

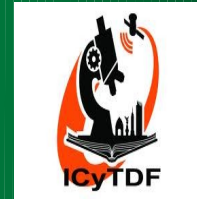
Integración y participación

Desarrollo sustentable

La ciencia y la tecnología son  
herramientas para el desarrollo  
sustentable

El desarrollo de la  
ciencia y la tecnología

El desarrollo de la  
ciencia y la tecnología



*3-7 Septiembre 2012*

# La Biorremediación Disciplina sustentable en el cuidado del medio ambiente

Refugio Rodríguez Vázquez

# ¿Cuál medio ambiente hay que cuidar?



# ¿CÓMO HAY QUE CUIDAR EL MEDIO AMBIENTE?



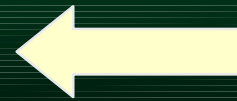
**¡Alto!**  
Si las t  
Contam

Las pilas usadas no se deben tirar  
Son residuos tóxicos que contamina  
deposítalas en contenedores espe  
las envíe a un confinam

© | Nº 387305 | www.photaki.com



¡HAY QUE LLEVAR AL MEDIO AMBIENTE AL  
LABORATORIO PARA ENTENDERLO Y SABERLO  
CUIDAR!



O QUIZÁS HAYA QUE LLEVAR LA  
EDUCACIÓN AL MEDIO AMBIENTE... A LA  
COMUNIDAD EXPUESTA





# TALLER : LIMPIEZA DE SUELO

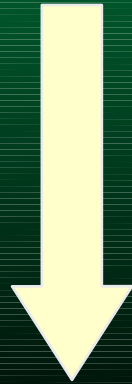
LA COMUNIDAD "LA CIGÜEÑA" Tapachula, Chiapas



## COMUNIDAD "LA VICTORIA"



En cualquier caso hay que estudiar los principios  
físicos, químicos y biológicos que rigen el  
comportamiento de la naturaleza para poder  
**CUIDARLA**



**ESTUDIAR CIENCIAS  
PRACTICAR DISCIPLINAS Y  
SER PROFESIONAL**



# SUSTENTABILIDAD

Sustentable: que se puede sostener y mantener vigente por su:

- ▼ Eficiencia (\$) )
- ▼ Beneficio social (😊) y
- ▼ Compromiso con el cuidado del medio ambiente (🌸)



# NECESIDAD DE PROCESOS SUSTENTABLES PARA CUIDAR EL AIRE:

- Evitar la emisión de sustancias tóxicas a la atmósfera



- Diseñar dispositivos, (ej. filtros) para minimizar las emisiones de partículas microscópicas al ambiente
- Desarrollar procesos de transformación para minimizar las emisiones a la atmósfera
- Cuidar la salud del aire en las grandes ciudades

# NECESIDAD DE PROCESOS SUSTENTABLES PARA CUIDAR EL SUELO:



Teckchem, Salamanca



Biorremediación de suelo agrícola,  
Tlaxcala



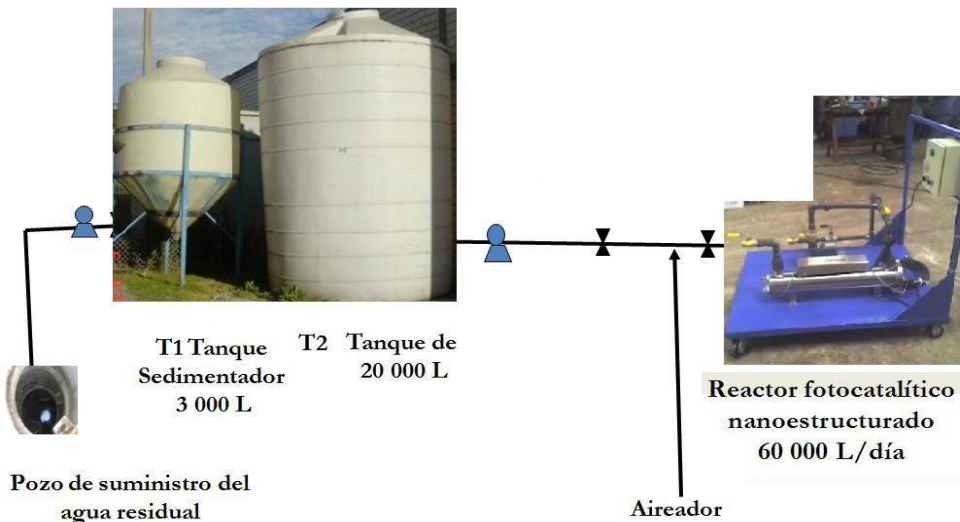
- Evitar la disposición de residuos sólidos tóxicos o peligrosos en terrenos a cielo abierto
- Tratar sitios contaminados para recuperar la calidad del suelo
- Desarrollar procesos de transformación donde se minimicen los residuos sólidos
- Cuidar la salud del suelo

