




- Los griegos toman esta palabra y la consideran *"la madre de todas las sustancias"*.

"khemia" la cual deriva en alquimia y posteriormente en química.




Definición de suelo

En una forma general:

"la delgada capa de material no consolidado, compuesta de materiales orgánicos e inorgánicos, en forma frecuente, biológicamente activa y que cubre la mayor parte de la superficie terrestre" (Singer y Munns, 2003).

Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
30 de mayo al 22 de agosto de 2009.





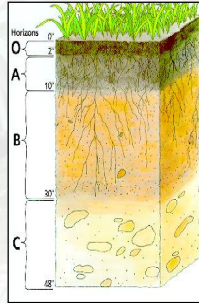


Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
2011.



El suelo es un cuerpo natural de sólidos (fragmentos o partículas sólidas orgánicas e inorgánicas), agua y gases.

El suelo está constituido de horizontes o capas, en las cuales, se desarrollan las raíces de las plantas



Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS





.....y se generan las condiciones para la existencia de innumerables organismos.



Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS



Factores de formación de suelos:

Clima

Material parental

Organismos

Relieve

Tiempo

Actividad humana

Tab. 1: Overview of Soil-forming Factors and Soil Development Processes (after Lieberoth 1982)

Soil-forming factors		Soil development processes
parent material	solid rock loose rock	physical weathering chemical weathering
climate	temperature water wind	humus formation mineralizing carbonate leaching (washouts)
surface formation	surface forms slope incline exposure	clay muddying podzolization gleying
vegetation	soil vegetation shrub vegetation tree vegetation	nutrient transport erosion accumulation
soil fauna		bio- and techno TURBATION
micro fauna		
human interventions	material loss (e.g. crop harvest) melioration material input (e.g. fertilizer, pollutants)	

Los factores de formación afectan a los procesos de formación de suelo....

Adiciones, translocaciones, remosiones y transformaciones



Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre. 2011

El suelo es la base del Ecosistema

Los sistemas vivos que se desarrollan sobre y bajo la superficie terrestre están determinados por las propiedades del suelo



El suelo es un sistema vivo multifuncional

Regulación y
partición del
flujo de agua
y solutos



Pulso de tinción azul brillante
para la visualización de la
distribución del flujo de agua en
monolitos de suelo.

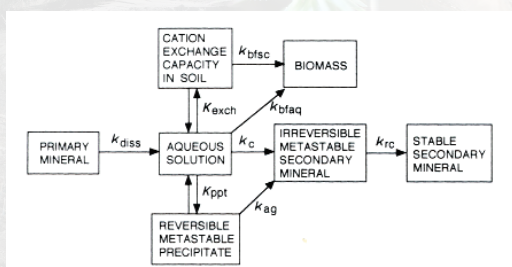
El suelo es un sistema vivo multifuncional

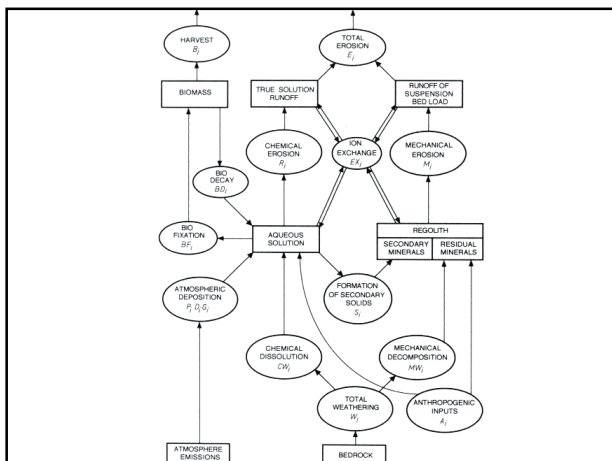
- Filtraje
- Tamponamiento
- Degradación
- Inmovilización
- Detoxificación

contaminantes

El suelo es un sistema vivo multifuncional

Almacenamiento y ciclaje
de nutrientes





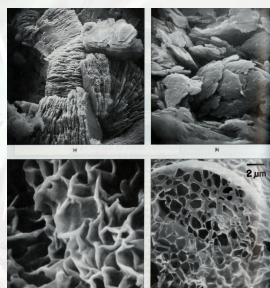
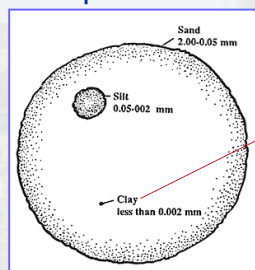
Los suelos tienen propiedades físicas, químicas y biológicas únicas, las cuales son indispensables de conocer para el buen uso y mantención de este recurso.



