

Tema 15 –Residuos peligrosos y Remediación

CI4102 Ingeniería Ambiental
Profesora Ana Lucia Prieto



Qué es un Residuos Peligroso?

El estado lo define como (**Decreto 148 - REGLAMENTO SANITARIO SOBRE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS, 2003**):

“Un residuo o una mezcla de residuos es peligrosa si presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar alguna de las siguientes características:

a) toxicidad aguda, b) toxicidad crónica, c) toxicidad extrínseca, d) inflamabilidad, e) reactividad y f) corrosividad.

Bastará la presencia de una de estas características en un residuo para que sea calificado como residuo peligroso.”

Biblioteca del Congreso (<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=226458>)



Clasificación de Residuos Peligrosos

Inflamabilidad

- Punto de inflamación inferior a 61°C.
- Capaz de provocar, bajo condiciones estándares de presión y temperatura (1 atm y 25 °C), fuego por fricción, por absorción de humedad o cambios químicos espontáneos y, cuando se inflama, lo hace en forma tan vigorosa y persistente que ocasiona una situación de peligro.

Ejemplo: Gasolina, acetona, etanol, etc.



Corrosividad

- Es acuoso y tiene un pH inferior o igual a 2 o mayor o igual a 12,5
- Corroe el acero (SAE 1020) a una tasa mayor de 6,35 mm por año, a una temperatura de 55 °C según el Método de la Tasa de Corrosión.

Ejemplo: Ácidos/bases fuertes, peróxido de hidrógeno (agua oxigenada).



Reactividad

- Es normalmente inestable y sufre, con facilidad, cambios violentos sin detonar.
- Reacciona violentamente con el agua. Forma mezclas explosivas con el agua.
- Cuando mezclado o en contacto con agua, genera gases, vapores o humos tóxicos, en cantidades suficientes como para representar un peligro para la salud humana.

Ejemplo: Sodio, cloro gaseoso, peróxido de hidrógeno concentrado.



3

Clasificación de Residuos Peligrosos

Toxicidad – difícil de definir

La norma define **toxicidad** con 4 criterios:

- Bioconcentración: bioacumulación y biomagnificación
- DL₅₀ – dosis letal (50%), cantidad de toxina necesaria para matar 50% de los especímenes en un ensayo (> 50 mg/kg peso corporal)
- CL₅₀ – concentración a la que un químico es tóxico (> 2 mg/L)
- Fitotoxicidad



Aguda: Letal en bajas dosis en seres humanos. Listadas en Artículo 88.

Crónica: Si contiene alguna de las sustancias que presentan efectos acumulativos, teratogénicos o mutagénicos. Listadas en Artículo 89.

Extrínseca: cuando su eliminación pueda dar origen a una o más sustancias tóxicas agudas o tóxicas crónicas en concentraciones que pongan en riesgo la salud de la población.

<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=226458>



4

Clasificación de Residuos Peligrosos

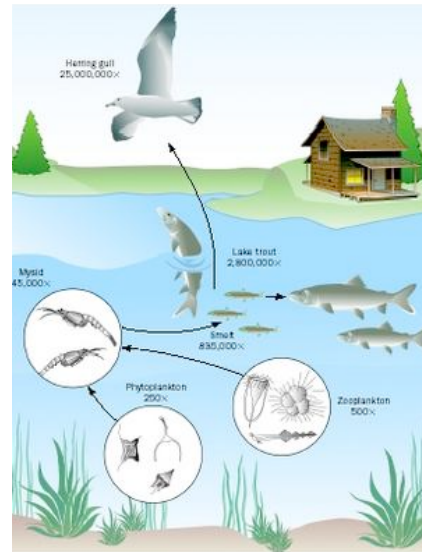
Bioacumulación

Material retenido en tejido animal hasta llegar a niveles mayores al del medio que lo rodea

Biomagnificación

La sustancia se mueve hacia arriba en la cadena trófica. Se concentra en los tejidos.

