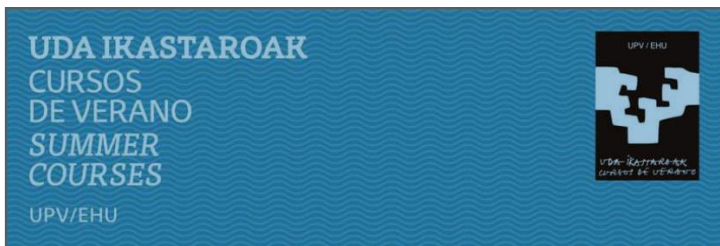




# *Contaminantes orgánicos del suelo en el País Vasco*

## *Experiencias y desafíos*

*9 de octubre de 2018*



**Paula Garrido**  
Área de Investigación y Tratamiento de Suelos  
AFESA Medio Ambiente, S.A.



# Estructura de la charla

1. Introducción
2. Contaminantes orgánicos en el País Vasco
  1. Origen y tipos de contaminantes orgánicos
  2. Características
  3. Comportamiento en el medio
  4. Contaminantes orgánicos persistentes
3. ¿Cuándo hay que actuar?
  1. Análisis y evaluación de riesgos
  2. Fase libre como foco de contaminación
  3. Otros
4. Gestión de los suelos contaminados
  1. Estudio de alternativas
  2. Casos reales
5. Retos



# 1 Introducción



### Objetivos de la charla

1. Ofrecer una visión general sobre la problemática asociada a la **contaminación de suelos y aguas subterráneas por compuestos orgánicos** en el País Vasco:
  - características fisicoquímicas de los contaminantes
  - movilidad, comportamiento en el medio
  - riesgos asociados
2. **Revisión de alternativas** disponibles para la gestión de dicha contaminación
3. **Retos** relacionados con la gestión de suelos contaminados con contaminantes orgánicos



### Definición de suelo contaminado

**Ley 4/2015**, de 25 de junio, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo:

**Suelo contaminado**: *todo suelo que presente una alteración de origen antrópico, en relación con sus características químicas, incompatible con sus funciones debido a que suponga para el uso actual, o pueda suponer, en el supuesto de cambio de uso, un riesgo inaceptable para la salud de las personas o el medio ambiente, y así sea declarado por el órgano ambiental de la Comunidad Autónoma del País Vasco, de acuerdo con el procedimiento para determinar la calidad del suelo regulado en esta ley.*



### Otros aspectos de interés

La contaminación por contaminantes orgánicos es uno de los problemas ambientales más frecuentes y de mayor extensión.

Una de las mayores dificultades asociadas a la evaluación de la afección por este tipo de contaminantes se debe a que en general aparecen en mezclas complejas y de distinta naturaleza.

La evaluación de riesgos asociados a la presencia de contaminantes orgánicos en el medio, que definirá la necesidad o no de actuar, se ve influenciada por dos factores:

- el tipo de producto vertido al medio es muchas veces desconocido, o no puede ser asimilado a un producto en concreto, sino a una mezcla compleja de varios.
- una vez que se vierten al medio experimentan procesos que alteran la composición original (volatilización, hidrólisis, degradación bacteriana, fotólisis, oxidación, etc.).



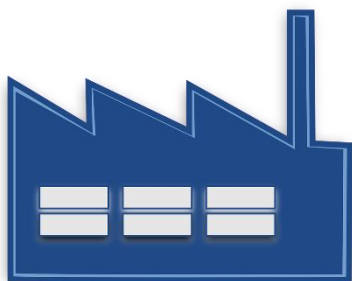
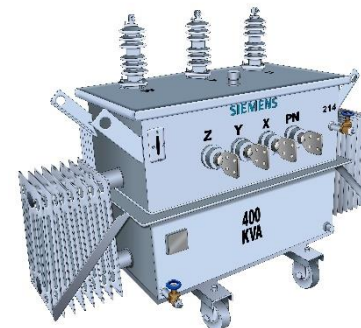
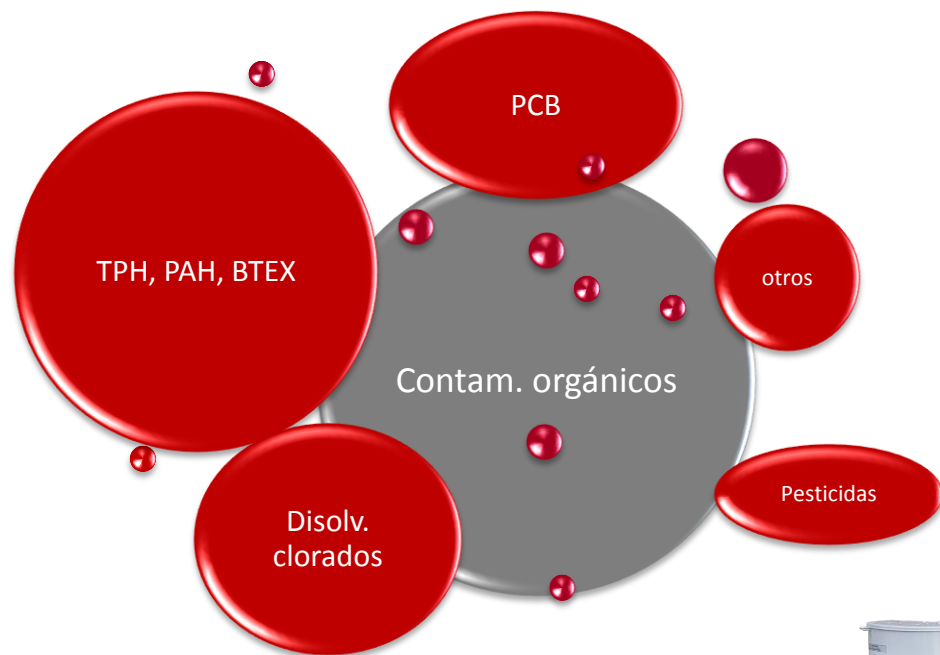
2

# Contaminantes orgánicos en el País Vasco



# Contaminantes orgánicos en el País Vasco

## Origen y contaminantes de mayor interés





### Hidrocarburos totales del petróleo

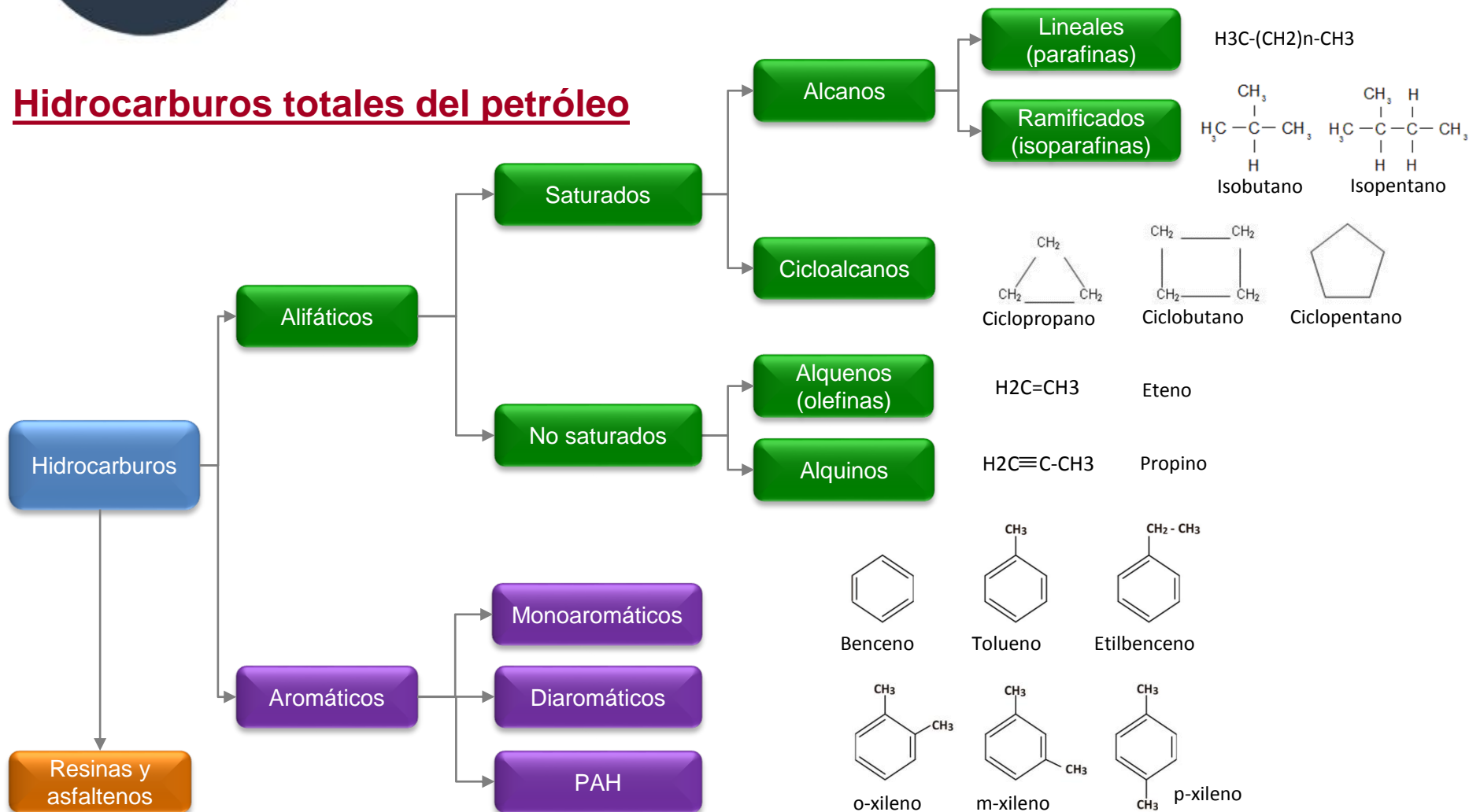
**Los hidrocarburos derivados del petróleo** son compuestos orgánicos formados exclusivamente por C e H (benceno, hexano...) cuyo origen natural puede ser el petróleo, el gas natural, los tejidos vegetales, etc.





# Contaminantes orgánicos en el País Vasco

## Hydrocarbons totales del petróleo

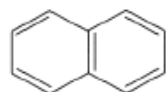


Resinas y asfaltenos

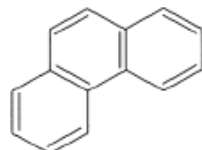


# Contaminantes orgánicos en el País Vasco

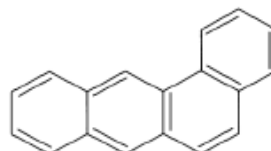
## Hidrocarburos totales del petróleo



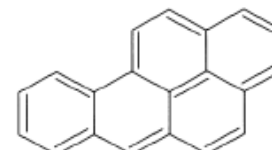
1. Naphthalene



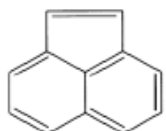
5. Phenanthrene



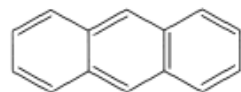
9. Benz(a)anthracene



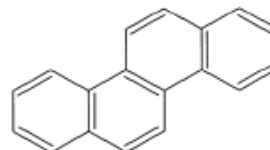
13. Benzo(a)pyrene



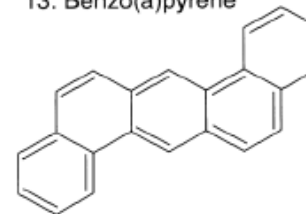
2. Acenaphthylene



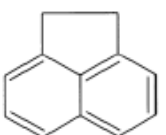
6. Anthracene



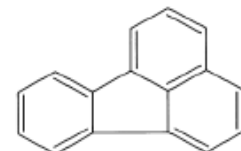
10. Chrysene



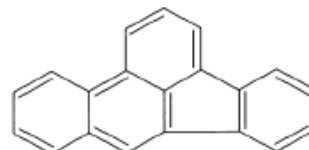
14. Dibenz(a,h)anthracene



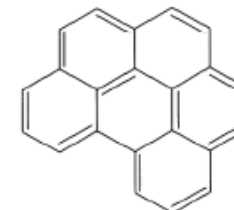
3. Acenaphthene



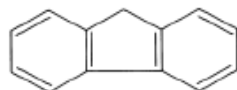
7. Fluoranthene



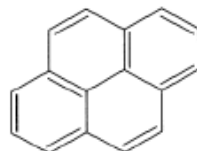
11. Benzo(b)fluoranthene



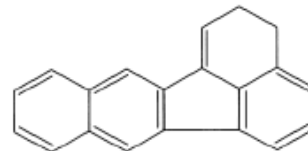
15. Benzo(g,h,i)perylene



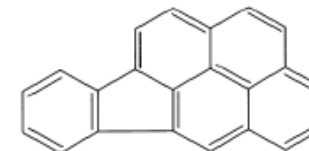
4. Fluorene



8. Pyrene

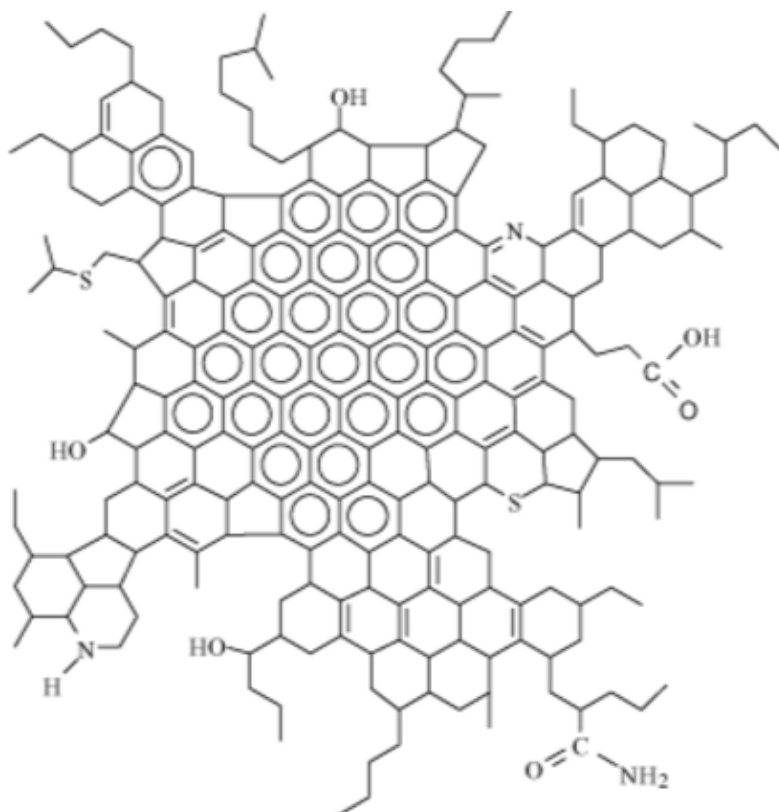


12. Benzo(k)fluoranthene

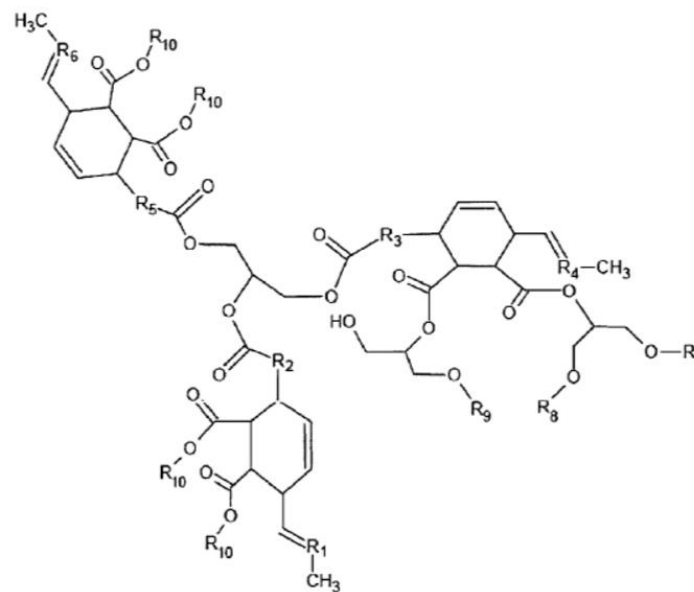


16. Indenol (1,2,3-cd)pyrene

## Hidrocarburos totales del petróleo



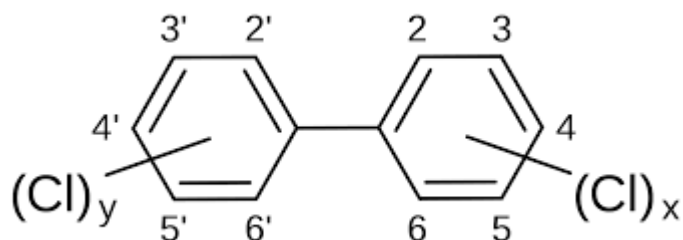
Asfalteno



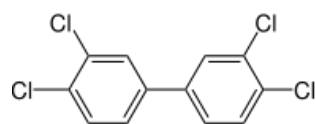
Resina

## Policlorobifenilos

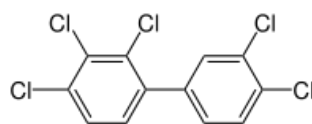
**Los PCB** forma una familia de compuestos orgánicos con 209 congéneres que se presentan en una variedad de formas que va desde líquidos grasos hasta sólidos cerosos.



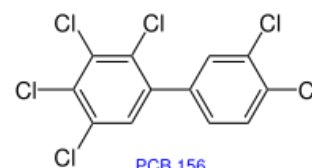
## Policlorobifenilos



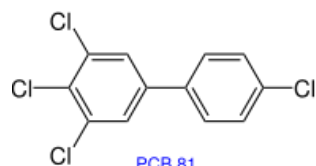
PCB 77



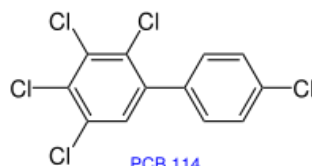
PCB 105



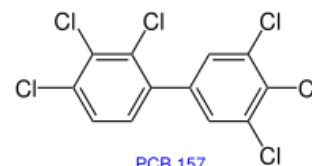
PCB 156



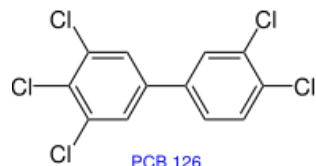
PCB 81



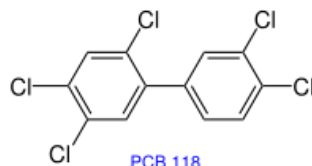
PCB 114



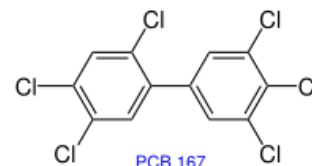
PCB 157



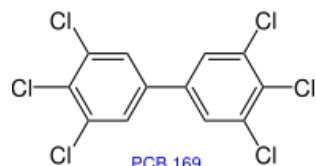
PCB 126



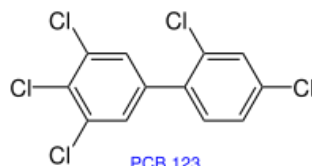
PCB 118



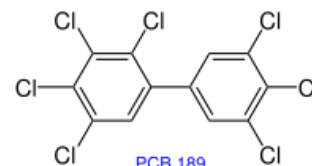
PCB 167



PCB 169



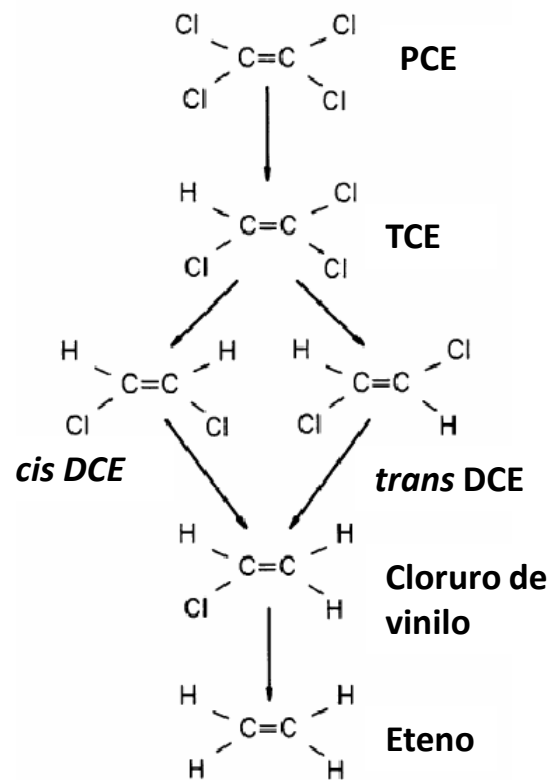
PCB 123



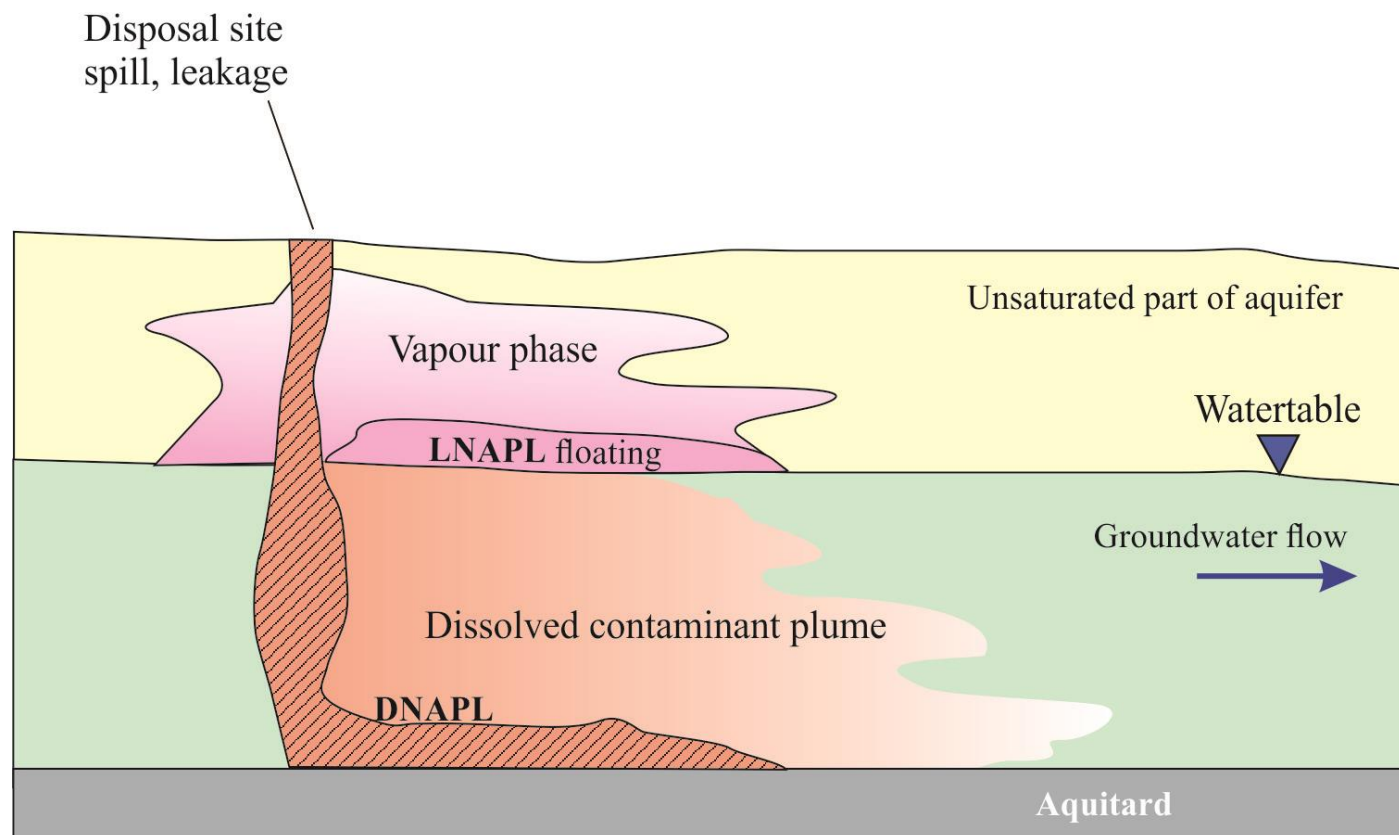
PCB 189

## Disolventes clorados

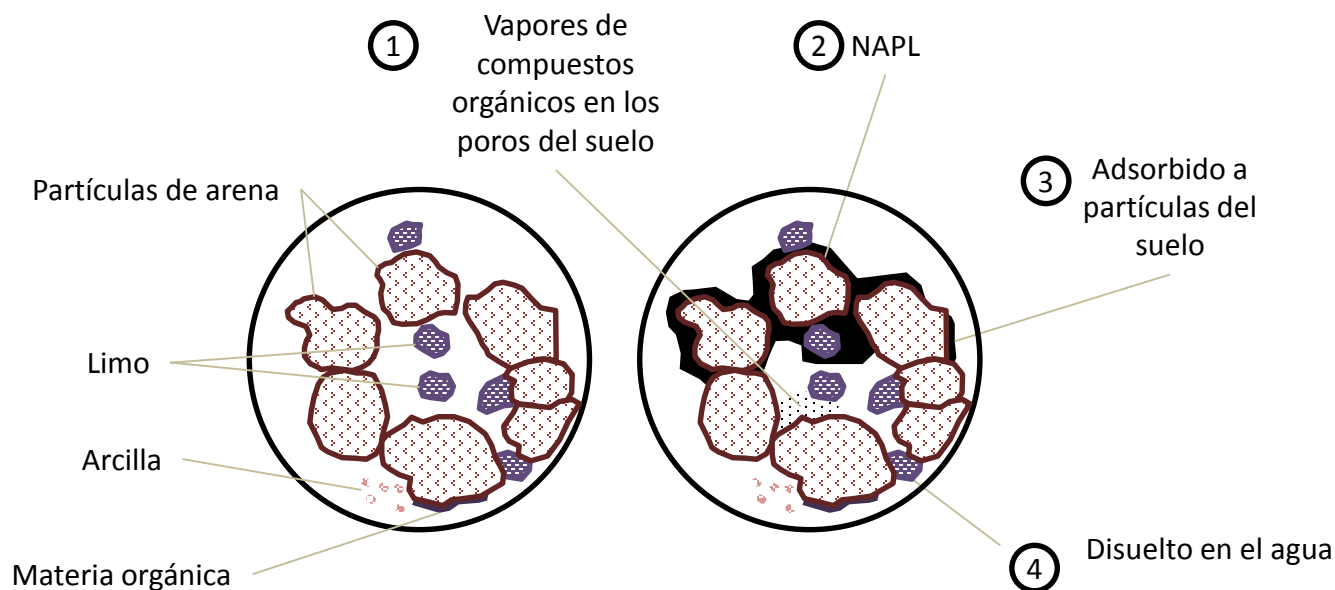
Se trata de compuestos formados por un esqueleto de átomos de carbono, en el cual, algunos de los átomos de hidrógeno unidos al carbono, han sido reemplazados por átomos de cloro, unidos por enlaces covalentes al carbono.



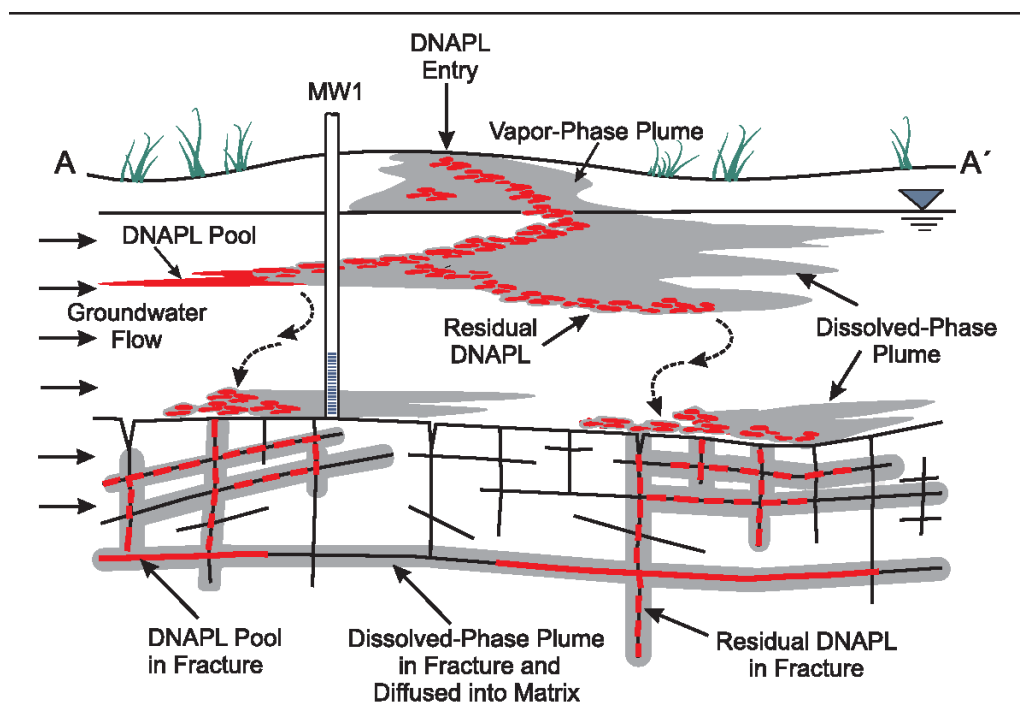
## Comportamiento en el medio



## Comportamiento en el medio



## Comportamiento en el medio





### Contaminantes orgánicos persistentes

**El Convenio de Estocolmo** define el marco normativo para la gestión de los contaminantes orgánicos persistentes (COP). Este acuerdo internacional, con fuerza vinculante, establece un marco basado en el PRINCIPIO DE PREVENCIÓN encaminado a **garantizar la eliminación**, en condiciones de seguridad, así como la **disminución de la producción y de la utilización de estas sustancias** nocivas para la salud humana y para el medio ambiente. El protocolo entró en vigor el 23 de octubre de 2003.

Los PCB forman parte de los doce contaminantes orgánicos persistentes (COP) prioritario (en 2009 se formó, además, la PEN (Red de Eliminación de PCB, por sus siglas en inglés) para asistir a los Estados en sus esfuerzos de gestión de los PCB. Según el programa **PNUMA**, un contenido superior a **50 ppm** constituye el umbral a partir del cual un producto debe ser considerado contaminado y, por ende, tratado en un centro autorizado.



**3**

¿Cuándo hay que actuar?



## ¿Cuándo hay que actuar?

1. Riesgos inaceptables
2. Presencia de fase libre
3. Otros:
  1. Presencia de “*residuos peligrosos*”
  2. “*alteración nueva*” del suelo (posterior a 1998)
  3. Actuaciones voluntarias

### Análisis y evaluación de riesgos

**Riesgo:** *probabilidad de que un contaminante presente en el suelo entre en contacto con algún receptor con consecuencias adversas para la salud de las personas o el medio ambiente.*





¿Cuándo hay que actuar?

## Análisis y evaluación de riesgos





¿Cuándo hay que actuar?

**Fase libre como foco de contaminación**





¿Cuándo hay que actuar?

**Otros: “Residuos peligrosos” como foco de contaminación**





4

# Gestión de los suelos contaminados



## Estudio de alternativas

**Medidas de recuperación:** su objetivo es la eliminación o minimización del riesgo que supone una alteración del suelo, bien a través de la reducción de las concentraciones de sustancias contaminantes en el medio (medidas de descontaminación) o bien mediante la limitación de la exposición o de las vías de dispersión (medidas de seguridad).

### **Técnicas *in situ***

- ◆ Biológicas
  - ◆ Biorremediación
  - ◆ Fitorremediación
- ◆ Físico-químicas
  - ◆ Atenuación natural controlada
  - ◆ Barreras reactivas permeables
  - ◆ Extracción de vapores del suelo e inyección de aire
  - ◆ Flushing *in situ*
  - ◆ Tratamientos térmicos
  - ◆ Oxidación química
  - ◆ Electrodescontaminación
  - ◆ Vitrificación

### **Técnicas *ex situ***

- ◆ Desorción térmica
- ◆ Lavado del suelo
- ◆ Extracción con solventes
- ◆ Deshalogenación química



## Estudio de alternativas



biorremediación



Todo Imágenes Noticias Vídeos Libros Más Configuración Herramientas

Aproximadamente 211.000 resultados (0,36 segundos)

**Biorremediación** es llamado a cualquier proceso que utilice microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para retornar a un medio ambiente alterado por contaminantes a su condición natural.



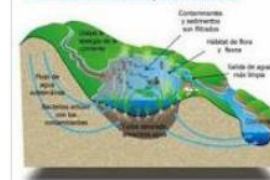
[Biorremediación - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Biorremediación)  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Biorremediación>

Acerca de este resultado Enviar comentarios

### Otras preguntas de los usuarios

- ¿Cómo funciona la biorremediación?
- ¿Qué organismos participan en un proceso de biorremediación?
- ¿Cuáles son los tipos de Biorremediación?
- ¿Qué es la Micorremediación?

Contaminación Ambiental y Biorremediación



Más imágenes

### Biorremediación



Biorremediación es llamado a cualquier proceso que utilice microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para retornar a un medio ambiente alterado por contaminantes a su condición natural. Wikipedia

[Enviar comentarios](#)

## Estudio de alternativas

**Pero la realidad....**

- El **factor de escala** no favorece la aplicación de técnicas de tratamiento:
  - Parcelas pequeñas y no hay espacio suficiente
  - No hay plazo suficiente
- Necesidad de revisar los **criterios para la reutilización**
- Los costes no se reducen de forma significativa



Vertedero



## Estudio de alternativas

### Biopilas: Ensayo de tratabilidad

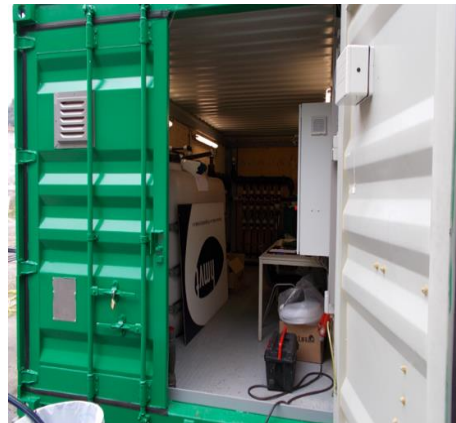


- Los hidrocarburos son susceptibles de una cierta degradación, requiriéndose la aplicación de enmiendas orgánicas.
- La cinética de degradación observada apunta a una necesidad de tiempos relativamente largos de tratamiento y probable necesidad de implementar medidas complementarias.



## Casos Reales

### Eliminación de disolventes clorados en agua (ISCO)





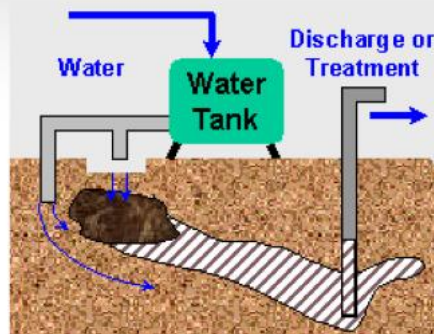
## Casos Reales

CLH Muskiz

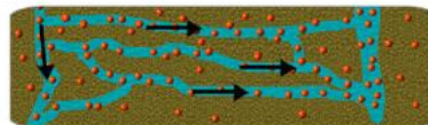
<p>XII JORNADAS ESPAÑOLAS DE INGENIERÍA DE COSTAS Y PUERTOS CARTAGENA, 7 y 8 DE MAYO 2013</p>	<p>TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y PAISAJÍSTICA UTILIZADAS EN LAS ANTIGUAS INSTALACIONES DE CLH EN LA PLAYA DE LA ARENA MUSKIZ - BIZKAIA</p>	<p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>	<p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE</p>	<p>SECRETARÍA DE ESTADO DE POLÍTICA TERRITORIAL, URBANISMO Y OBRAS PÚBLICAS</p>	<p>SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA, TURISMO Y CULTURA</p>
				<p>SECRETARÍA DE ESTADO DE POLÍTICA TERRITORIAL, URBANISMO Y OBRAS PÚBLICAS</p>	<p>SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA, TURISMO Y CULTURA</p>

## 2.- Descontaminación de suelos y aguas (2008 – 2009)

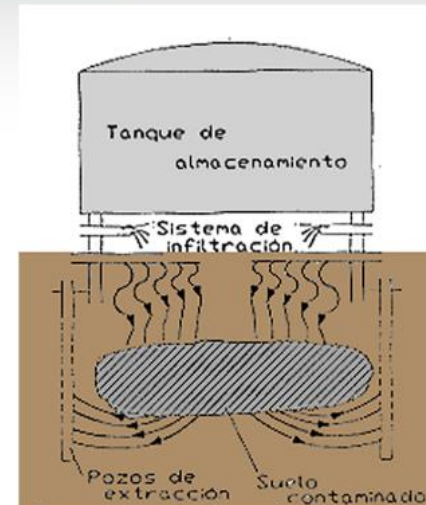
### 1º Soil Flushing (Lavado in situ)



How to Clean Contaminated Soil



In "washing", a liquid that can dissolve the contaminant is pumped through the soil and used to carry the contaminants until they can be removed by pumping.



Esquema de lavado con agua «in situ». (E. de Miguel García. ITGME. 1995).

**6 Zanjas de infiltración**  
80 m de longitud perpendiculares al flujo de las aguas

**6 Zanjas de extracción**

**En el lavado in situ el líquido es inyectado al suelo, atraviesa su masa y se disuelven los contaminantes. Estos son arrastrados a los macroporos desde donde son bombeados a la superficie.**



## Casos Reales

CLH Muskiz



**XII** JORNADAS ESPAÑOLAS DE  
INGENIERÍA DE COSTAS Y PUERTOS  
CARTAGENA, 7 y 8 DE MAYO 2013

**TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y  
PAISAJÍSTICA UTILIZADAS EN LAS ANTIGUAS  
INSTALACIONES DE CLH EN LA PLAYA DE LA  
ARENA  
MUSKIZ - BIZKAIA**



GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

RECTOR ALBERTO ESTEBANZOS	SECRETARIO ESTADO DE SUELOS (CLH)
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS MANIPULACIONES CONTAMINACIÓN	DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS (CLH)
ESPAÑA HEMERIS SUAREZ Y AGUIRRE	COORDINADOR DE LOS SERVICIOS DE SUELOS

## 2.- Descontaminación de suelos y aguas (2008 – 2009)

### 2º Preparación de acopios

**Tierras limpias o tratadas**  
**Tierras afectadas**  
**Arcillas afectadas procedentes del rechazo de la planta**



### 3º Excavación selectiva y tratamiento de suelos afectados

**Extracción**  
**Carga**  
**Acopio selectivo**  
**Bombeo de aguas subterránea**  
**Tratamiento mecánico**  
**Tratamiento húmedo**

### 4º Relleno

**Material de rechazo, acopio limpio y arenas en función de zonas: dunas, marisma...**

Documento	Toneladas excavadas	Toneladas excavadas con afección	Toneladas tratadas
Informe 1	104.063	54.112	44.452
Informe 2	101.977	71.656	79.155
Informe 3	89.484	42.573	39.079
Informe 4	90.389	36.549	21.608
Informe 5	87.698	36.973	21.587
Informe 6	41.560	25.688	31.483
Informe 7	89.124	36.386	39.698
Informe 8	39.400	21.246	38.823
Informe 9	43.600	24.309	17.380
Informe 10	11.500	1.048	16.047
Informe 11	----	----	----
<b>TOTAL</b>	<b>698.795</b>	<b>350.360</b>	<b>349.312</b>



## Casos Reales

CLH Muskiz

	XII JORNADAS ESPAÑOLAS DE INGENIERÍA DE COSTAS Y PUERTOS CARTAGENA, 7 y 8 DE MAYO 2013	TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y PAISAJÍSTICA UTILIZADAS EN LAS ANTIGUAS INSTALACIONES DE CLH EN LA PLAYA DE LA ARENA MUSKIZ - BIZKAIA		MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	SECRETARÍA DE ESTADO DE CABLES Y PUERTOS	SECRETARÍA DE ESTADO DE CARRETERAS
					DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA DE COSTAS Y PUERTOS	DIRECCIÓN GENERAL DE PUERTOS Y VÍAS DE ACCESO A PUERTOS
					SECRETARÍA DE ESTADO DE POLÍTICA TERRITORIAL Y URBANISMO	DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA TERRITORIAL Y URBANISMO
					DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA TERRITORIAL Y URBANISMO	DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA TERRITORIAL Y URBANISMO

### 3.- Remodelación de relleno y recuperación ecológica y paisajística (2009 - 2011)

Plazo de ejecución: 1 Año

**Remodelación geomorfológica de los cauces fluviales:**

- Canales en la zona de marisma
- Arroyos procedentes del Oeste de la parcela.

**Remodelación morfológica de suelos descontaminados:**

- Arenal o zona de dunas
- Terreno alomado
- Zona de marisma



# 5 Retos



## ¿Cuáles son los grandes retos a los que nos enfrentamos?

1. Profundización en la **caracterización de los escenarios** para reducir incertidumbres en los análisis de riesgos y en los planteamientos de remediación:
  1. análisis de gases
  2. interpretación más precisa de las fracciones de cadenas de TPH
  3. Otros: Especiación, biodisponibilidad, etc.
2. Establecimiento de **criterios de reutilización de suelos tratados**
3. Incentivación del tratamiento de suelos y desincentivación del vertido
4. **Coordinación** entre administraciones: la calidad ambiental de los emplazamientos y la planificación urbanística de la mano



**Dudas, ruegos, preguntas y  
lo que surja...**

Ed. San Isidro II, Idorsolo Kalea, 15  
48160 Derio

Tfno: 94 423 97 00

Fax: 94 424 55 27

[info@afesa.es](mailto:info@afesa.es)

[www.afesa.es](http://www.afesa.es)



**Gracias por vuestra  
atención**