Color

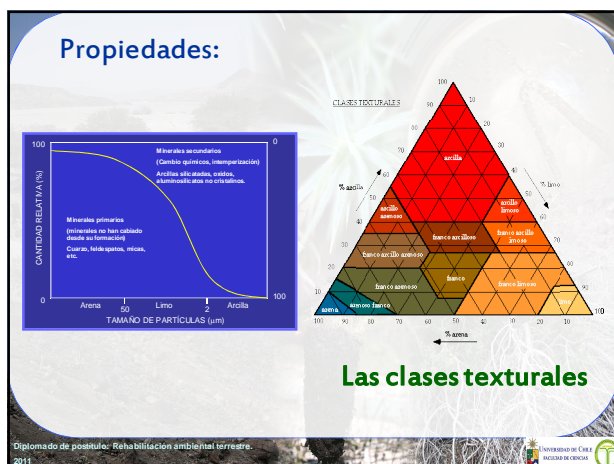
Diplomado de posítulo: Rehabilitación ambiental terrestre. 2011

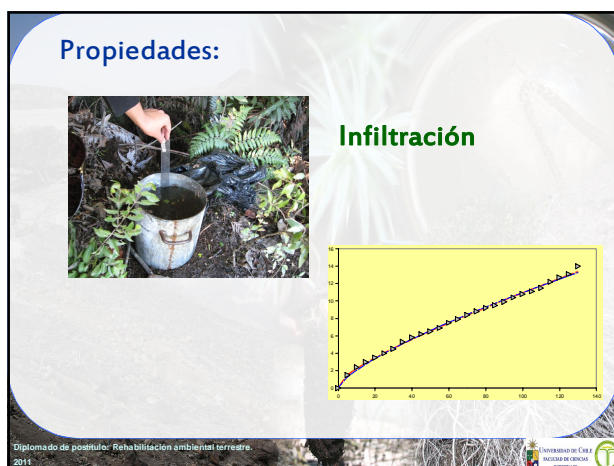
Propiedades:



Distribución tamaño de partículas (textura)

Diplomado de posítulo: Rehabilitación ambiental terrestre. 2011







Compactación

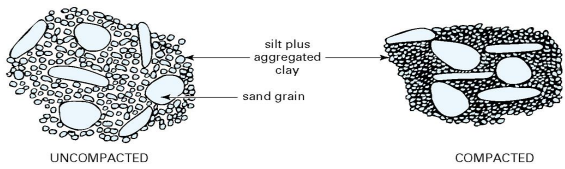
Afecta:

- El almacenamiento de agua
- Oxigenación de las raíces
- Conductividad de agua y aire
- Balance de energía
- Ciclo de nutrientes (alteración de los ciclos biogeoquímicos)
- Aumento en la emisión de gases de efecto invernadero



Compactación

SOIL COMPACTION: <2 mm



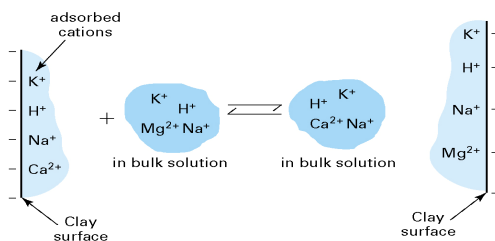
UNCOMPACTED COMPACTED

Intercambio iónico

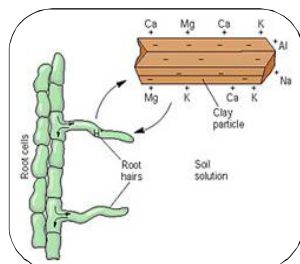
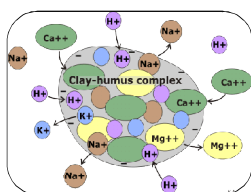


Intercambio iónico

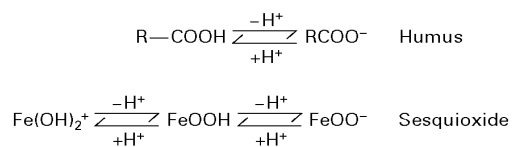
El intercambio iónico ocurre cuando un catión en solución que está débilmente adsorbido a una partícula con carga, se intercambia con un catión de la solución suelo. La reacción es reversible.