Ejemplos: Pesticidas y metales pesados

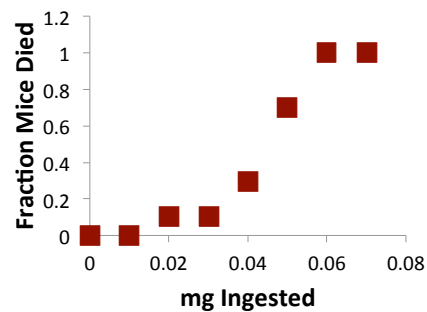


Clasificación de Residuos Peligrosos

DL₅₀ Masa de compuesto necesario para matar la mitad de un grupo de especímenes de prueba

Ejemplo: Test de toxicidad en ratones alimentados con pesticidas

Amount Ingested (mg)	Fraction that died after 4 hr
0	0
0.01	0
0.02	0.1
0.03	0.1
0.04	0.3
0.05	0.7
0.06	1
0.07	1



Para un ratón = 0,045 mg

Se extrapola el LD₅₀ a humanos basandose en la masa

Clasificación de Residuos Peligrosos

CL₅₀ **Concentración a la cual el compuesto cause muerte en 50% de los especímenes del ensayo (se usa cuando la masa consumida no se puede medir)**



Casi todos los compuestos causarían 50% de muerte a cierta concentración....

Los compuestos se consideran tóxicos cuando :

$$CL_{50} > 2 \text{ mg/kg}$$

$$DL_{50} > 50 \text{ mg/kg}$$

Residuos peligrosos en el ambiente

- **Sedimentos en lechos acuáticos** – afecta el uso de fuentes de agua y consumo de alimentos (Ej: alertas de consumo de pescado)
- **Agua subterránea** – afecta las fuentes de agua potable
- **Intrusión de vapores en sitios cerrados** – químicos volátiles que hacen parte del suelo, de residuos contaminantes enterrados, y/o agua subterránea contaminada, emiten vapores que migran a hasta la superficie afectando edificaciones. Ejemplo: Radón.
- **Minas abandonadas** – amenaza latente a los seres humanos y al medio ambiente. Ejemplo: Agua ácidas de minería.

Contaminantes en agua subterranea

- Tabla 5.13 del Masters.
- Asbesto, dioxinas, plomo, mercurio, radiación...
- Contaminantes orgánicos

Organic contaminants found in groundwater

Contaminant	Sources to groundwater	Potential health and other effects
Volatile organic compounds	Enter environment when used to make plastics, dyes, rubbers, polishes, solvents, crude oil, insecticides, inks, varnishes, paints, disinfectants, gasoline products, pharmaceuticals, preservatives, spot removers, paint removers, degreasers, and many more.	Can cause cancer and liver damage, anemia, gastrointestinal disorder, skin irritation, blurred vision, exhaustion, weight loss, damage to the nervous system, and respiratory tract irritation.
Pesticides	Enter environment as herbicides, insecticides, fungicides, rodenticides, and algicides.	Cause poisoning, headaches, dizziness, gastrointestinal disturbance, numbness, weakness, and cancer. Destroys nervous system, thyroid, reproductive system, liver, and kidneys.
Plasticizers, chlorinated solvents, benzo[a]pyrene, and dioxin	Used as sealants, linings, solvents, pesticides, plasticizers, components of gasoline, disinfectant, and wood preservative. Enters the environment from improper waste disposal, leaching runoff, leaking storage tank, and industrial runoff.	Cause cancer. Damages nervous and reproductive systems, kidney, stomach, and liver.

<http://water.usgs.gov/edu/groundwater-contaminants.html>

Tecnologías para Remediación

La tecnología escogida depende de las características y comportamiento del contaminante

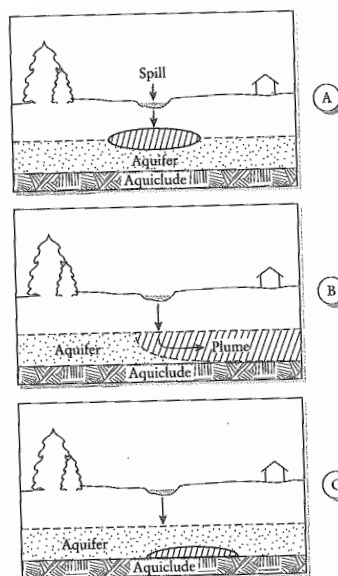
Compuestos más livianos e inmiscibles en agua flotan a la superficie del acuífero. Bombear el químico es relativamente fácil

LNAPL – Light Non-aqueous Phase Liquid

Si el compuesto se disuelve en agua, se mezclará y distribuirá en una pluma. En este caso se necesita contener la pluma instalando paredes barrera o bombeando el agua a la superficie para tratamiento.

