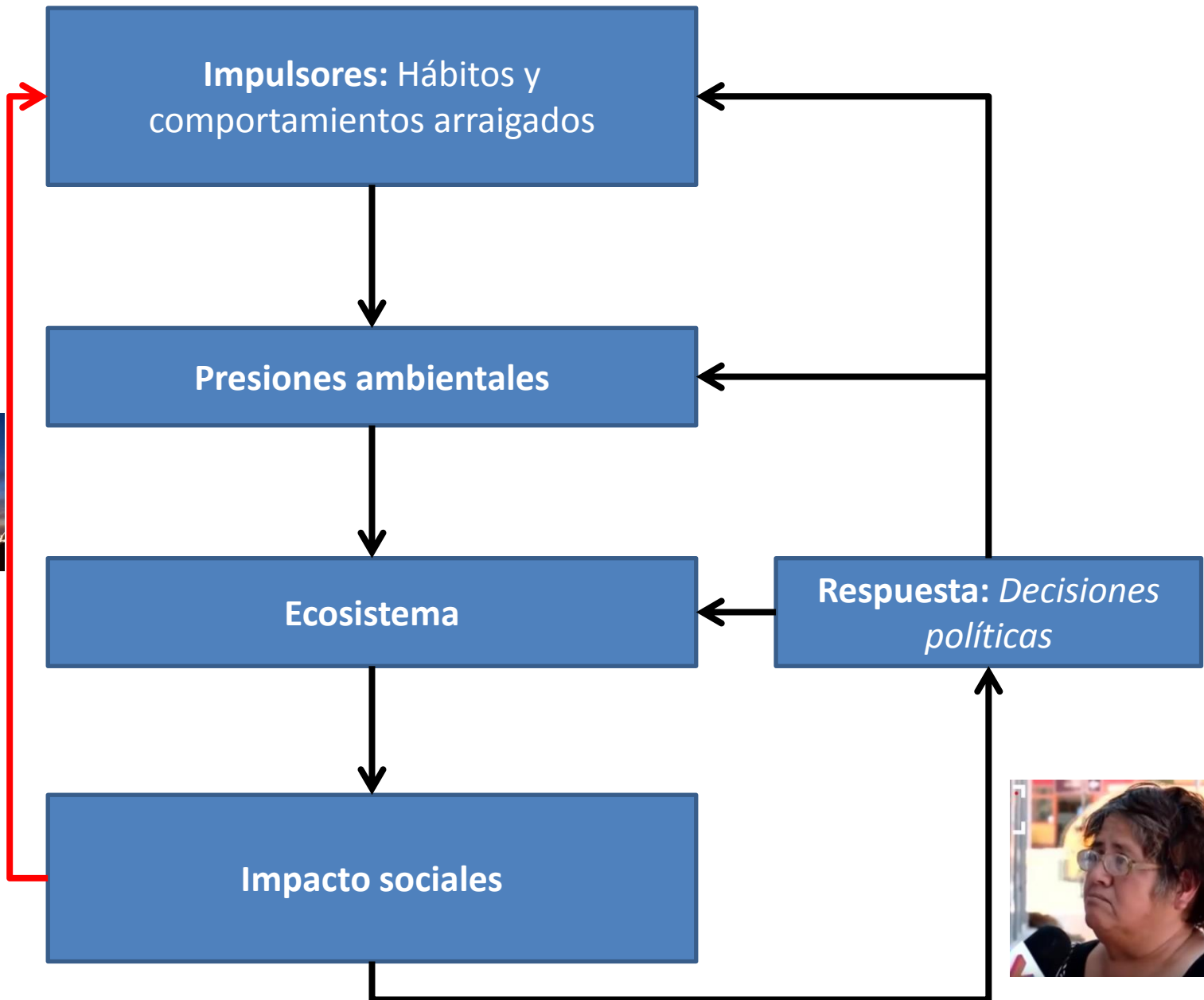
Acuerdo de París (*intención voluntaria de todos los países que deseen participar*)

Disminución de GEI de la producción energética → Mecanismo de precios al carbono equivalente emitido

Disminución de GEI de la Disposición de residuos sólidos → ????

→ Medición de huella de carbono → Reducción → Compensación

# Mensaje final



# Bibliografía y referencias

- Publicación científica: <https://detritusjournal.com/> (actual revisión de artículo)
- Simposio: <https://www.sardiniasymposium.it/>
- Divulgación local: [www.gestionderesiduos.com.pa](http://www.gestionderesiduos.com.pa)



icta



# *“Presiones ambientales e impactos sociales: contaminantes peligrosos del aire derivados de Cerro Patacón”*

Jorge M. Torrente V.

Universitat Autònoma de Barcelona

Institut de Ciències i Tecnologies Ambientals

[jorgemiguel.torrente@uab.cat](mailto:jorgemiguel.torrente@uab.cat)