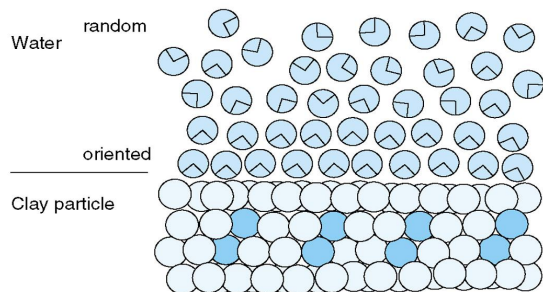
Intercambio iónico



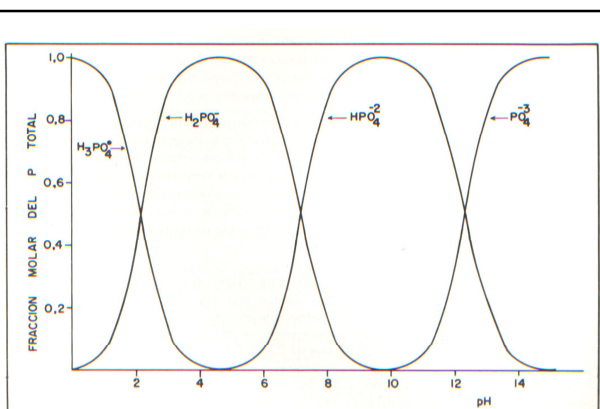
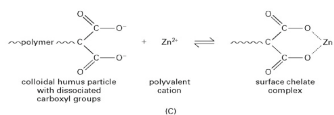
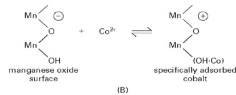
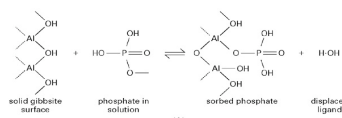
La carga de las partículas de humus y de algunas arcillas (minerales secundarios no silicatados) a menudo depende del pH de la solución suelo.



Las moléculas de agua también se ven afectadas por la carga de las superficies de los coloides (arcillas y materia orgánica).

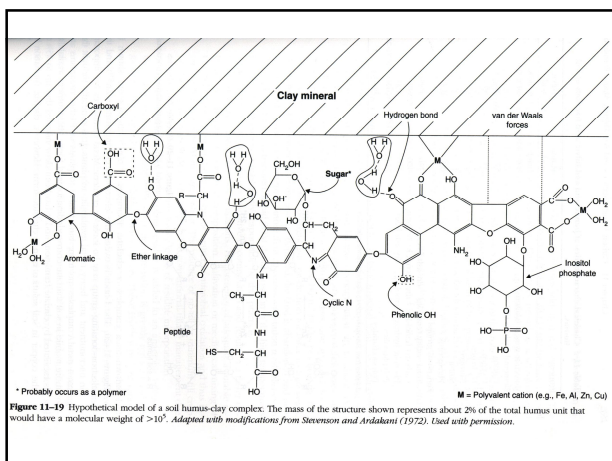
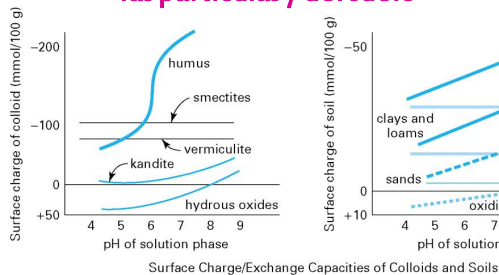


A parte del intercambio iónico, ocurren otras reacciones específicas de adsorción. Adsorción de fosfato en hidróxidos de aluminio (intercambio de ligandos), adsorción de cobalto en óxidos de manganeso y adsorción de zinc en moléculas de humus (quelación de superficie).



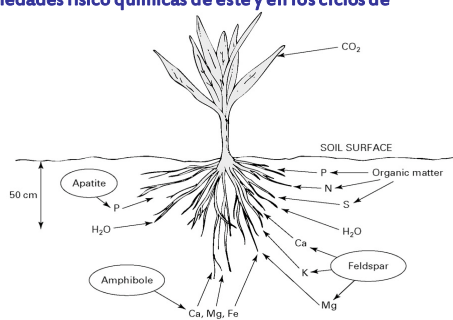
Efecto del pH en la distribución de los iones ortofosfato en solución.