# NECESIDAD DE PROCESOS SUSTENTABLES PARA CUIDAR EL AGUA:



Evitar descargar el agua contaminada al mar, ríos, lagos y lagunas

## Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales



Desarrollar procesos de transformación para minimizar el consumo de agua

Reducir el consumo de agua potable

Tratar el agua residual para reusarla y evitar desperdiciarla

# LA BIORREMEDIACIÓN PRINCIPIOS Y BASES CIENTÍFICAS



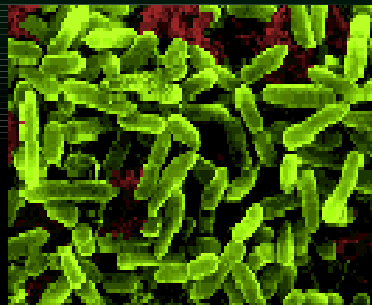


# BIORREMEDIACIÓN

ES UN PROCESO QUE  
EMPLEA ENTIDADES  
BIOLÓGICAS PARA LA  
ELIMINACIÓN DE  
CONTAMINANTES



Hongos



Bacterias

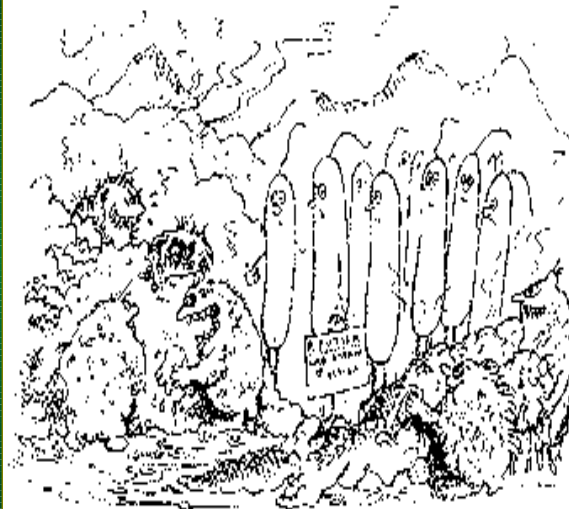


Vegetales



Lombrices





"Oh dear! I didn't realize 'in the field' would be like this!  
We should have stayed in the laboratory."



## BIOESTIMULACIÓN

- Consiste en una modificación ambiental capaz de suprimir algún factor limitante del crecimiento microbiano y el metabolismo de degradación del contaminante.



# COMPONENTES ESCENCIALES EN LA BIORREMEDIACIÓN

**Sustrato (contaminante)**

**Biodegradabilidad**

**Biodisponibilidad**

**Microorganismos**

**Ambiente**

**Requerimientos fisiológicos**



## FACTORES CONSIDERADOS EN LA BIOESTIMULACION

- Fuentes potenciales de carbono y energía
- Disponibilidad de aceptores de electrones
- Presencia de actividad microbiana
- Disponibilidad de nutrientes
- Biodegradabilidad del contaminante
- Características geológicas y químicas del sitio
- Otros factores ambientales (pH, temperatura, contenido de humedad)



# NUTRIENTES

Fuente de  
nitrógeno

Fuente de  
fósforo

Elementos  
traza



Ortofosfato  
de Na y K



*EPA, 1985*





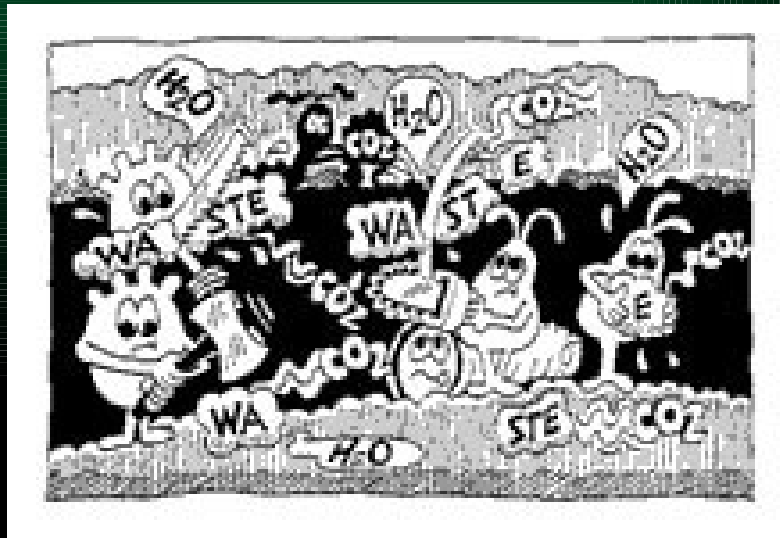
# IMPORTANCIA DEL O<sub>2</sub> EN LA DEGRADACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

- Es requerido para la respiración y procesos aeróbicos de los microorganismos del suelo.
- La oxigenación es el paso inicial en la degradación de compuestos orgánicos usando para ello el complejo enzimático.



## BIOAUMENTACIÓN

- Es el proceso de adición de microorganismos.