Si el químico es más denso que el agua e inmisible, este se deposita sobre la superficie impermeable bajo el acuífero.

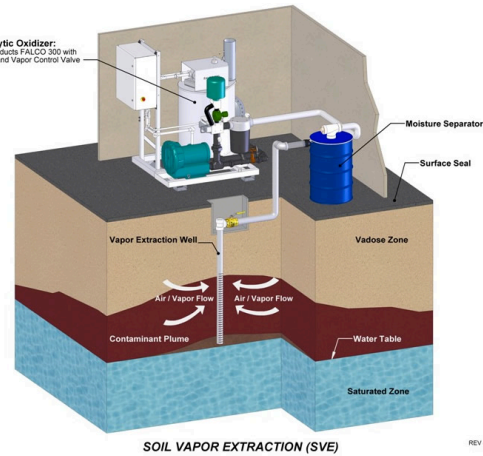
DNAPL – Dense Non-aqueous Phase Liquid



Tecnologías para Remediación

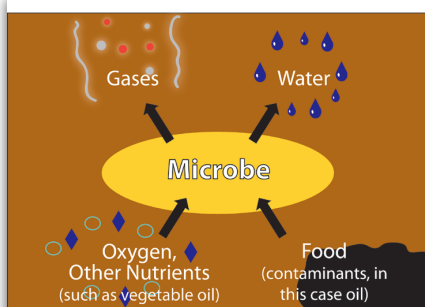
Depende del contaminante y características del suelo.

- **Remediación Ex-situ:** tratamiento de agua después de ser extraída del subsuelo
 - Pump-and-treat systems
 - Ej. Soil vapor extraction (SVE)
- **Remediación In-situ**

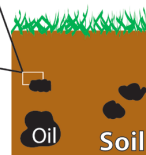


http://www.falmouthproducts.com/soil_vapor_extraction.html

Bioremediación



Injection of vegetable oil underground to improve conditions for bioremediation.



Microbe takes in oil, oxygen, and nutrients and releases gases and water.

Excavación

Worker collects soil samples to confirm that soil left onsite is clean.



Soil piles are covered with plastic tarps during excavation.

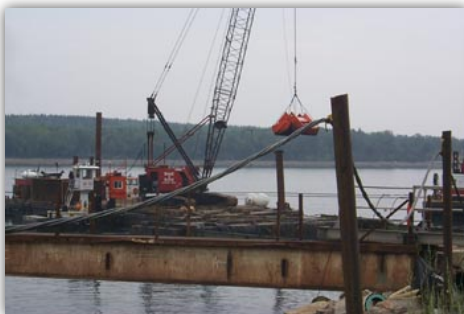
Dragado

Remoción del suelo bajo un cuerpo de agua. Este método se percibe como ventajoso por agencias gubernamentales y el público en general.

Consideraciones:

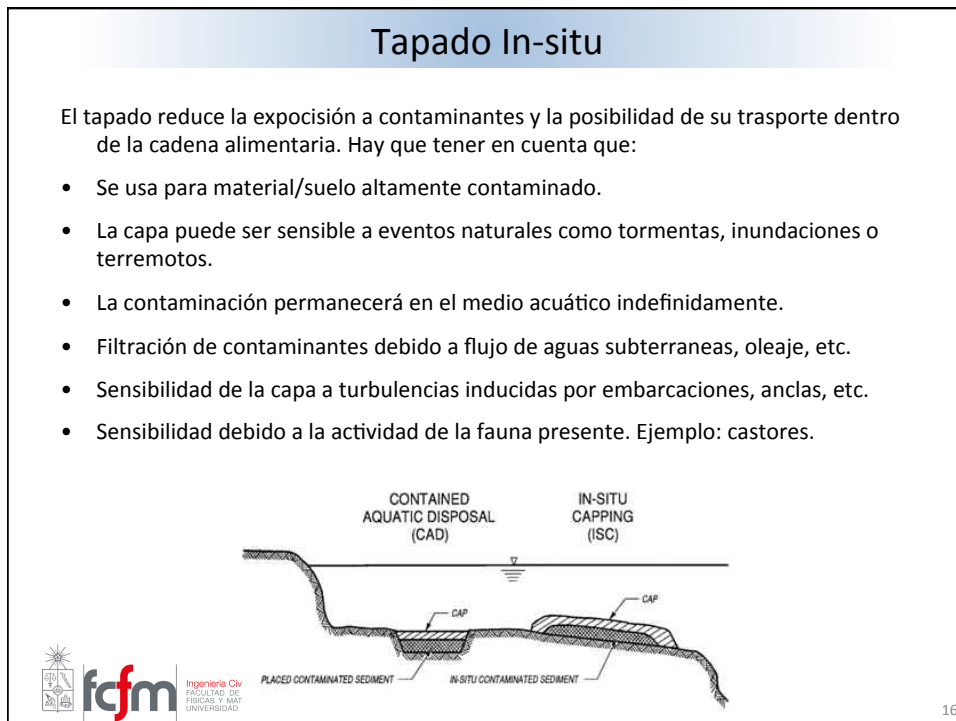
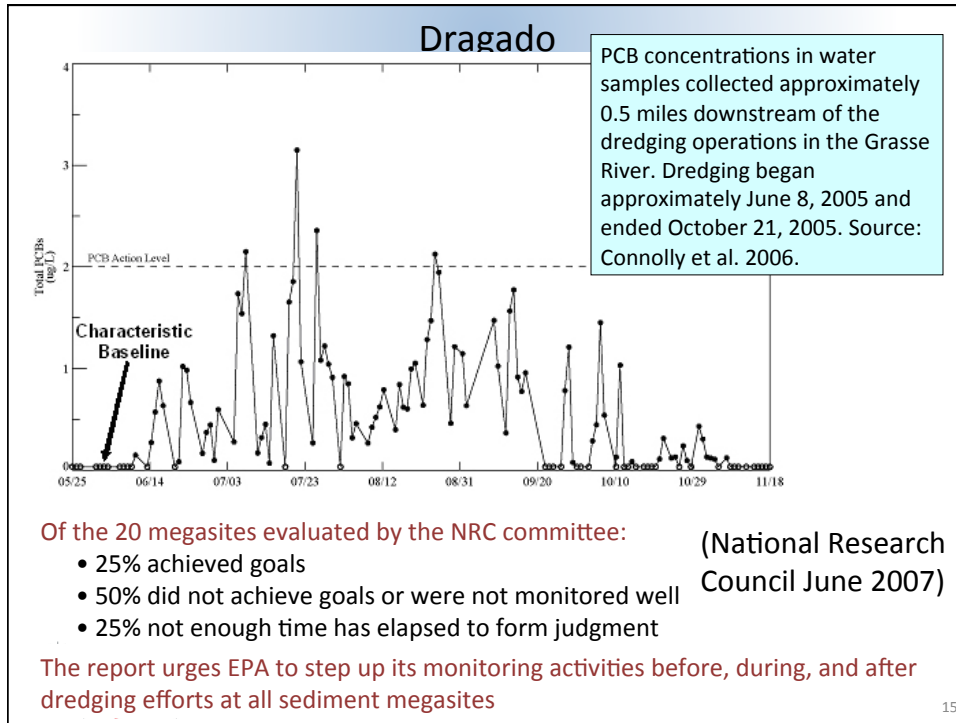
1. Resuspensión de sedimento durante el proceso de dragado
2. Liberación de contaminantes por resuspensión
3. Se deja contaminante residual despues de la operación

Clamshell bucket



Hydraulic dredging





Solidificación In-situ



Soil auger mixers are used to enhance the geotechnical properties of soil or sediment for the purpose of stabilization of a hazardous waste. In these operations, a stabilization/solidification agent such as cement or fly-ash is amended to soil or sediment and mixed to create a uniform paste that solidifies over time.



In an application at a superfund site (Koppers Co, Ashley River), Williams Environmental Services used this technology for in-situ solidification of one acre of marine sediments contaminated with creosote, pentachlorophenol, and copper-chromated-arsenate

17

Atenuación o Monitored natural recovery (MNR)

- Dejar que la naturaleza siga su curso. No se debe confundir con la alternativa de “no hacer nada”.
- Incluye control de la fuente y un programa de monitoreo adecuado para asegurar la efectividad del proceso.
- Generalmente acompañado de restricciones de consumo de peces, prohibición de pesca, en general, restricciones en el uso del agua.