El efecto del pH en la carga de las partículas del suelo



Tipo de minerales existentes en el suelo

La composición mineral de un suelo es función del material parental y el grado de intemperización de los minerales (función del clima y tiempo). La composición mineralógica del suelo influye directamente en las propiedades físico químicas de éste y en los ciclos de nutrientes.



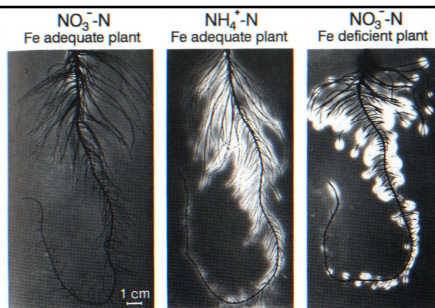
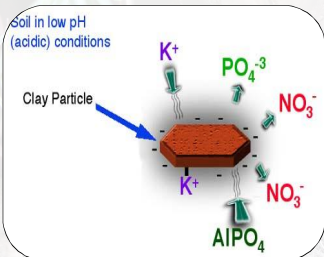
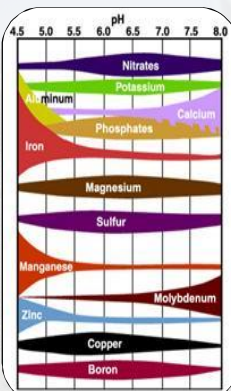
Tipo de minerales existentes en el suelo

ESTRUCTURA DE LA ARCILLA	NOMBRE DE LA ARCILLA	CIC, EN meq/100 g
Arcillas 1:1	Caolinita	(3-15) (5-10) (5-15) (\pm 10)
	Haloisita	(5-10) (20)
Arcillas 2:1 Expandibles	Montmorillonita	(100-150) (80-120) (60-120) (\pm 100)
	Vermiculita	(120-200) (100-150)
Arcillas 2:1 no expandibles	Ilita	(20-30) (10-40) (20-30) (20-40) (30) (\pm 25)
Arcillas 2:1:1	Ci6rita	10-40
Arcillas amorfas	Alofana	(100) (100 - 150)
Humus (m.o)		(100-250) (50-300)

Diplomado de posgrado: Rehabilitaci6n ambiental terrestre.
2011



Acidez del suelo y su efecto en la disponibilidad de nutrientes



	$\text{NO}_3^- \text{-N}$ Fe adequate plant	$\text{NH}_4^+ \text{-N}$ Fe adequate plant	$\text{NO}_3^- \text{-N}$ Fe deficient plant
Whole root	-0.8	+3.6	+5.6
'Active' root zone	-	+3.6	+28.0

Rhizosphere acidification (indicated by agar with bromocresol purple, above) and rates of net release of H^+ by roots of intact sunflower plants. (Modified from R6mh6ld *et al.*, 1984.)



La capacidad tampón o buffer de los suelos

Capacidad de resistir cambios en el pH de la solución suelo.

La capacidad buffer varía entre los suelos y es función de:

- CIC
- Saturación de H^+ y Al^{3+}
- Contenido de materia orgánica

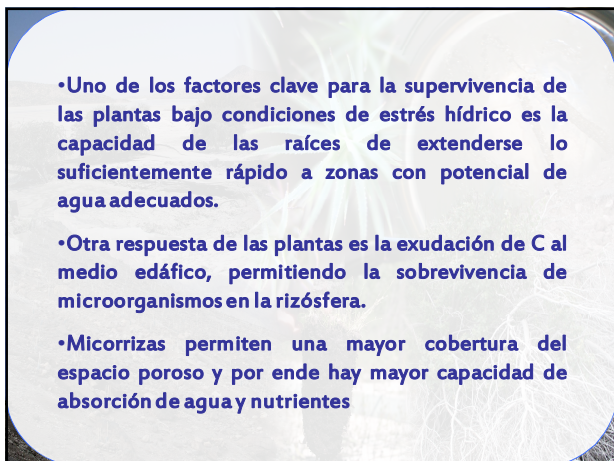


La ecología del suelo bajo condiciones extremas

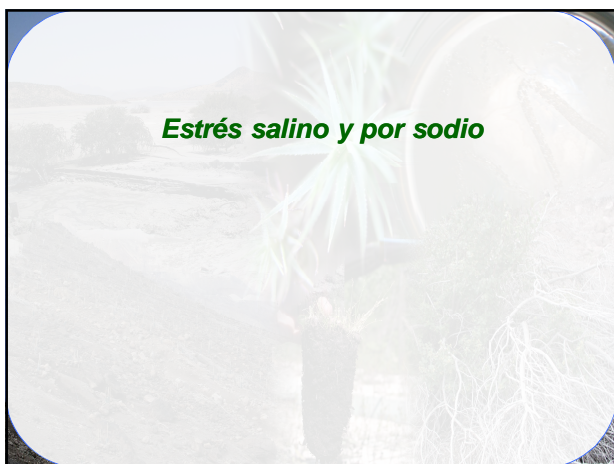


Estrés hídrico

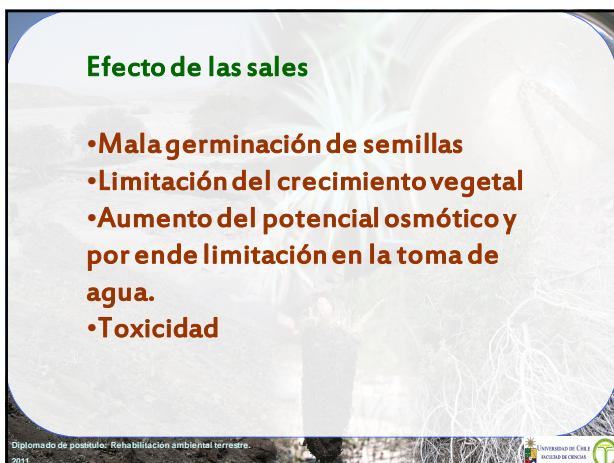
La ausencia de agua es una de las condicionantes más generales para el desarrollo de los organismos



- Uno de los factores clave para la supervivencia de las plantas bajo condiciones de estrés hídrico es la capacidad de las raíces de extenderse lo suficientemente rápido a zonas con potencial de agua adecuados.
- Otra respuesta de las plantas es la exudación de C al medio edáfico, permitiendo la supervivencia de microorganismos en la rizósfera.
- Micorrizas permiten una mayor cobertura del espacio poroso y por ende hay mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes



Estrés salino y por sodio



Efecto de las sales

- Mala germinación de semillas
- Limitación del crecimiento vegetal
- Aumento del potencial osmótico y por ende limitación en la toma de agua.
- Toxicidad

Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre. 2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Efectos del sodio:

- Toxicidad a las plantas
- Cambios en la condiciones físicas del suelo (estructuración, dispersión de agregados, reducción tamaño de los poros)
- Induce condiciones químicas y nutricionales no deseables.

Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
2011



En los suelos afectados por sales y/o sodio principalmente se mide o caracteriza:

- Contenido de sales solubles (conductividad eléctrica).
- Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)
- Razón de adsorción de sodio (RAS)

Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
2011



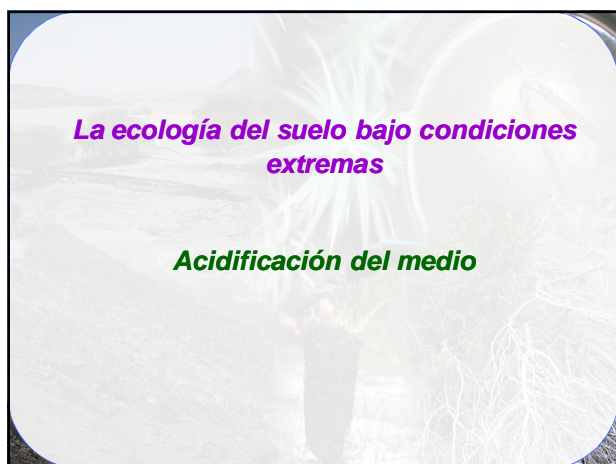
Tipos de suelos afectados por sales.