# BACTERIAS QUE DEGRADAN COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES (COPs)

*Acinetobacter*

*Alcaligenes*

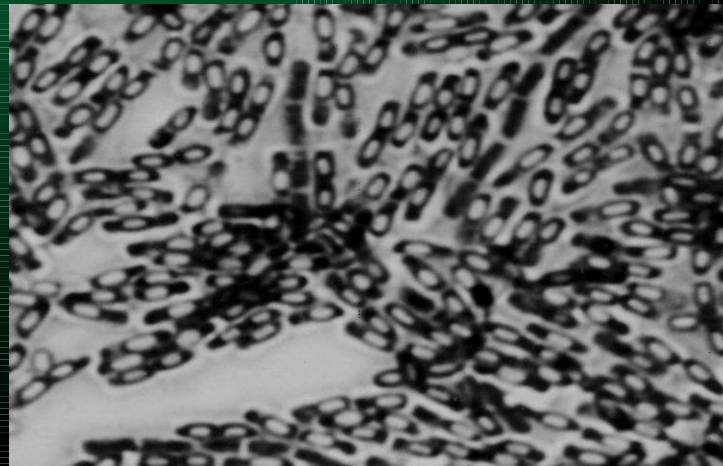
*Rhodococcus*

*Mycobacterium*

*Sphingomonas*

*Pseudomonas*

*Bacillus*



# HONGOS Ligninolíticos (pudrición blanca)

*Bjerkandera adusta*

*Coriolus versicolor*

*Coriolopsis Polyzona*

*Dichomitus squalens*

*Favolus arcularis*

*Fomes lignosus*

*Flammulina velupites*

*Ganoderma Valesiacum*

*Grifola fondosa*

*Phanerochaete chrysosporium*

*Trametes versicolor*

*Pleurotus ostreatus*

*Lentinus edodes*



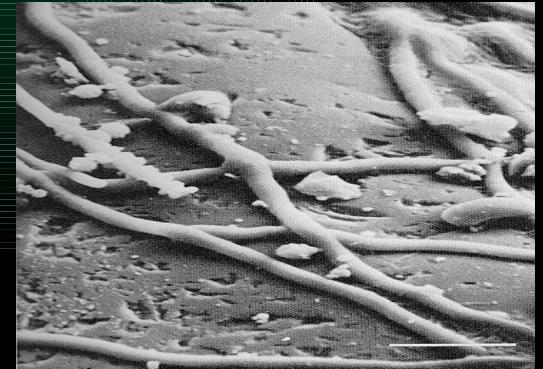
Kirk, 1980; Enoki y col, 1988, Kantelinen y col, 1988; Nerud y col, 1991, Reddy 1999.

# CARACTERÍSTICAS DE LOS HONGOS LIGNINOLÍTICOS



- Se desarrollan sobre residuos lignocelulósicos.
- No tienen efecto nocivo al humano

- Degradan una amplia gama de compuestos tóxicos orgánicos
- Producen enzimas extracelulares

