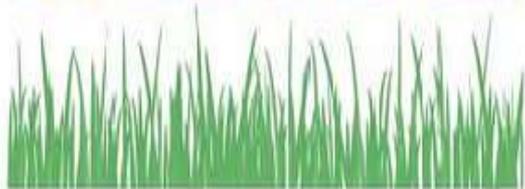




# 1<sup>ER</sup> CONGRESO DE COMPOSTAJE VENEZUELA

GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS  
PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO



V TALLER SOBRE NORMALIZACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE ABONOS  
ORGÁNICOS Y MEJORADORES DE SUELO EN VENEZUELA

# Biorremediación de hidrocarburos y restauración de suelos con residuos y compost.

San Cristóbal, Táchira; 23-25 Octubre 2014

**Carmen Infante.** carmeninfante66@gmail.com.  
Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias.  
Postgrado Geoquímica. Consultor independiente

## CONTENIDO

- Contaminación por hidrocarburos y la remediación
- Qué es la biorremediación?
- Modalidades de aplicación de la biorremediación de hidrocarburos (landfarming, composting, biopilas, entre otras)
- Composting y compost en la biorremediación
- Pruebas de tratabilidad, composteros , seguimiento. Parámetros a medir.
- Aplicaciones en campo. Composting dinámico, con volteo para suelos con hidrocarburos.
- Conclusiones.



