



Universidad
de Jaén

4. *SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE SUELOS. RESTAURACIÓN AMBIENTAL*

ÍNDICE

1. Proyecto de remediación
2. Estudios de viabilidad
3. Técnicas de restauración ambiental
 - Biore Restauración
 - Fitorestauración
 - Biorremediación
 - Extracción
4. Técnicas de control
 - Aspectos legales

1. PROYECTO DE REMEDIACIÓN



2. ESTUDIO DE VIABILIDAD

ESTUDIO DE VIABILIDAD

Establecimiento de los objetivos de protección

Metas preliminares de restauración (MPR)

Objetivos.- cumplir los RARA y disminuir los riesgos

Ecuaciones

Parámetros

Definiciones

Desarrollo y selección preliminar de alternativas

Unidades de operación (UO)

2. ESTUDIO DE VIABILIDAD

Ecuaciones para calcular MPR

Agua potable. Uso Residencial

Cancerígenos: $MPR = 365MTRc / FD(ICS_i + AS_o) = 1.7 \times 10^{-4} / (2S_o + 7.5S_i)$

No cancerígenos: $MPR = 365MTRnc / FD(IKR_i^{-1} + AR_o^{-1}) = 73 / (7.5 R_i^{-1} + 2R_o^{-1})$

Suelo. Uso Residencial

Cancerígenos: $MPR = 365TRc / (A_c FS_o \times 10^{-6}) = 0.64/S_o$

No cancerígenos: $MPR = 365TRncR_o \times 10^{-6} / FA_c = 2.7 R_o \times 10^5$

Suelo. Uso Comercial / Industrial

Cancerígenos: $MPR = 365MTRc / FD ((AS_o \times 10^{-6} + IS_i(K^{-1} + K_p^{-1})))$
 $MPR = 2.9 \times 10^{-4} / (5 S_o \times 10^{-6} + S_i (20/K + 4.3 \times 10^{-9}))$

No cancerígenos: $MPR = 365MTRnc / FD (A / R_o \times 10^{-6} + (I / R_i) \times (K^{-1} + K_p^{-1}))$
 $MPR = 102 / ((5 \times 10^{-9} / R_o) + R_i^{-1} (20K^{-1} + 4.3 \times 10^{-9}))$

Si las MPR para suelo contaminado es mayor que C_{sat} , entonces se usa C_{sat} como MPR.

$$MPR = C_{sat} = sHP_a + sH_f$$

2. ESTUDIO DE VIABILIDAD

Parámetros para el Cálculo de las MPR

<u>Símbolo</u>	<u>Unidades</u>	<u>Valor Usual</u>	<u>Definición</u>
MPR	mg/L	*	Meta Preliminar de Restauración, igual a C
C	mg/L		Concentración del tóxico
Rc	**	10 ⁻⁶	Meta de Riesgo. Exposición a cancerígenos
Rnc	**	1	Meta de Riesgo. Exp. a no-cancerígenos
M₊₆	Kg.	70	Masa corporal. Adultos
M₋₆	15		Masa corporal. Menores
T	año	70	Tiempo de exposición (vitalicia)
F	días/año	350	Frecuencia de exposición. Residencial
		250	Frec. de exp. Comercial/Industrial
D	año	30	Duración de la exposición. Residencial
		25	Dur. de la exp. Comercial/Industrial
D₋₆		6	Dur. de la exp. Suelo. Menores de 6 años
D₊₆		24	Duración de la exposición. Suelo. Mayores
S_o	Kg. x día/mg	*	Factor de pendiente. Vía oral
S_i	Kg. x día/mg	*	Factor de pendiente. Vía respiratoria

* Propiedad de la sustancia.