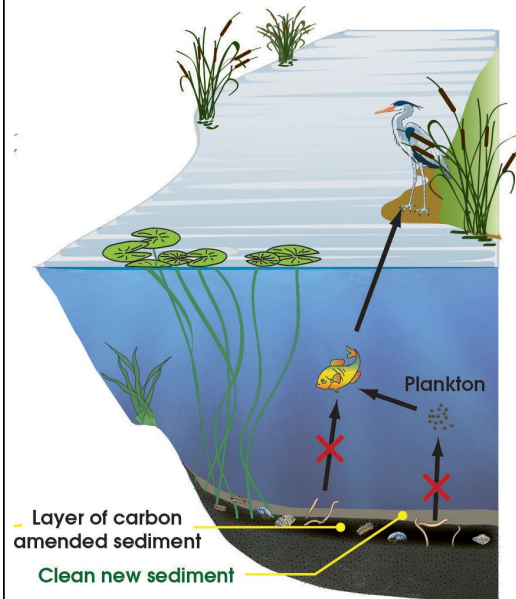
ASSESSMENT OF NATURAL ATTENUATION RATES

- Rates of biodegradation in sediment
- Chemical degradation
- Volatilization losses
- Burial with clean sediments



18

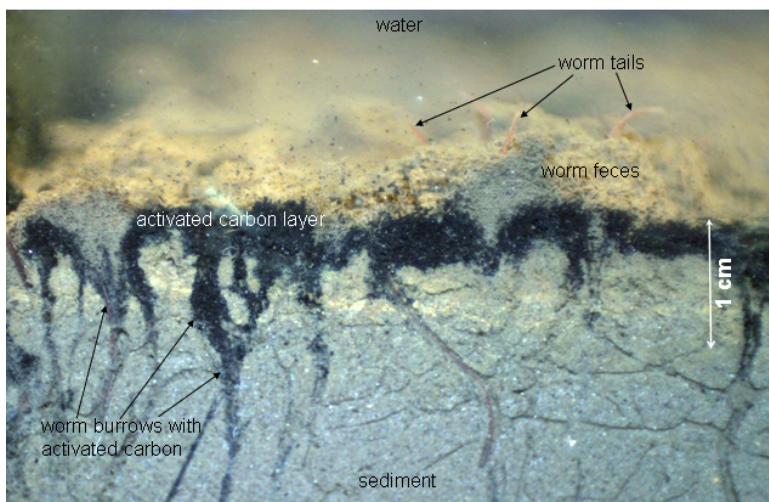
Acondicionamiento de suelos in-situ con carbon activado



El carbon activado adicionado a sedimentos superficiales la exposición del contaminante a la cadena alimenticia:

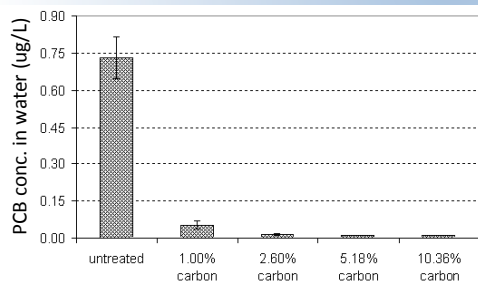
- 1) Reduce bioacumulación.
- 2) Reduce flujo de contaminante hacia el agua e ingestión de los organismos.
- 3) A largo plazo, la capa de carbon se cubre naturalmente con sedimento limpio.

Acondicionamiento de suelos in-situ con carbon activado

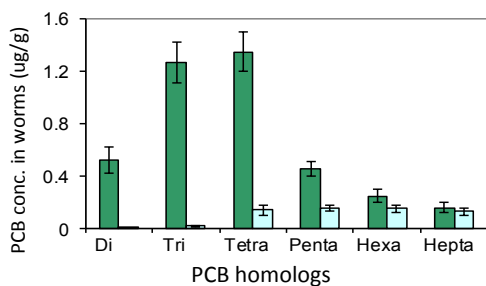
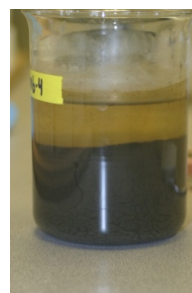


- Side view of aquarium 2 days after placing a layer of AC on sediment
- Carbon is slowly worked into the sediment through worm movement
- PCB accumulation in worms reduced by ~ 80%

Acondicionamiento de suelos in-situ con carbon activado



Pore water PCB concentration decreases with increasing dose of activated carbon



PCB uptake in freshwater worms reduced after amending sediment with activated carbon