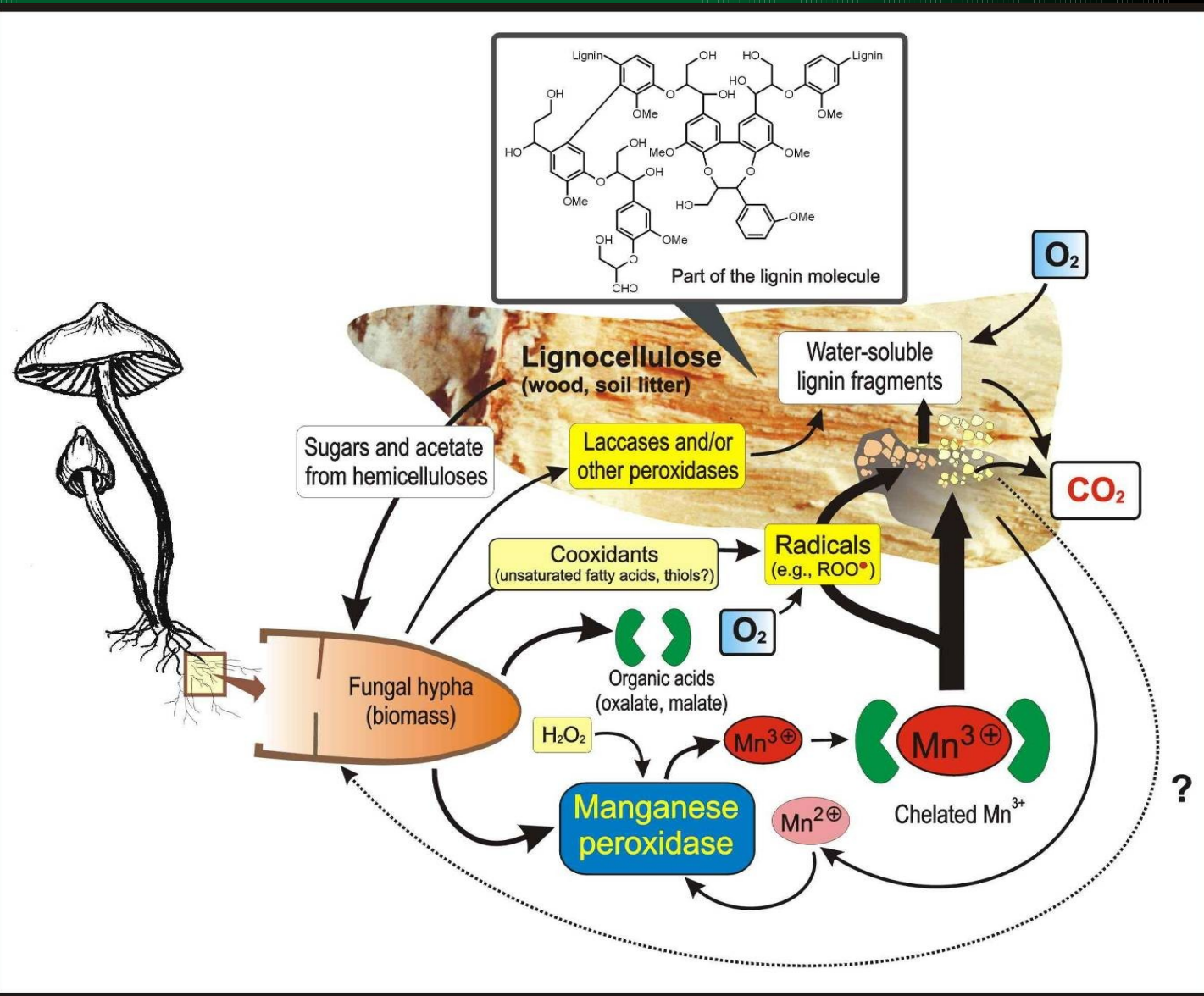


*Cruz et al., 1999.*

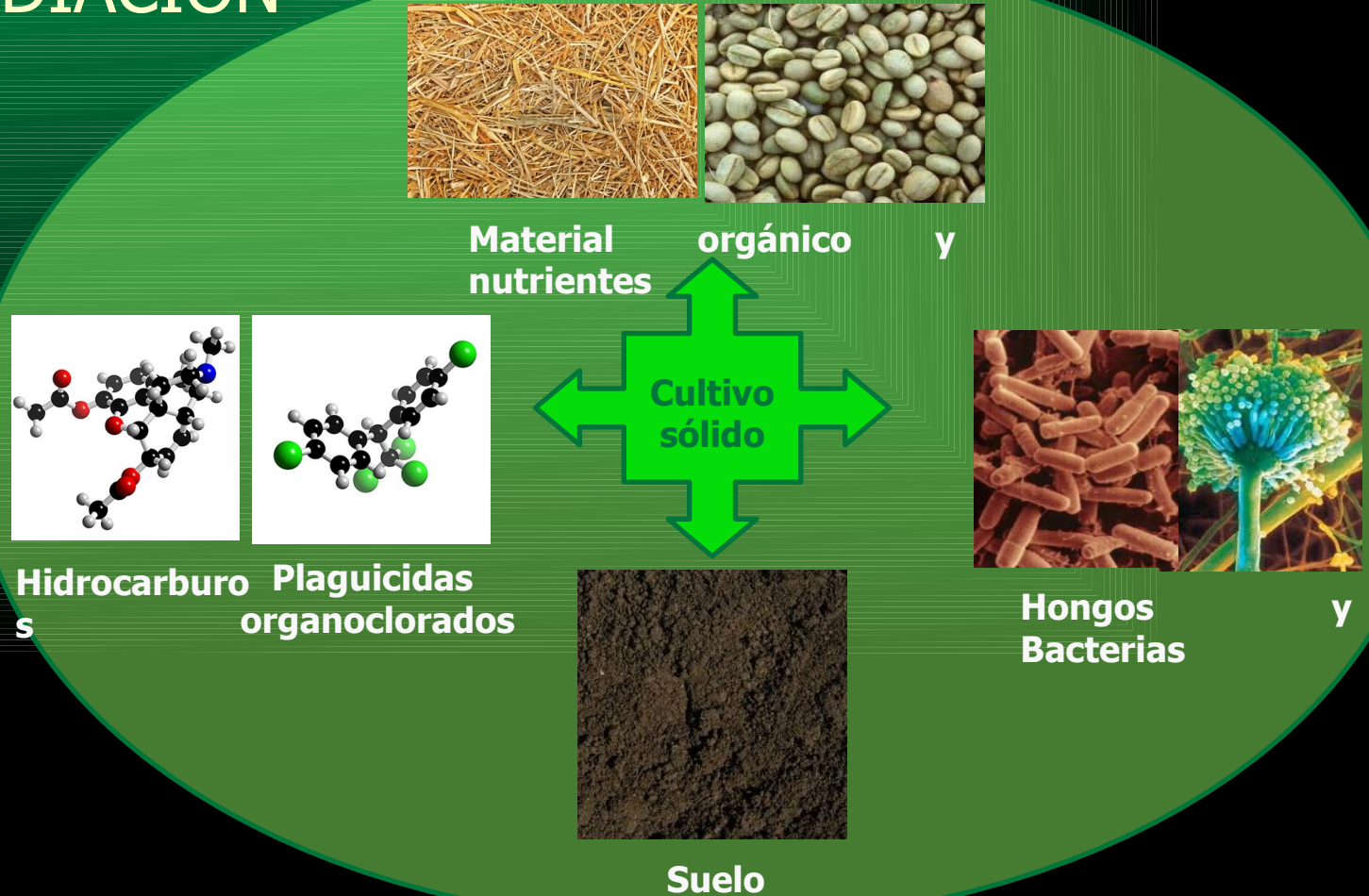


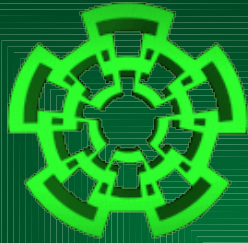


# ENZIMAS INVOLUCRADAS EN LA DEGRADACIÓN DE COPs



# APLICACIONES DE LA BIORREMEDIACIÓN





**CINVESTAV-IPN**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN  
MÉXICO D.F., MÉXICO.

# BIORREMEDIACIÓN POR CULTIVO SÓLIDO *On site*, CON ADICIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS

(Patente Mexicana No. 291975)