# Contaminación por hidrocarburos y la remediación



VENEZUELA

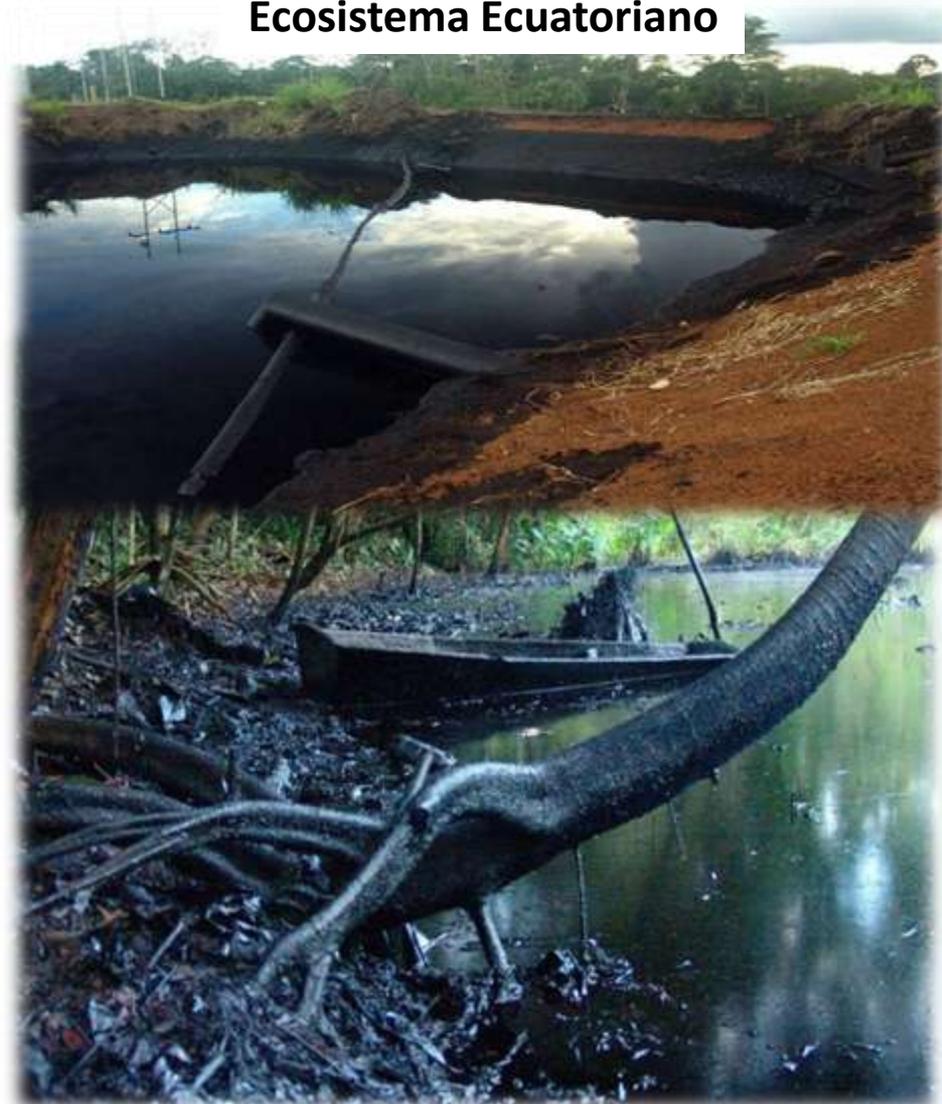
OCCIDENTE



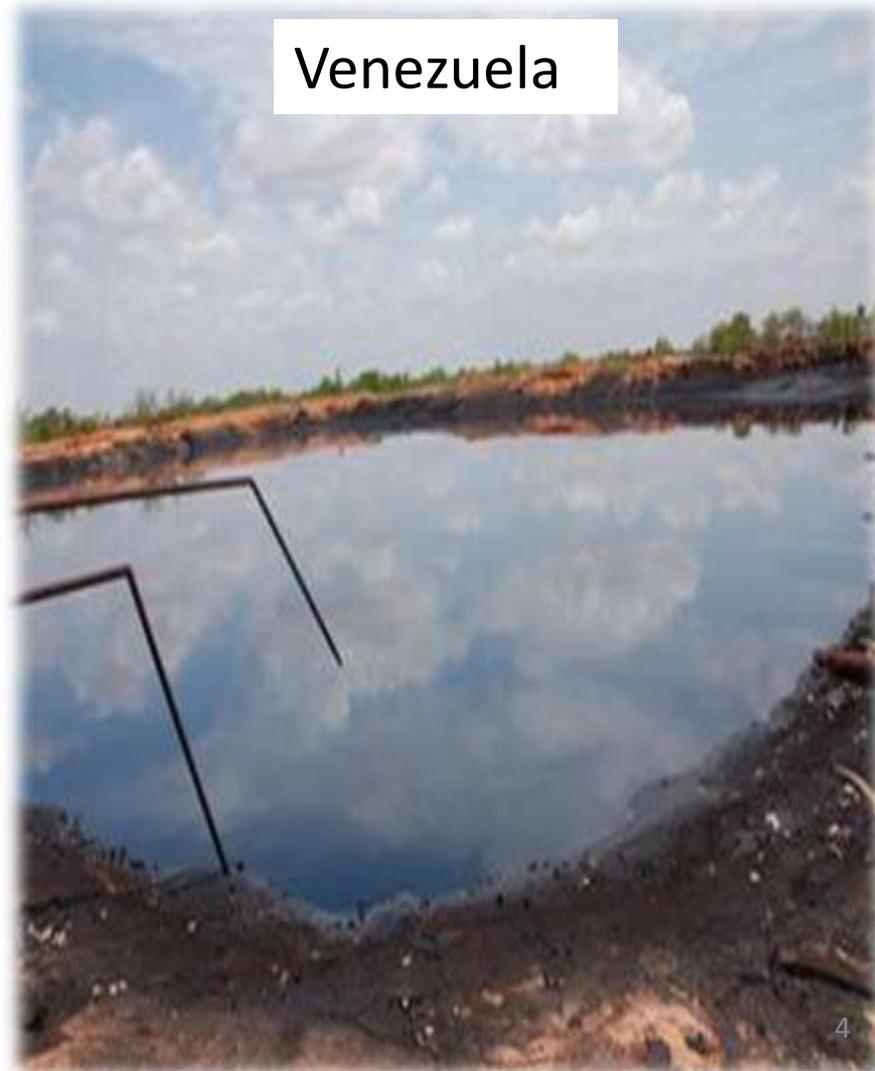
ORIENTE

# Contaminación por hidrocarburos y la remediación

Ecosistema Ecuatoriano



Venezuela



# Contaminación por hidrocarburos y la remediación



**COSTA ARGENTINA**

# Qué es la biorremediación?

Es la aplicación del proceso de biodegradación de compuestos orgánicos tales como el hidrocarburo, donde se estimulan los microorganismos autóctonos o endógenos presentes en el suelo o desecho para que ocurra una transformación a componentes inocuos.

Para ello debe existir una adecuada relación carbono-nutrientes, aireación, acondicionadores orgánicos entre otros.