Suelo salino	> 4 mmhos/cm	< 15 PSI
Suelo salino-sódico	> 4 mmhos/cm	> 15 PSI
Suelo sódico	< 4 mmhos/cm	> 15 PSI
CATEGORÍAS DE SALINIDAD		
No salino	S0	0 - 2
Ligeramente salino	S1	2 - 4
Salino	S2	4 - 8
Muy salino	S3	8 - 12
Extremadamente salino	S4	> 12
CATEGORÍAS DE ALCALINIDAD		
No alcalino	A0	0 - 10
Ligeramente alcalino	A1	10 - 15
Alcalino	A2	15 - 25
Muy alcalino	A3	25 - 40
Extremadamente alcalino	A4	> 40
Relación de adsorción de sodio		
Sin problemas	RAS	< 10
Problemas crecientes		10 - 15
Serios problemas		> 15

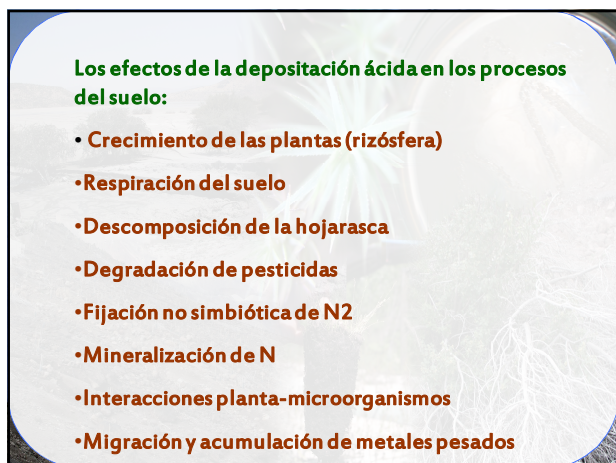
1 mmho/cm = 1 dS/m

Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
2011



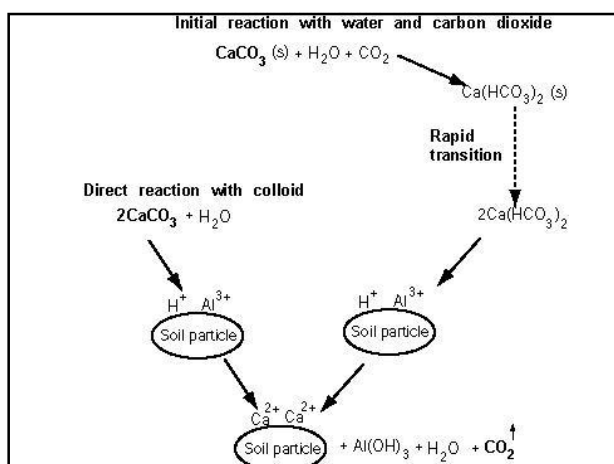






pH de la lluvia	Carga de H ⁺ al suelo (kg/ha)
2	100
3	10
4	1
5	0,1

Enmiendas calcáreas:
Carbonato de calcio CaCO_3
Hidróxido de calcio Ca(OH)_2
Óxido de Calcio CaO



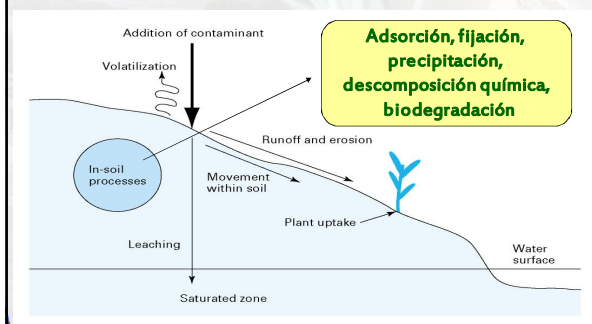
La ecología del suelo bajo condiciones extremas

Ambientes contaminados por xenobióticos

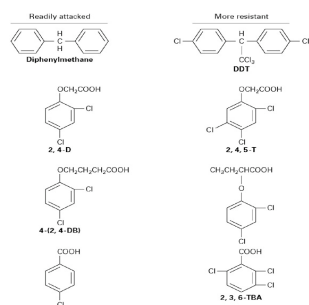
Xenobiótico:

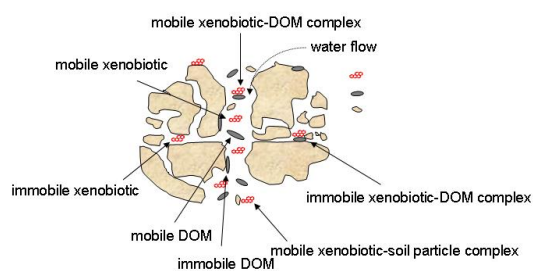
Compuestos artificiales externos a los sistemas biológicos, que contienen estructuras y enlaces que no se producen de manera natural.