# ruta crítica para la aplicación de la tecnología



## TRATAMIENTO DE SUELOS EN BIOPILAS

- Conocidas como bioceldas o biopilas de composteo
- Las biopilas son apropiadas para la descontaminación de suelos, que contienen bajas cantidades (10 %) de contaminantes
- Se adicionan residuos lignocelulósicos o residuos agroindustriales





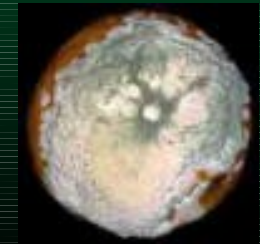
# RESIDUOS AGROINDUSTRIALES



-Aserrín de pino (Dzul-Puc *et al.*, 2005)



-Bagazo de caña (Pérez-Armendáriz *et al.*, 2005, Chávez-Gómez *et al.* 2003; Rodríguez-Vázquez *et al.*, 1999)



-Cáscara de naranja (Cuevas-Díaz 2004; Veyna Castañeda, 2003)

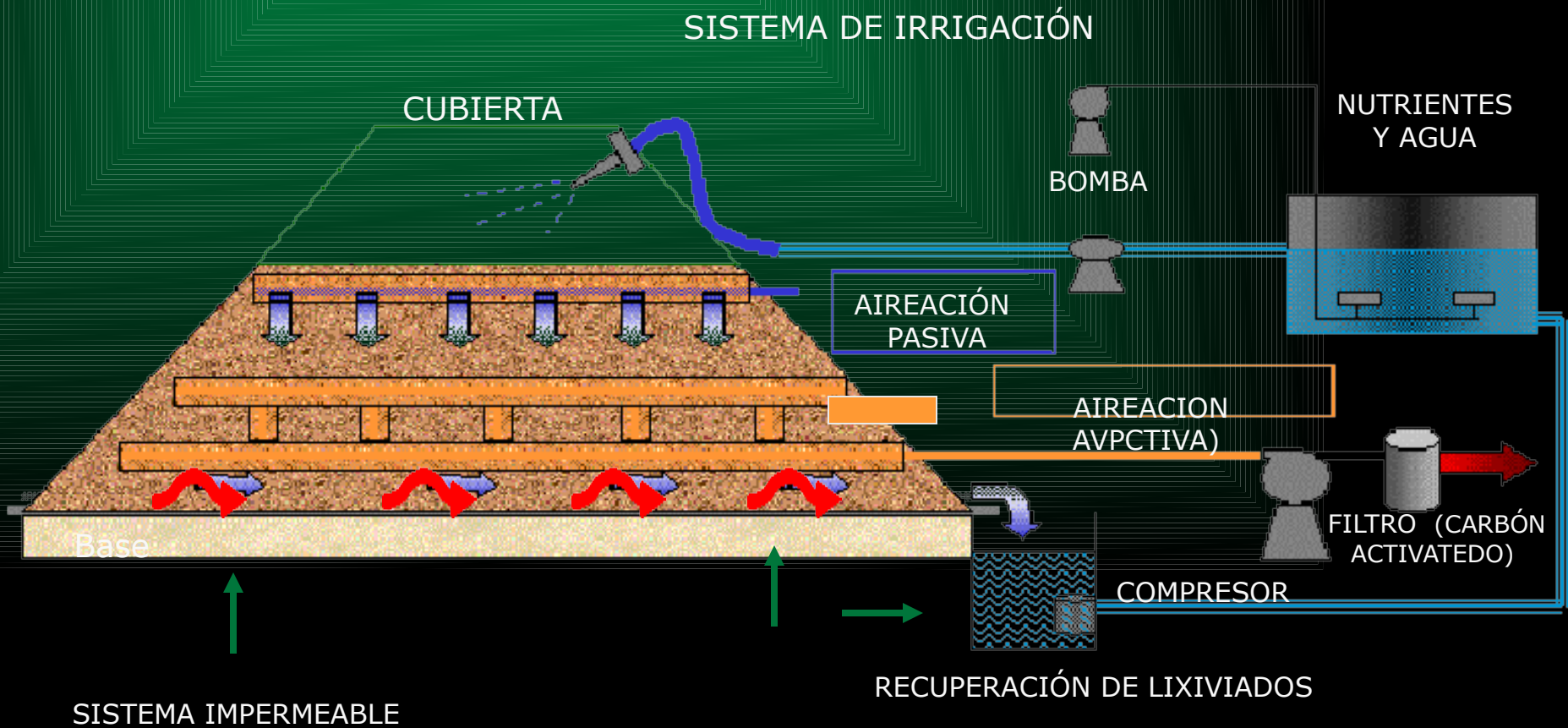


-Maíz (Molina Barahona *et al.*, 2005)