** Adimensional

2. ESTUDIO DE VIABILIDAD

Parámetros para el Cálculo de las MPR

<u>Símbolo</u>	<u>Unidades</u>	<u>Valor Usual</u>	<u>Definición</u>
R_o	mg/Kg./día	*	Dosis de Referencia. Vía oral
R_i	mg/Kg./día	*	Dosis de Referencia. Vía respiratoria
I	$m^3/día$	15	Tasa de inhalación. Residencial (interiores)
		20	Tasa de inhalación en el trabajo
A	L/día	2	Tasa de ingesta de agua
A_{-6}	mg/día	200	T. de ingesta de suelo. Menores de 6 años
A_{+6}	mg/día	100	T. de ingesta de suelo. Mayores de 6 años
	mg/día	50	T. de ingesta de suelo. Comercial/Industrial
A_c	mg-año/Kg-día	114	T. de ingesta de suelo. Corregida por edad
K	** L/m ³	0.5	Factor de volatilización en agua.
	m ³ /Kg.	*	Factor de volatilización. Suelo/aire
K_p	m ³ /Kg.	4.63x10 ⁹	Factor de emisión de partículas

* Propiedad de la sustancia.

** Adimensional

2. ESTUDIO DE VIABILIDAD

Definición de variables. Exposición a suelo

<u>Símbolo</u>	<u>Unidades</u>	<u>Valor Usual</u>	<u>Definición</u>
C_{sat}	mg/kg	***	Concentración de saturación en suelo
C_{org}	Fracción	***	Contenido de C orgánico en el suelo
s	mg/L	*	Solubilidad en agua
H	L/kg	***	Humedad del suelo
L	m	45	Longitud del área contaminada
V	m/s	2.25	Veloc. del viento en zona de mezclado
h	m	2	Altura de difusión
S_{up}	m ²	2025	Area de contaminación
d	cm ² /s	*	Difusividad molecular
E	**	***	Porosidad del suelo
H_r	atm-m ² /mol	*	Constante de la ley de Henry
P_e	g/cm ³	2.65	Densidad verdadera del suelo
T_e	s	7.9 x 10 ⁸	Intervalo de exposición
	g x m ² /h	0.036	Fracción respirable
c_v	**	0	Fracción con cobertura vegetal
V_m	m/s	4.5	Velocidad media anual del viento

* Propiedad de la sustancia
** Adimensional
*** Propiedad del sitio

2. ESTUDIO DE VIABILIDAD

ESTUDIO DE VIABILIDAD

Establecimiento de los objetivos de protección

Metas preliminares de restauración (MPR)

Objetivos.- cumplir los RARA y disminuir los riesgos

Ecuaciones

Parámetros

Definiciones

Desarrollo y selección preliminar de alternativas

Unidades de operación (UO) Acciones discretas

3. TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL

1. MÉTODOS BIOLÓGICOS

Biore Restauración

Fito-restauración

in situ

ex situ

2. MÉTODOS QUÍMICOS

Deshalogenación *ex situ*

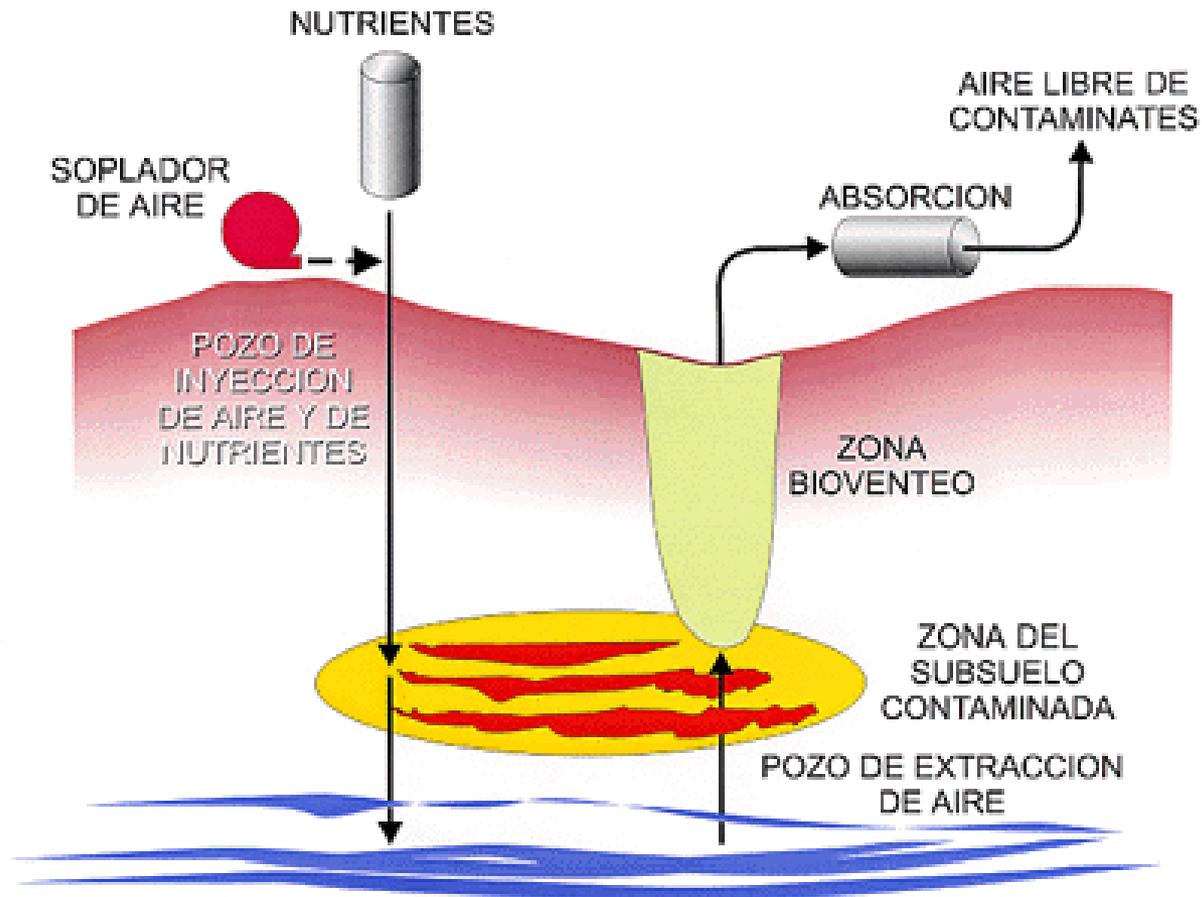
Muros de tratamiento

3. EXTRACCIÓN *in situ*

4. TÉCNICAS DE CONTROL



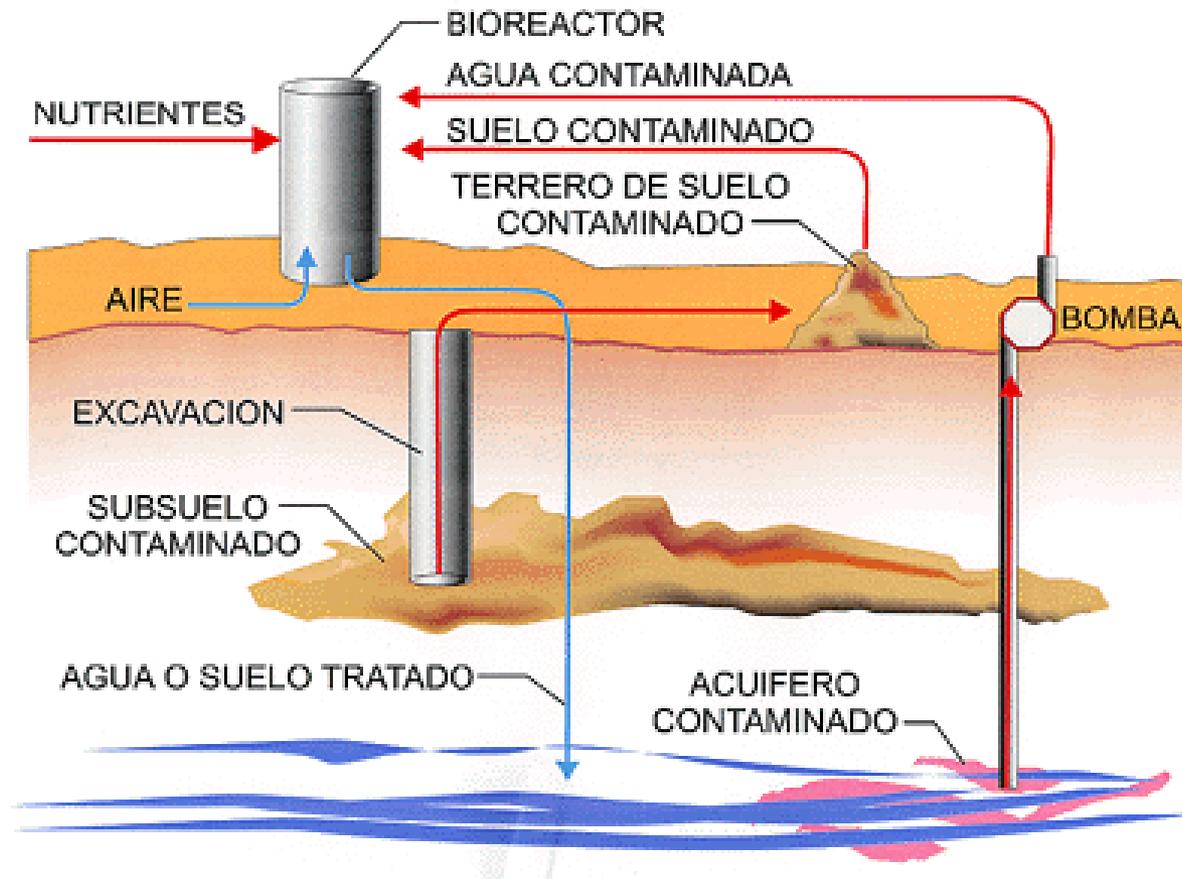
3. TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL



Proceso de Bioremediación *in situ* de agua y suelo



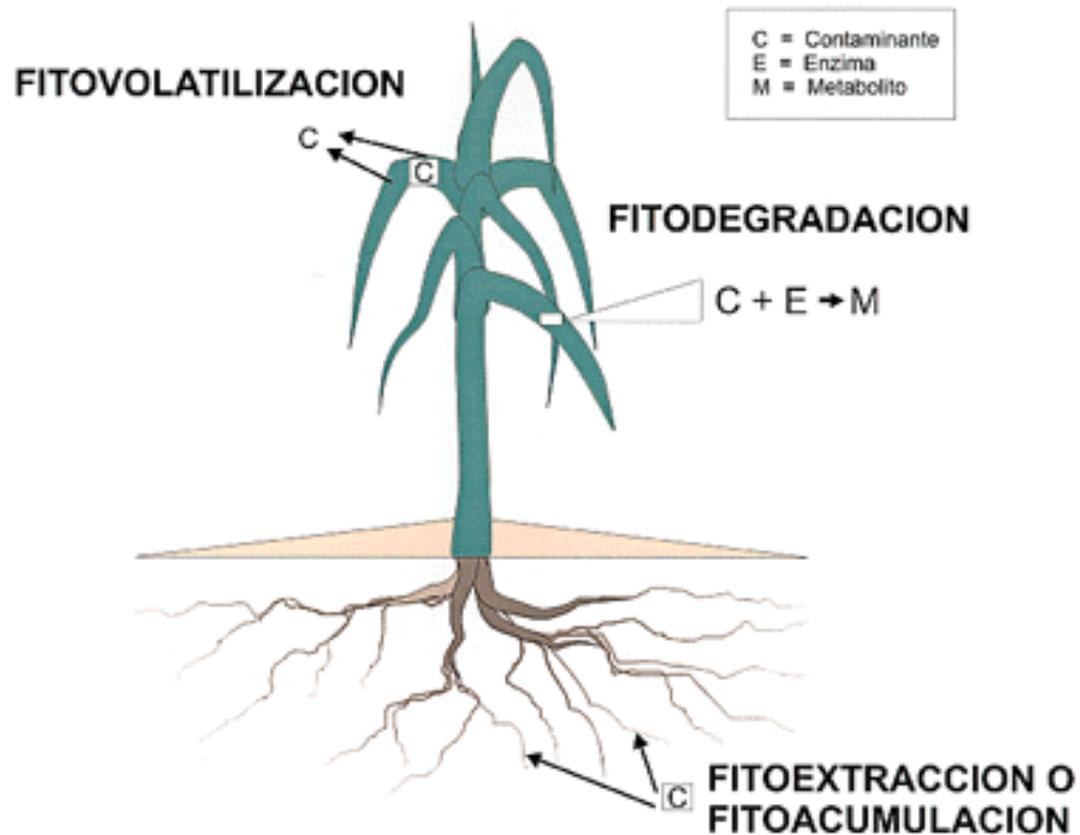
3. TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL



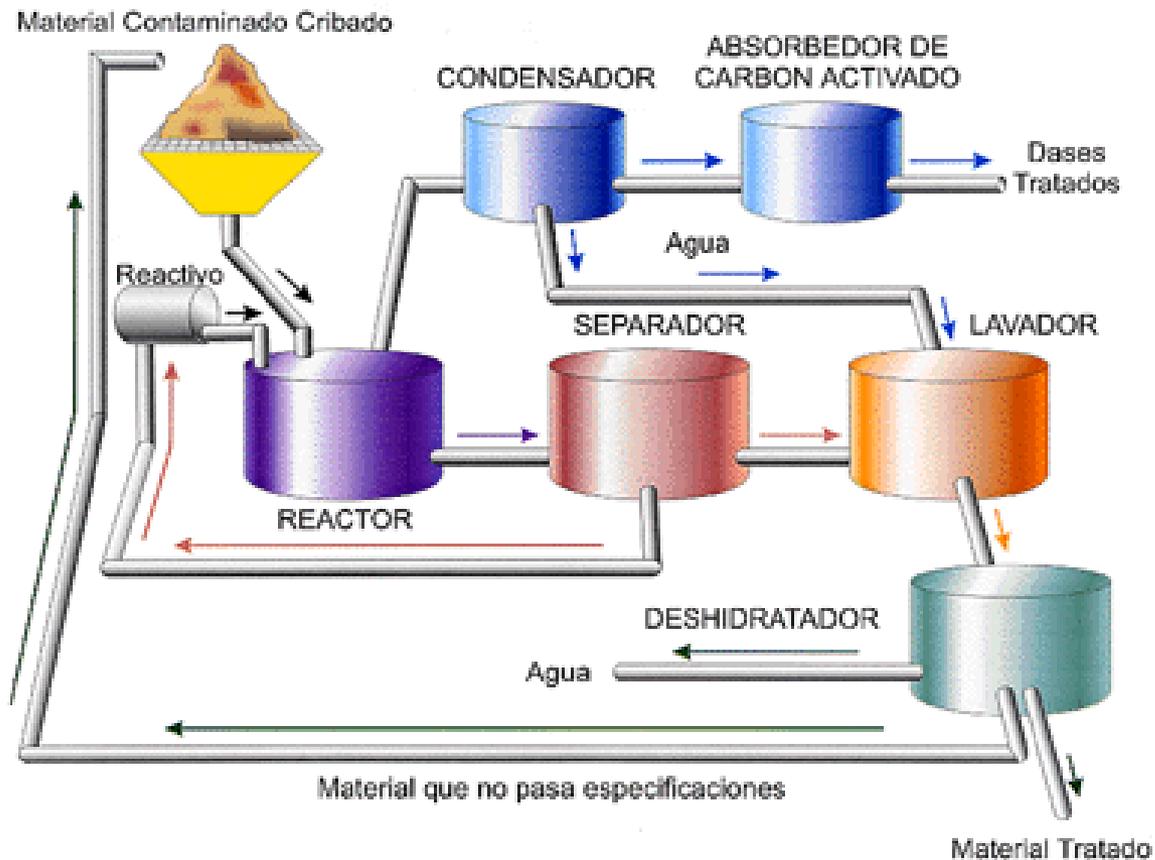
Biorestauración *ex situ* de agua y suelo



3. TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL



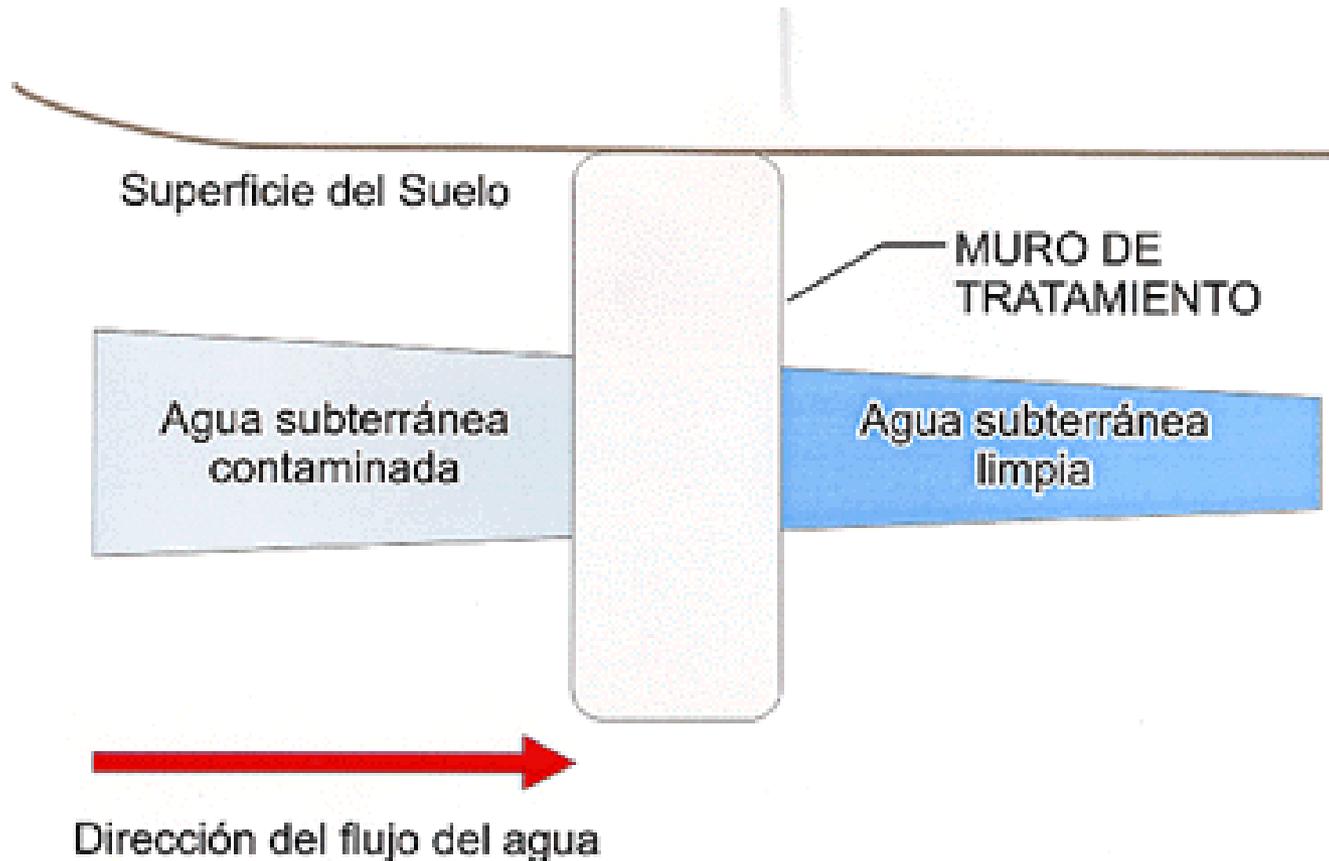
3. TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL



Deshalogenación. Remediación *ex situ*



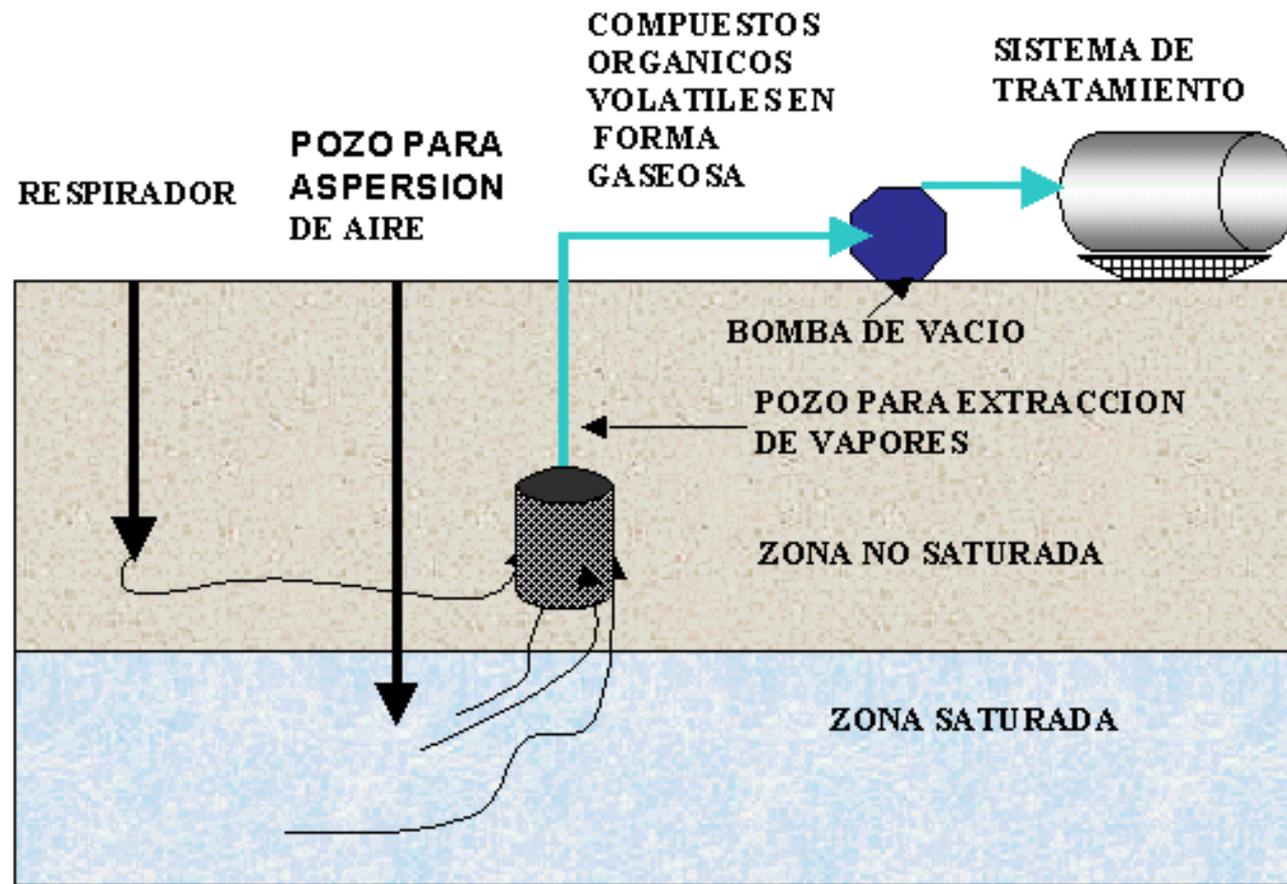
3. TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL



Muros de Tratamiento



3. TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL



Procesos de Extracción *in situ*



4. TÉCNICAS DE CONTROL

Propósito: confinar la contaminación en los medios ya contaminados evitando su dispersión

BARRERAS IMPERMEABLES



4. TÉCNICAS DE CONTROL

Propósito: confinar la contaminación en los medios ya contaminados evitando su dispersión

BARRERAS IMPERMEABLES

PAREDES CON TORTAS FILTRANTES



4. TÉCNICAS DE CONTROL

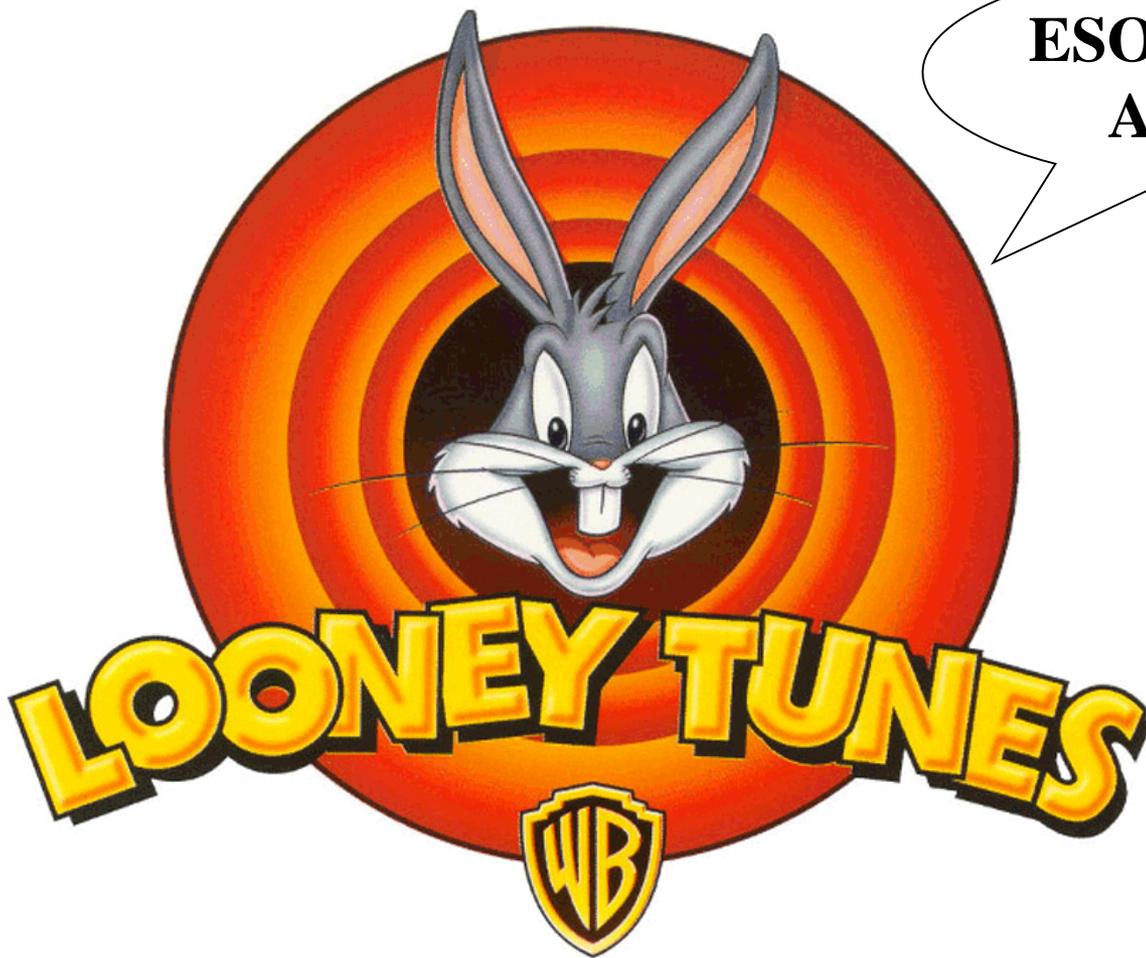
Propósito: confinar la contaminación en los medios ya contaminados evitando su dispersión

BARRERAS IMPERMEABLES

PAREDES CON TORTAS FILTRANTES

PAREDES DE MORTERO

PAREDES METÁLICAS



**ESO ES TODO
AMIGOS**