# BIORREMEDIACION

Tecnología que usa la acción de los microorganismos (bacterias, hongos, levaduras) para transformar compuestos orgánicos en compuestos de menor o ninguna toxicidad,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y biomasa microbiana



# Modalidades de aplicación de la biorremediación de hidrocarburos



Diversos estudios en Venezuela desde 1990, han demostrado que es necesario mejorar-acondicionar el desecho según textura del suelo y concentración del contaminante hidrocarburo, para cualquiera de las modalidades de biorremediación

BIORREMEDIACIÓN "IN SITU"  
O "EX SITU"

LANDFARMING  
COMPOSTING  
BIOPILAS  
Fitorremediación  
(plantas)

COMPOSTAJE O COMPOSTING, EN  
LA MAYORÍA DE LOS CASOS

## MODALIDADES DE LA BIORREMEDIACIÓN

**LANDFARMING:** Biodegradación en los primeros 30 cm. del suelo, donde se encuentra el contaminante. Aireado y mezclado con tractor agrícola



COMPOST



**COMPOSTING:** Pilas del desecho de hasta 3 m altura, acondicionado con biomasa vegetal y/o animal con el objetivo de dar estructura, porosidad al desecho facilitando la biodegradación.



COMPOST



COMPOST

**BIOPILAS.** desechos acondicionadas con materiales orgánicos o inorgánicos que mejoren la difusión de oxígeno suministrado por aireadores compresores. La pila permanece estática a diferencia del composting.



COMPOST

## MODALIDADES DE LA BIORREMEDIACIÓN

**REACTORES:** Biodegradación en tanques diseñados para tal fin, en donde se forma una suspensión o slurry, con sistemas de agitación y controladores de difusión de oxígeno.



**FITOREMEDIACIÓN:** Uso de plantas con capacidad de fitoextraer, fitovolatilizar, fitotransformar o biodegradación a nivel de la rizosfera.



Material de un compostaje como acondicionador



# Composting y compost en la biorremediación

Se incorporan **AGENTES ESTRUCTURANTES** (ASERRIN, HOJARASCA, ESTIERCOL, MALEZA, ETC)

**COMPOST MADURO, DE CUALQUIER RESIDUO PARA LA BIORREMEDIACIÓN**

**COMPOSTING**  
UNA MODALIDAD DE BIORREMEDIACIÓN PARA DISMINUIR CONTAMINANTES DE DIFERENTE NALURALEZA :Pesticidas, Explosivos,Clorofenoles,Hidrocarburos (aromaticos, PHA).

**MATERIAL ACONDICIONADOR O COMPOST**

Restauración de suelos

Proporciona estructura, porosidad, sustrato o matriz solida para adecuado contacto microorganismo-contaminante, fuente de nutrientes y microorganismos,

# USO DE CACHAZA Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS EN SUELO CONTAMINADO Veracruz, México

## CARACTERIZACIÓN DEL SUELO, CACHAZA Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

<b>Parámetros</b>	<b>Suelo</b>	<b>Cachaza</b>	<b>Bagazo</b>
pH	4.7	8.2	5.8
Clase textural	Migajón arenosa		
Humedad a capacidad de campo (%)	30		
Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )	1.17		
Materia orgánica (%)	1.36	93.43	97.4
Carbono (%)	0.79	54.32	56.68
Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> )	0.71	44.9	5.22
Nitrógeno total (%)	0.05	0.79	0.23
HTP (mg kg <sup>-1</sup> suelo seco)	14 300 ± 28.5	ND	ND
HAP (mg kg <sup>-1</sup> suelo seco)	23.14 ± 0.25	ND	ND

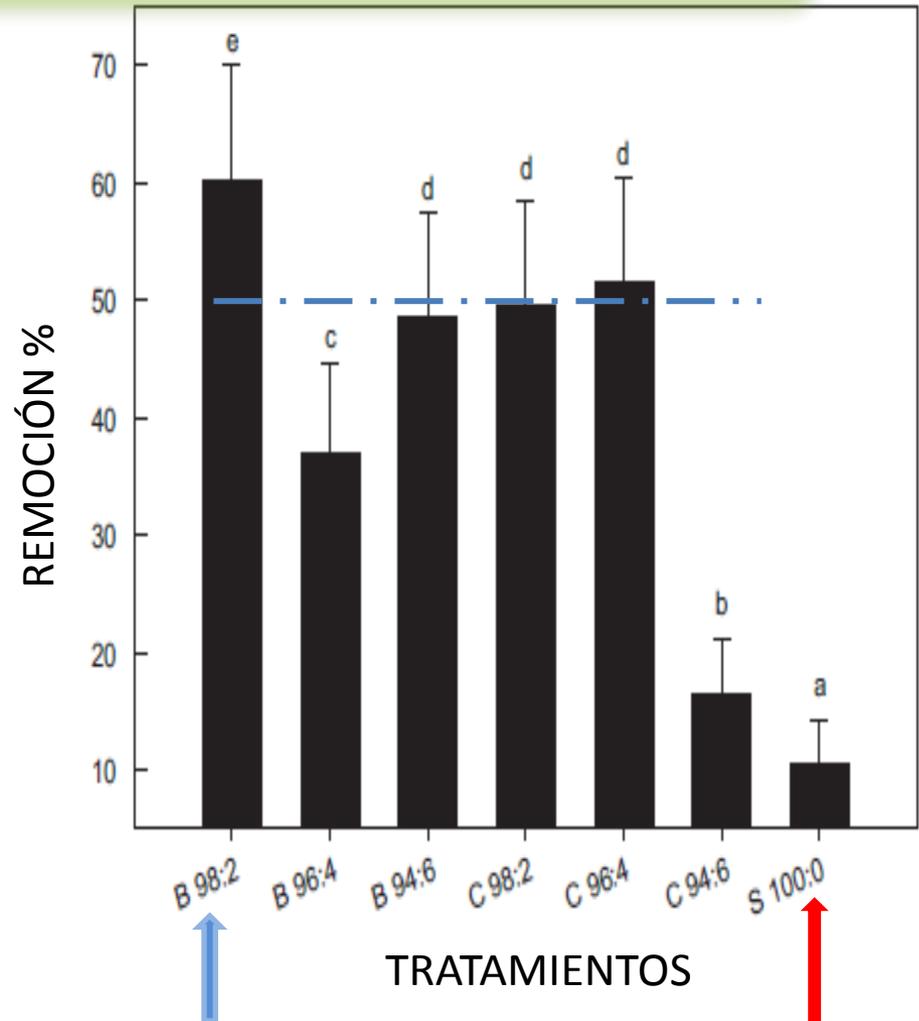
ND = no determinado, ± = desviación estándar. Para el caso de HTP y HAP se indica el valor promedio.

Tomado de: GARCÍA-TORRES R, E RIOS-LEAL, Á MARTÍNEZ-TOLEDO, F RAMOS-MORALES, J CRUZ-SANCHEZ y M del C CUEVAS-DÍAZ. 2011

# USO DE CACHAZA Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS EN SUELO CONTAMINADO Veracruz, México

La escasa remoción para el suelo sin residuos indica que tanto el bagazo como la cachaza contribuyen a la remoción de hidrocarburos del suelo contaminado.

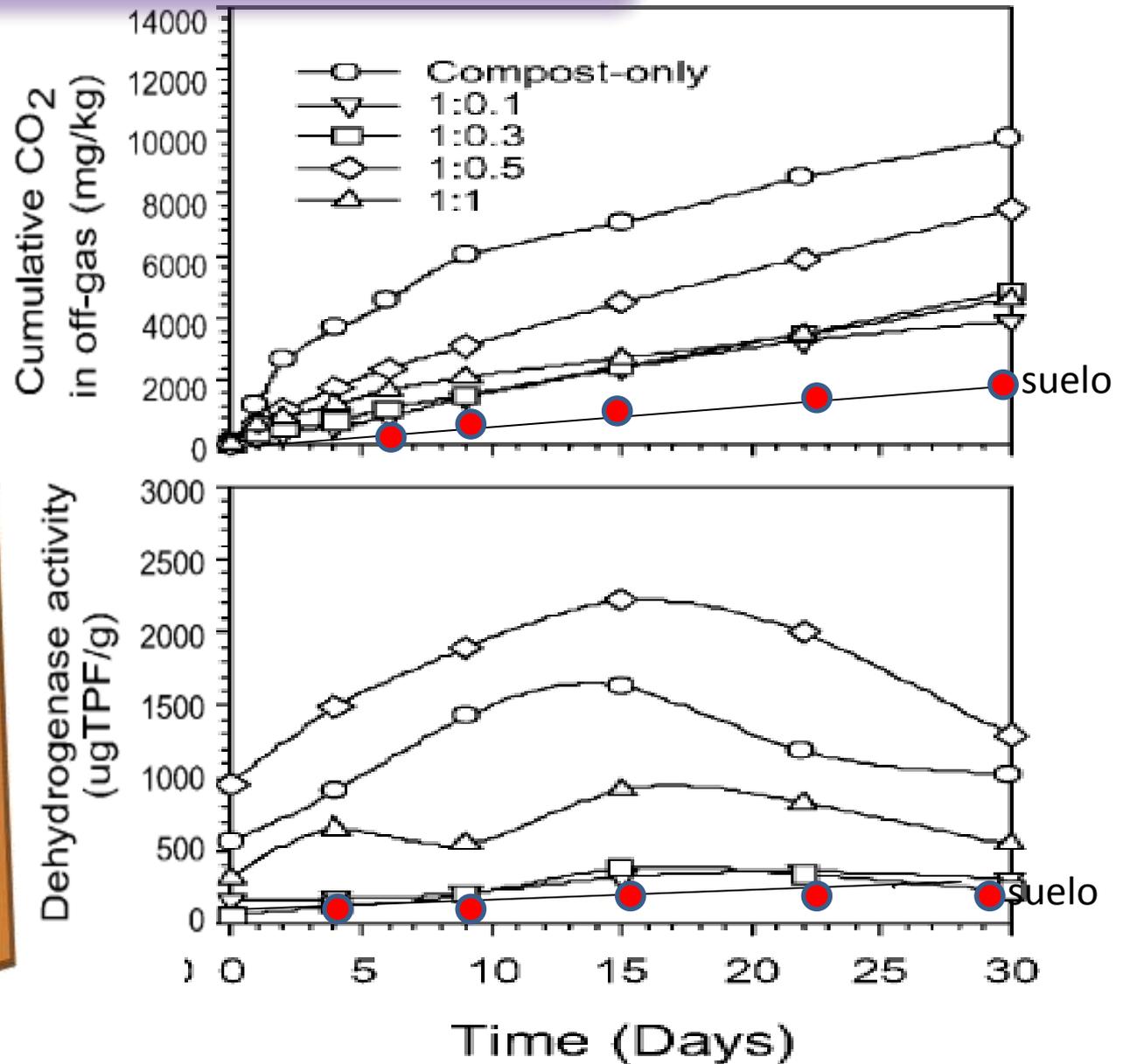
Tanto el bagazo, como la cachaza presentaron efecto similar en la degradación del petróleo, siendo el residuo orgánico seleccionado (cachaza) el idóneo para su aplicación en la remediación del suelo debido a su disponibilidad de 2.5 toneladas por 100 toneladas de caña.



Tomado de: GARCÍA-TORRES R, E RIOS-LEAL, Á MARTÍNEZ-TOLEDO, F RAMOS-MORALES, J CRUZ-SANCHEZ y M del C CUEVAS-DÍAZ. 2011

# Uso de compost para biorremediación

Mejora de actividad enzimática, deshidrogenasa y producción de CO<sub>2</sub> por adición de un compost de residuos de plantas a suelos contaminados con hidrocarburos



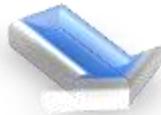
# Pruebas de tratabilidad. Composteros

- Cuantificación del crudo de la muestra de interés, y se mezcla con suelo no contaminado y/o mejoradores orgánicos hasta obtener una mezcla de 10% TPH m/m.
- La cantidad de acondicionadores según la textura de suelo
- Se airea dos-cuatro veces por semana con rastrillo manualmente, y se controla la humedad (50-70 % CC).
- Se toman las muestras para análisis crudo, y otros a los 0, 15, 30, 45, 60, 90 días y 120 días



## ASPECTO A CONSIDERAR EN LOS COMPOSTEROS PARA LA BIORREMEDIACIÓN

1. Cumplimiento de los criterios de limpieza según normativa en el menor tiempo y al mas bajo costo.



Decreto 2635, 1998

- Conocer volatilización e infiltración. Para ello los Composteros son cerrados en su base y la incorporación de los agentes estructurantes ayudan a retener el contaminante
- La volatilización se mide en composteros donde la actividad biológica ha sido eliminada con un biocida
- En todos los composteros se mide la producción de  $\text{CO}_2$  como un indicador indirecto de la biodegradación del hidrocarburo.
- Cuantificación de la toxicidad en el material resultante.

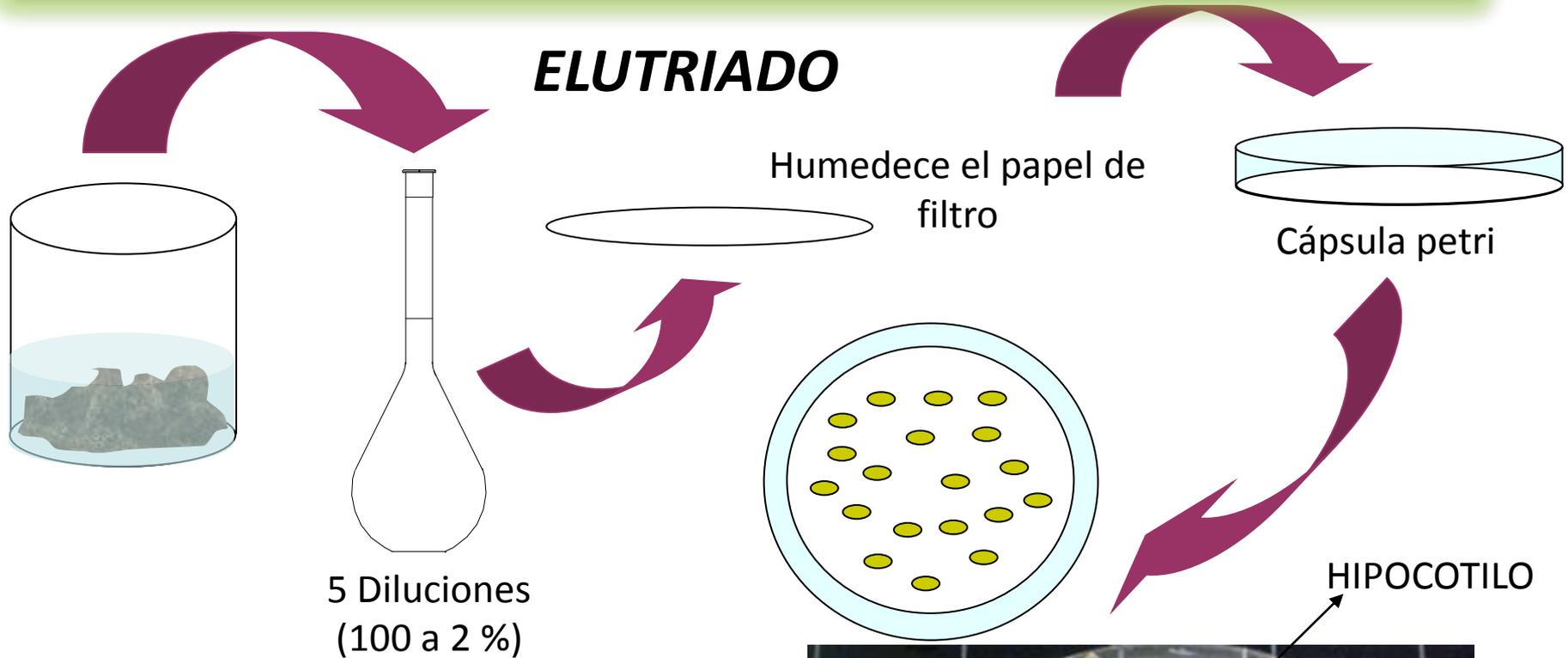
# Niveles de Remediación en Venezuela

Decreto 2635. ARTICULOS 50 Y 49

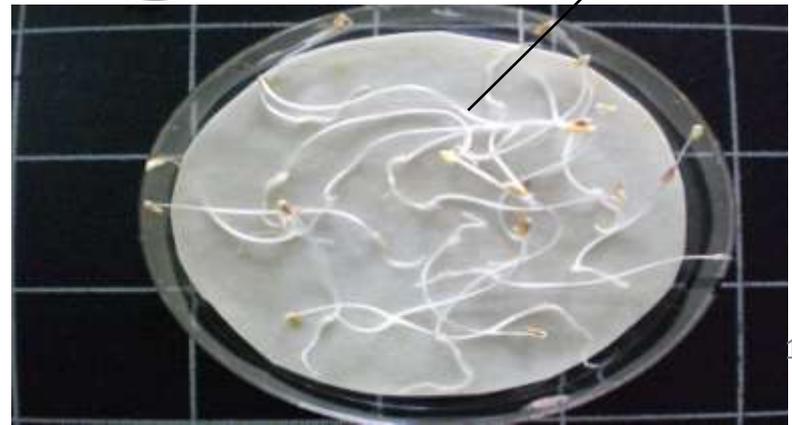
Parámetros	Concentraciones máximas permisibles	
	Superficie	Confinado
pH	5 - 8	6-9
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	< 3,5	< 12
Cloruros totales (ppm)	< 2.500	na
Relación de adsorción de Sodio (RAS)	< 8	< 12
Aluminio intercambiable (meq/100 g)	< 1,5	na
Saturación con bases (%)	> 80	na
<b>Aceites y grasas (% en peso)</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 3</b>
Arsénico mg/kg	25	40
Bario mg/kg	20.000	40.000

# Evaluación de la toxicidad del material resultante del proceso de biorremediación.

## ELUTRIADO



*Norma de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA 600-3-88-029)*



# Adsorbentes de hidrocarburos en derrames.

## Materiales Orgánicos

COMPOST,  
Tierra



### Particulado

Adecuado para lugares de difícil acceso, formato particulado se aplica esparcido por el suelo, formando parte de embalaje o en procesos de filtrado de aceites para separarlos del agua. Es muy fácil de recoger y no crea polvo.



Combinación o no de Turba, Humus de suelo, Aserrín, **COMPOST** Cáscara de arroz Residuos de la industria del tabaco. Cáscara de algodón

Algunos de estos materiales pueden tener un poder calorífico alto (3.888 kcal/Kg) ideal para incineración

INORGANICOS

## APLICACIONES EN CAMPO: DESECHO ACONDICIONADO PARA COMPOSTAJE



**Acondicionadores**



## APLICACIONES EN CAMPO: COMPOSTAJE DE SUELOS CON HIDROCARBUROS

Desecho acondicionado con biomasa vegetal y/o animal entre 2 -20 % v/v, dependiendo de la textura del suelo, concentración del hidrocarburo en el suelo, humedad entre otros.

Se agrega fertilizante nitrogenado y a base de fósforo hasta obtener relación C/N y C/P, entre 100-150 y 800-900 respectivamente.

Se apila el desecho acondicionado y fertilizado hasta 2-3 m de altura y luego es removido con maquinaria de un camellón a otro para airear. El ancho y largo es en función del volumen a manejar y altura seleccionada



# COMPOSTAJE DE SUELOS CONTAMINADOS CON DIESEL.1100 m<sup>3</sup>



Contenido A y G, 90.000 ppm (inicial), final <10.000 ppm. Cumplimiento Art 50 , no toxico

Tomado de Infante, 1997.

## Aplicaciones en campo, suelos contaminados con hidrocarburos

Suelo m <sup>3</sup>	Concentración inicial mg/kg	Tiempo días	Concentración final mg/kg	Remoción %
100	20000	104	10.000	50
500	40000	450	12.000	70
250	48000	180	8.000	83



# CONCLUSIONES

- ❖ El compostaje abierto, con volteo, es la modalidad mas usada en la biorremediación de suelos y otros desechos contaminados con hidrocarburos.
- ❖ En el compostaje para desechos con hidrocarburos, es necesario el uso de agentes acondicionantes o estructurantes , que pueden ser (residuos agroindustriales) o compost.
- ❖ Como resultado del compostaje de desechos contaminados con hidrocarburos se obtiene un material que en algunos resulta en un compost o enmienda para suelos o un material que aunque no tenga la calidad de abono, sirve como reparador de suelos erosionados, mejorador de propiedades físicas de un suelo, o como un material adsorbente en caso derrames en tierra.

A close-up photograph of a golden retriever dog lying down. The dog's head is resting on a person's hand, which is visible in the lower-left corner. The dog's eyes are closed, and it appears to be resting or sleeping. The background is slightly blurred, showing a carpeted floor and a dark object, possibly a chair or table leg.

**Enséñame que  
perdonar es un  
signo de grandeza y  
la venganza una  
señal de bajeza**

**Mayo 2002-Julio 2014**

**Si les he motivado, si les he  
aportado, he cumplido mi  
meta  
carmeninfante66@gmail.com**