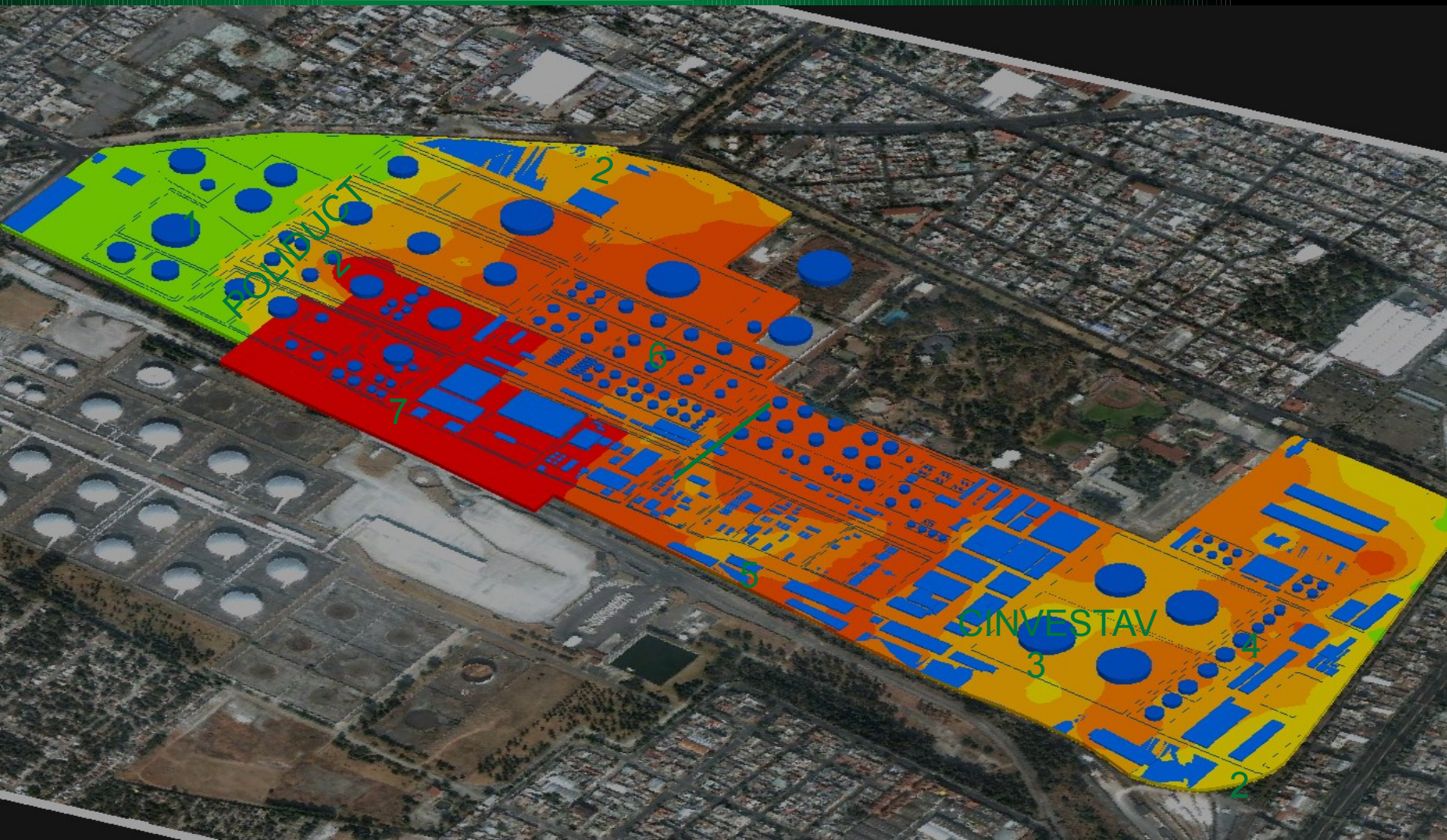
-Paja de trigo (Molina Barahona *et al.*, 2005)

# BIOPILA

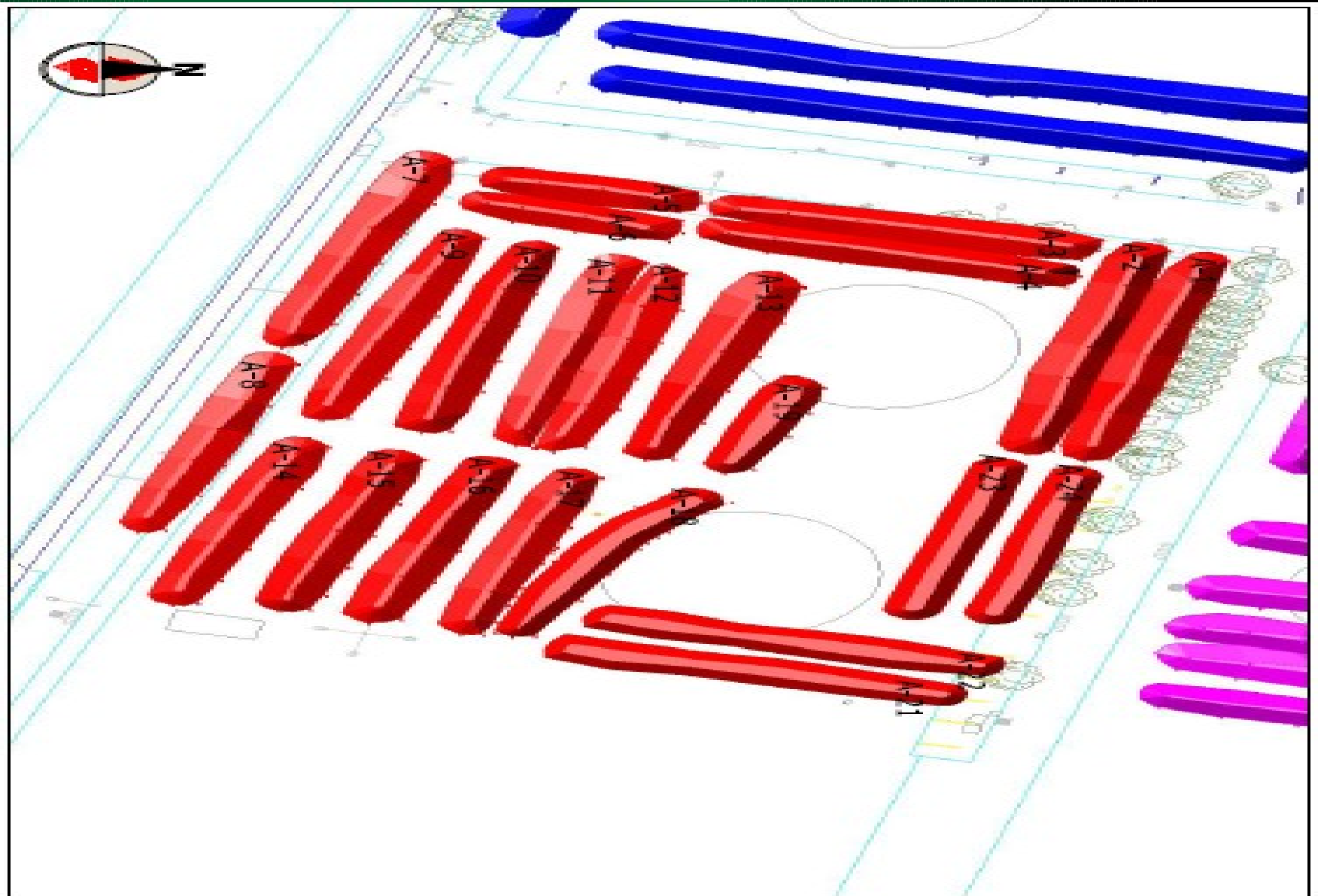




# BIORREMEDIACIÓN DE 35 000 M3 DE SUELO CONTAMINADO CON HIDROCARBUROS DE UNA EX/REFINERÍA



## Zona "A" (23 BIOPILAS)





# MEZCLADO DE LOS COMPONENTES: SUELO, NUTRIENTES, MATERIAL ORGÁNICO



Adición de nutrientes , paja y grano de



## ADICIÓN DE AGUA



Control de humedad



# VISTA DE LAS BIOPILAS DESPUÉS DE SEIS SEMANAS





# NIVELES ALCANZADOS DE HIDROCARBUROS

6ULTIVOsoLIDOICYTDF [Modo de compatibilidad] - Microsoft PowerPoint

Inicio Insertar Diseño Animaciones Presentación con diapositivas Revisar Vista

Pegar Nueva diapositiva Eliminar Portapa...

Fuente Párrafo Dibujo

Personalizar animación

Agregar efecto Quitar

Modificar efecto

Inicio: Propiedad: Velocidad:

Seleccione un elemento de la diapositiva y haga clic en "Agregar efecto" para agregar animación.

Reordenar

Reproducir Presentación

Vista previa automática

Haga clic para agregar notas

Diapositiva 12 de 14 "Presentación en blanco" Español (México)

Inicio 5 Microsoft Office P... edelson - Microsoft ... 3 Firefox Intel(R) PROSet/Wire... Disco extraíble (F:) Búsqueda en el escritorio 70% 12:47 p.m.

## NIVELES ALCANZADOS DE HIDROCARBUROS

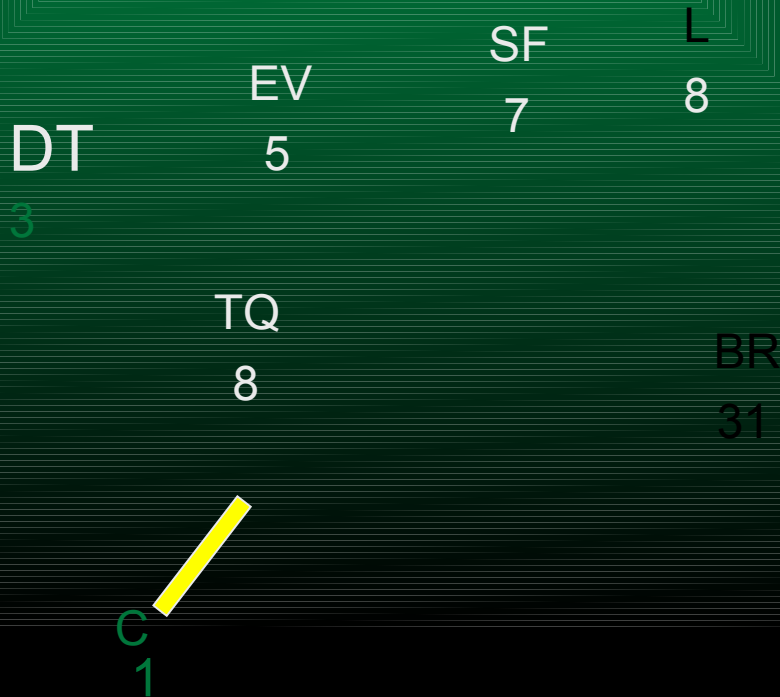
Haga clic para agregar título

TIEMPO (SEMANAS)

6 8-20

Hidrocarburo (fracciones)	Evaluación de Riesgo		NOM 138-SS-SEMARNAT
	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)
C5- C10 (LHF)	600	400	200
C10- C28 (MHF)	3000	1800	1200
C18-C28 (HHF)	6000	-	3500

# TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN APLICADAS EN MÉXICO



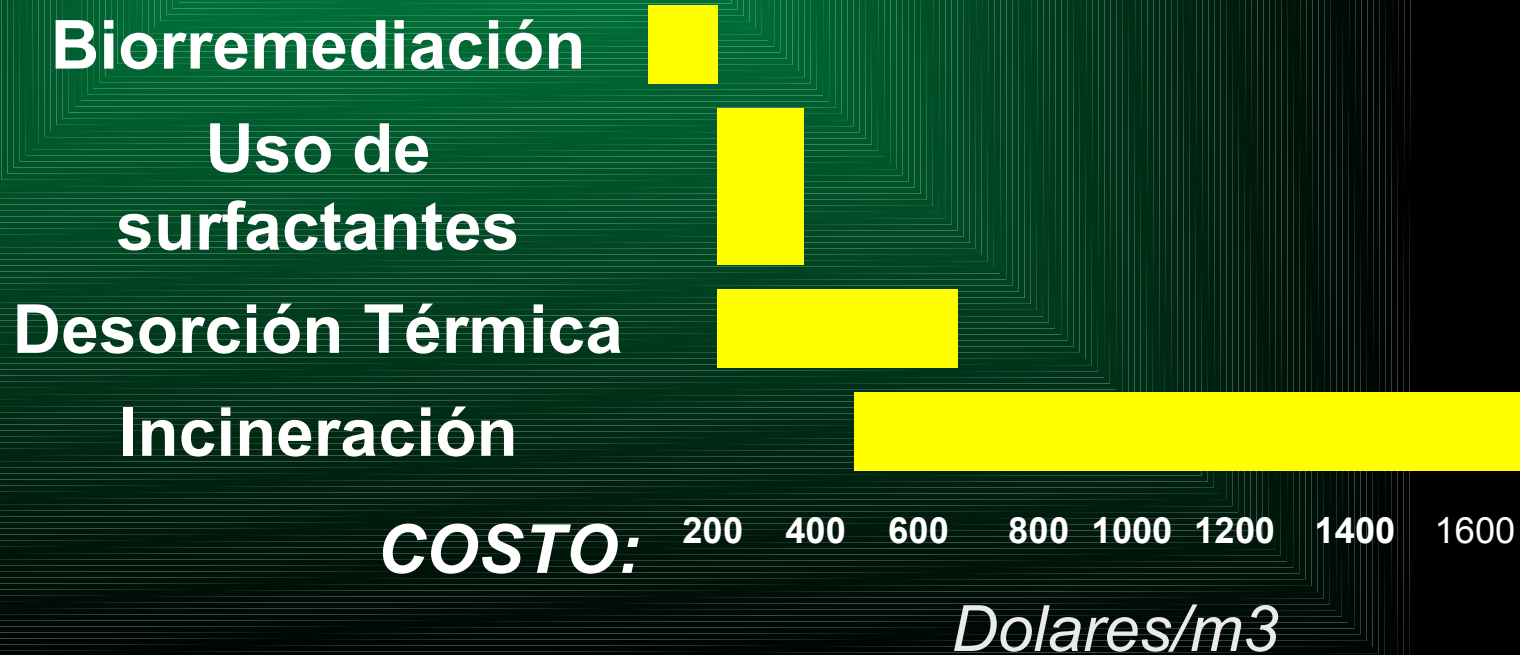
87.5 % es *In -situ*  
Y el resto *Ex -situ*

BR: biorremediación; L: lavado; SF: separación física; EV: extracción de vapores; DT: desorción térmica; TQ: tto. químico; C: centrifugación.

(SEMARNAT, 2002; Volke y Velasco, 2002)



# COSTO DE LAS TECNOLOGÍAS PARA TRATAMIENTO DE SUELO



# REFLEXIONES Y PERSPECTIVAS



**Un proceso sustentable es aquel que es eficiente, representa un beneficio social y cumple con la reglamentación ambiental**

**Para desarrollar procesos sustentables es necesario investigar disciplinadamente y realizar mediciones confiables**

**La responsabilidad de cuidar el medio ambiente es de todos.**





**[rrodrig@cinvestav,mx](mailto:rrodrig@cinvestav.mx)**

La Biorremediación es una disciplina  
amigable con el medio ambiente.