El potencial destino de un contaminante



Compuestos similares en estructura pero de distinta biodegradabilidad





Model of the interactions between xenobiotics and soil matrix

Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
2011



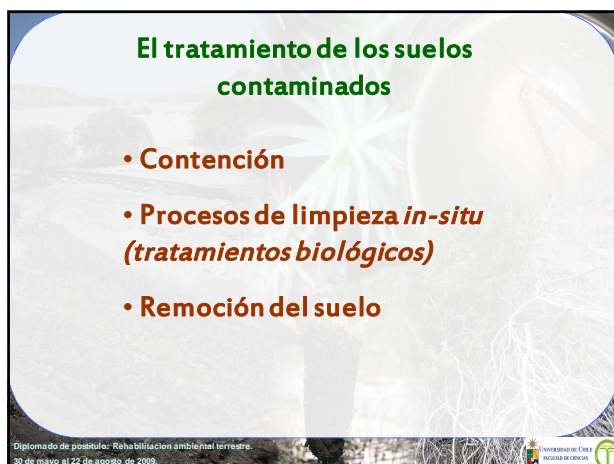
El tratamiento de los suelos contaminados

La rehabilitación considera dos etapas lógicas:

1. Remoción de la fuente de contaminación
2. Tratamiento de los problemas causados por el contaminante.

Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
2011



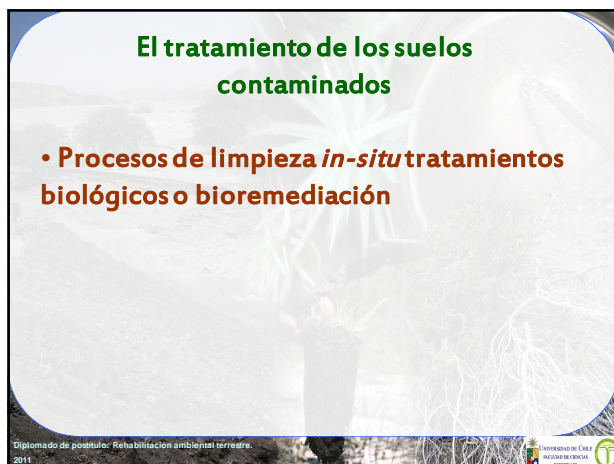


El tratamiento de los suelos contaminados

- **Contención**
- **Procesos de limpieza *in-situ* (tratamientos biológicos)**
- **Remoción del suelo**

Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
30 de mayo al 22 de agosto de 2009.

UNIVERSIDAD DE CHILE
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

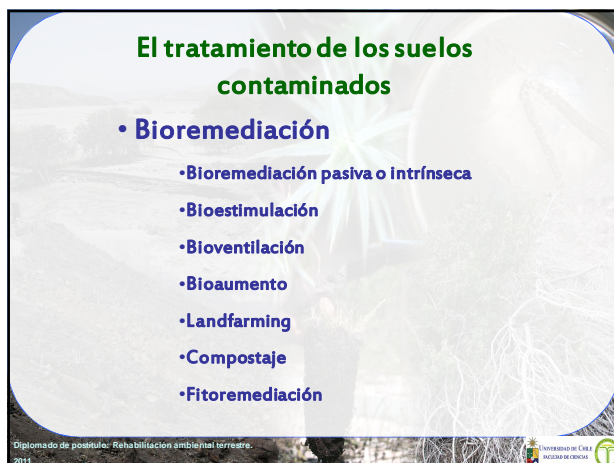


El tratamiento de los suelos contaminados

- **Procesos de limpieza *in-situ* tratamientos biológicos o bioremediación**

Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



El tratamiento de los suelos contaminados

- **Bioremediación**
 - **Bioremediación pasiva o intrínseca**
 - **Bioestimulación**
 - **Bioventilación**
 - **Bioaumento**
 - **Landfarming**
 - **Compostaje**
 - **Fitoremediación**

Diplomado de posgrado: Rehabilitación ambiental terrestre.
2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS