



# Naturaleza del Suelo y Cuenca

**Juan Gastó**  
jgasto@uc.cl

**Claudio Tapia**  
catapia3@uc.cl

Santiago, Septiembre 2011

# Valor del suelo

Es más complejo que el aire y el agua, debido a que precisamente contiene a los mencionados.



# Suelo de calidad

- **Promueven crecimiento de plantas.**
- **Previenen contaminación entre aire y agua.**
- **Resisten la erosión.**
- **Inmovilizan químicos agrícolas, desechos orgánicos y otros contaminantes.**

# Valor del suelo

Urbanos confunden “suelo” con “tierra-mugre”









# Valor del suelo

Naciones, Predios e individuos dependen del suelo





# Deterioro edáfico



Quilimarí, Los Vilos

# Características del suelo

# Características del suelo

Los componentes del suelo son:

**Material Mineral**



**Agua**



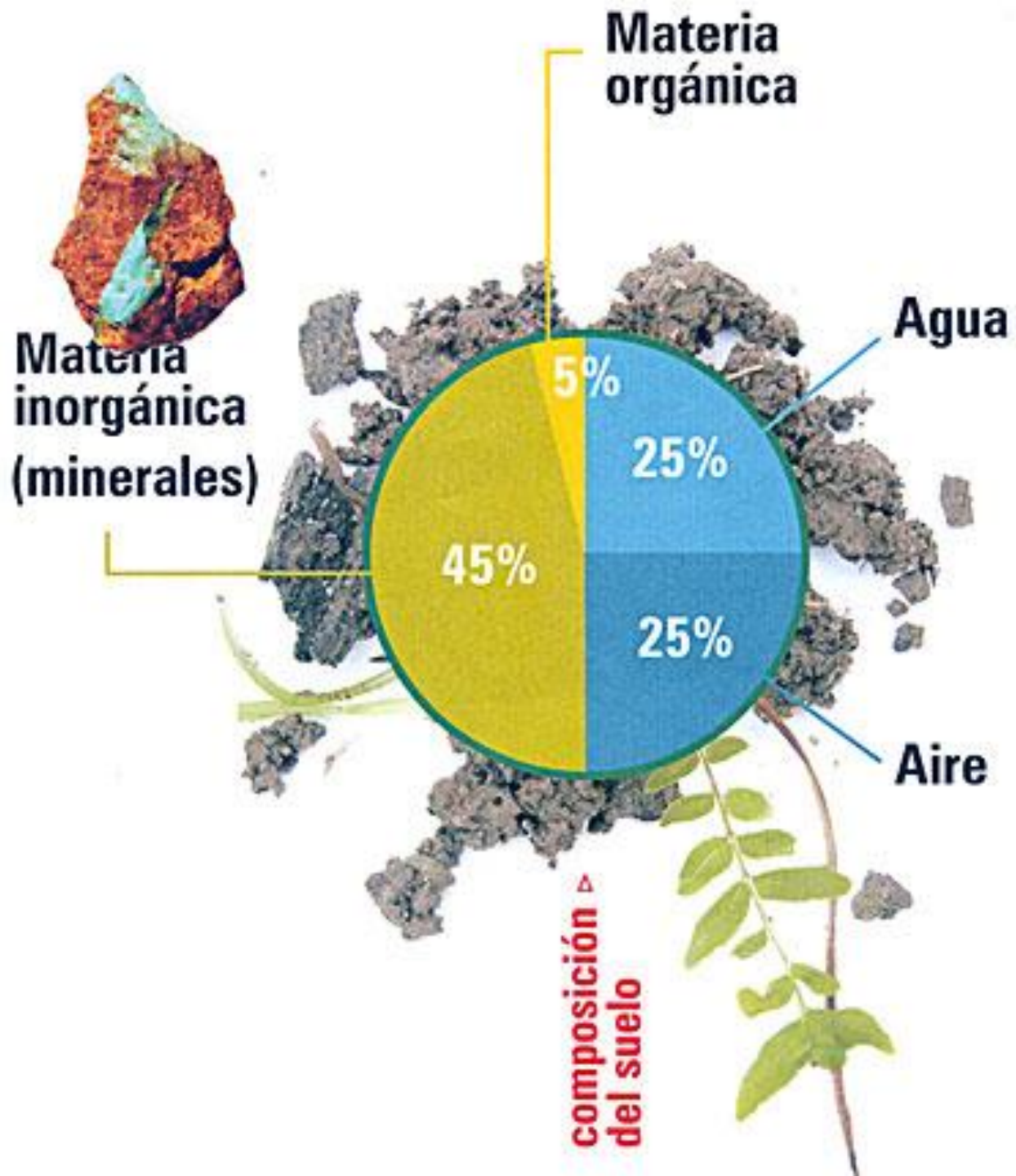
**Materia Orgánica**



**Aire**



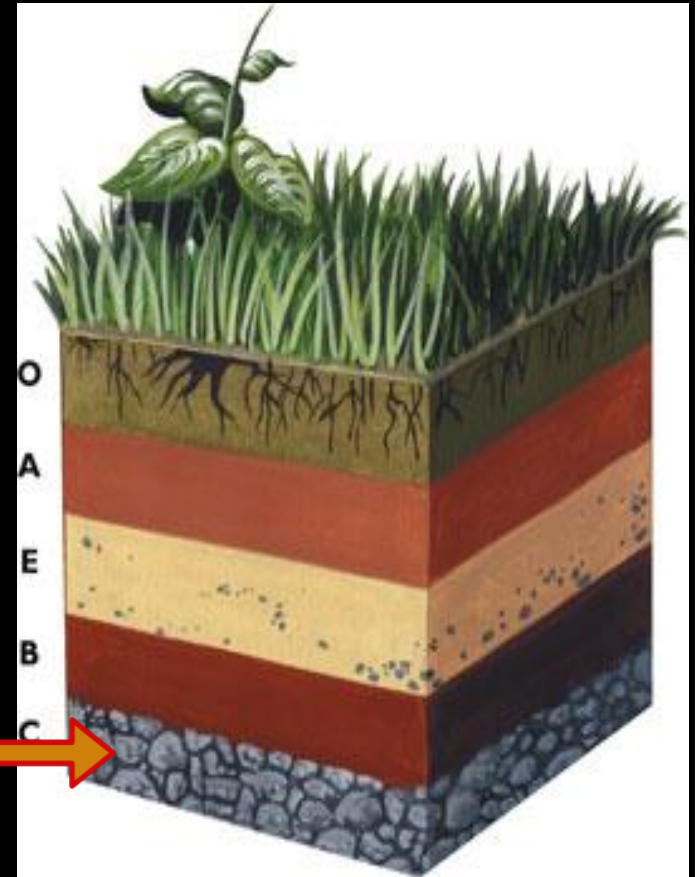




# Características del suelo

**Material Mineral:**

**Proviene de la Roca Parental**



# Características del suelo

## Materia Orgánica:

Proviene de organismos vivos  
y materia en descomposición





# Características del suelo

Agua:



# Características del suelo

**Aire:**





# Características del suelo

**Migajón profundo sano**

**Deber tener:**

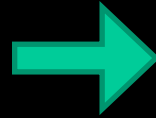
**50% sólidos (minerales y orgánicos)**

**50% poros (agua y aire)**

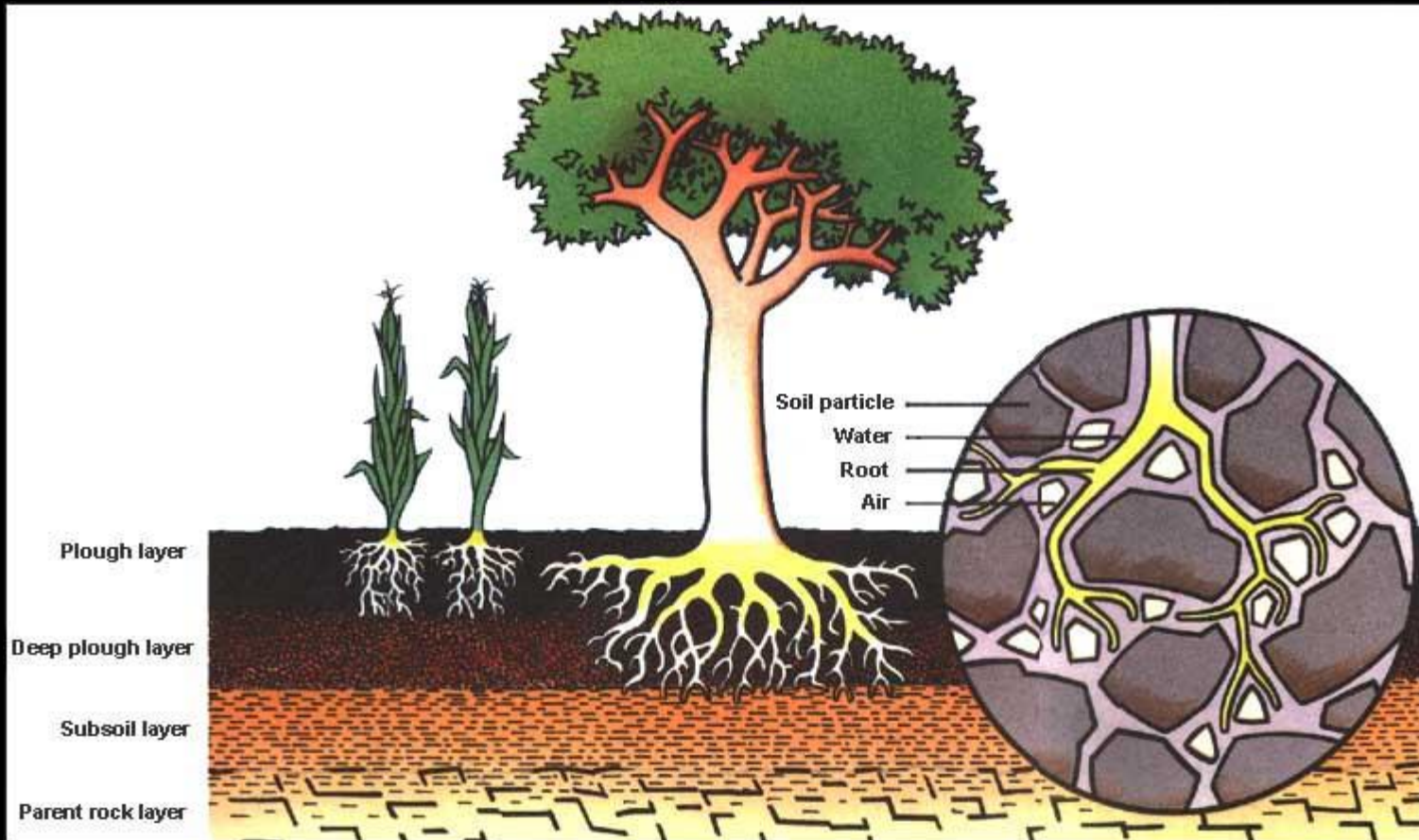
# Características del suelo

Poros en el suelo:

50% Aire y 50% Agua



Rendimiento Óptimo  
de Cultivo



# Características del suelo

$$\text{Características} = f ( p, t, P, m )$$

**p: perfil de suelo**

**t: tipo de suelo**

**P: productividad**

**m: manejo del suelo**

# Características del suelo

- **Textura**
- **Estructura**
- **Aireación**
- **Contenido de humedad**
- **Materia orgánica**
- **Organismos vivos**
- **pH**
- **Fertilidad**



**Físicas**

The diagram consists of three horizontal brackets on the right side, each pointing to a category label. The top bracket is blue and groups the first four items of the list. The middle bracket is grey and groups the next two items. The bottom bracket is red and groups the last two items.

**Biológicas**

**Químicas**

# Características del suelo

## Físicas



# Textura del suelo

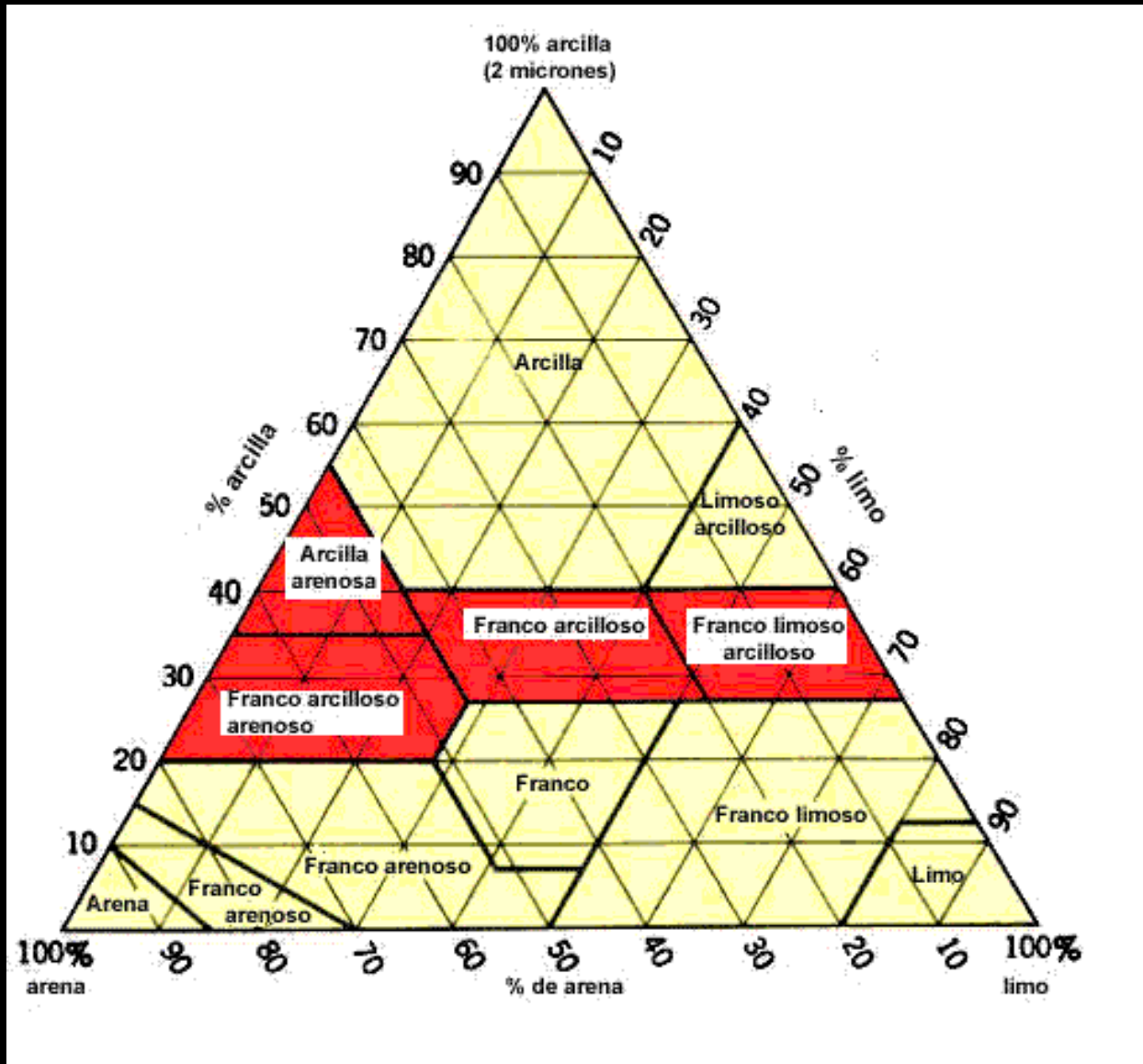
## Fracción gruesa: > 2,0 mm

Ripio	2,0 mm - 7,6 cm
Coble	7,6 cm - 25 cm
Piedras	25 cm - 60 cm
Rocas	> 60 cm

## Fracción fina: < 2,0 mm

Arena	2,0 - 0,05 mm
Limo	0,05 - 0,002 mm
Arcilla	< 0,002 mm

# Clases de Textura del suelo

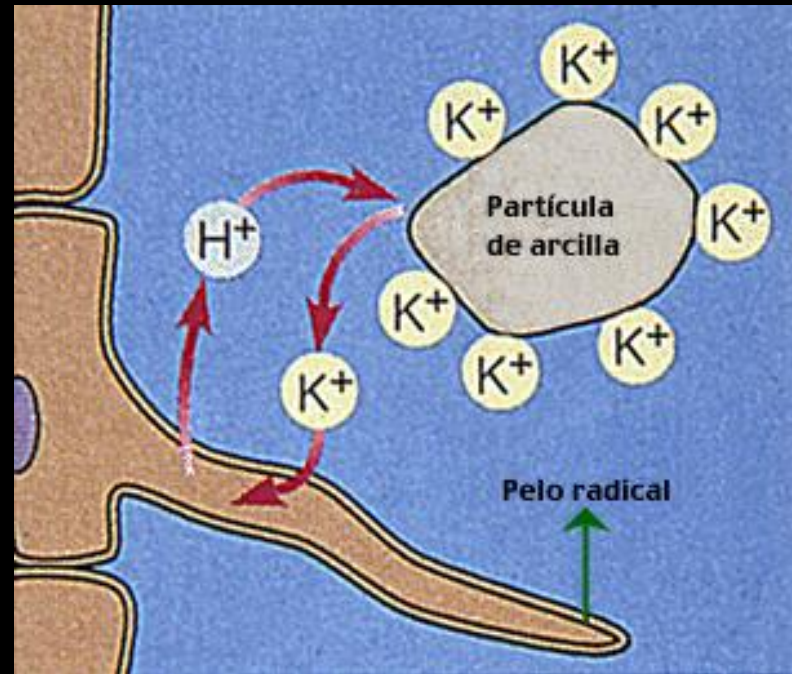


# Características hídricas y de aire

Características edáficas	Arena	Limo	Arcilla
Permeabilidad	Rápido	Moderado	Lento o muy lento
Capacidad de retención hídrica	Baja	Media	Alta
Movimiento de aire	Rápido	Moderado	Lento o muy lento

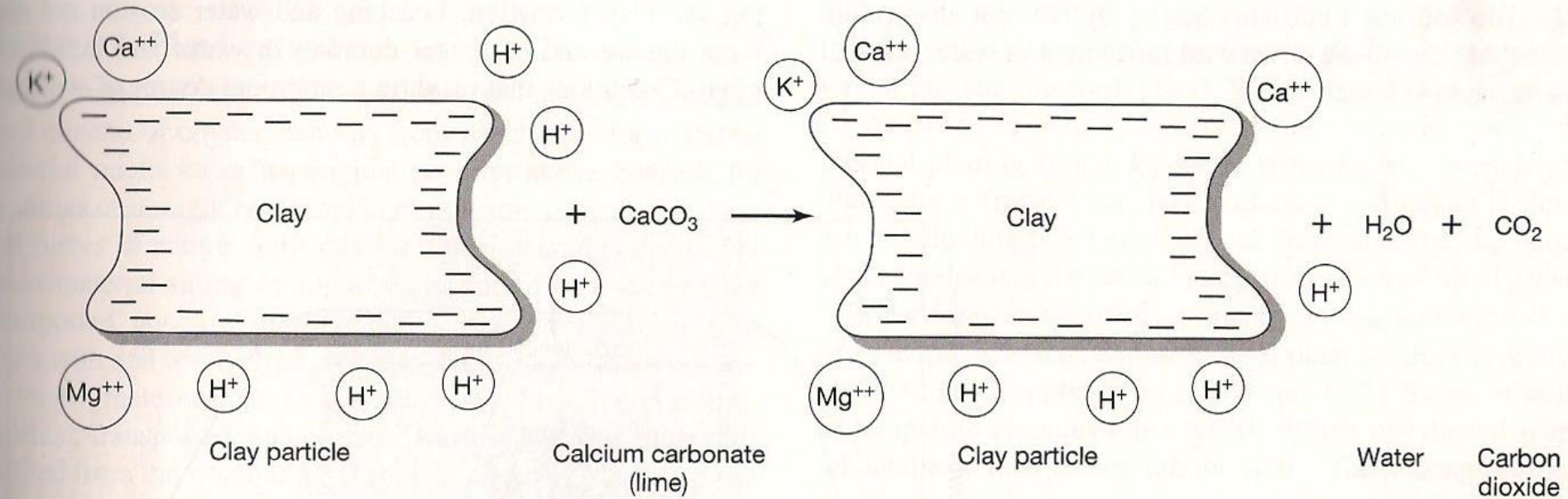
# Superficie de partículas

**intercambio iónico:  
arcilla – raíces**



Los iones positivos ( $Ca^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{++}$ ) se atraen a la carga negativa de las partículas de arcilla; están disponibles para ser capturados por las raíces.

# Superficie de partículas



**FIGURE 6.8** How lime neutralizes soil acidity.



# Estructura del suelo

Agregados: varias formas

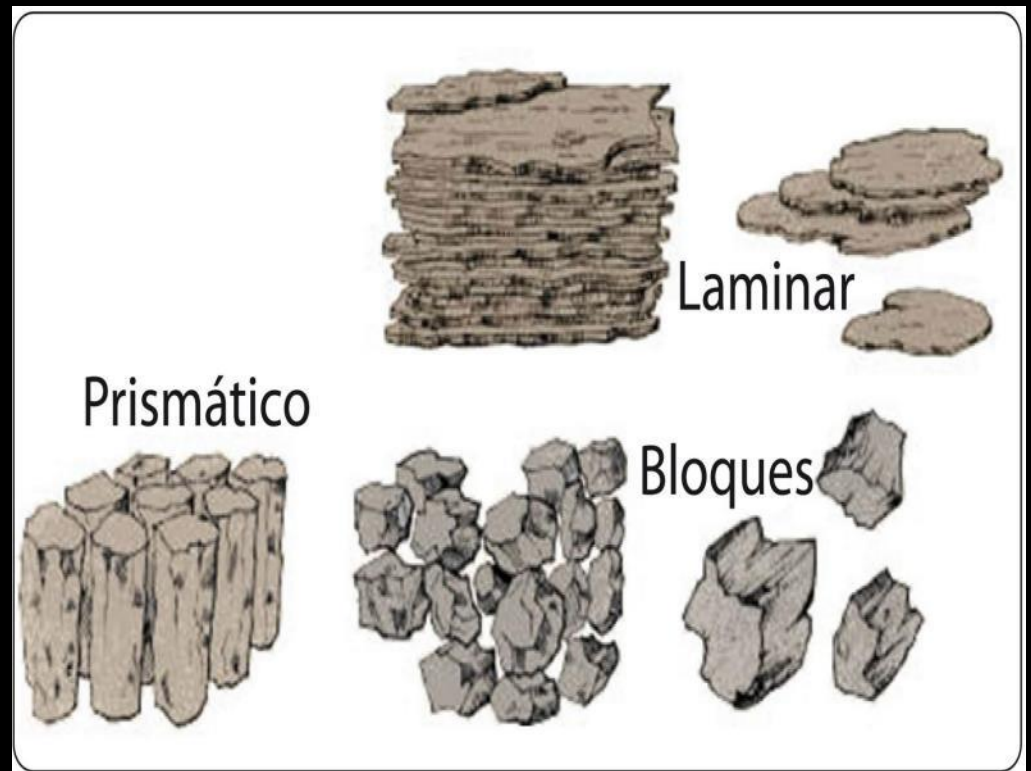
Granular

Bloques

Prismática

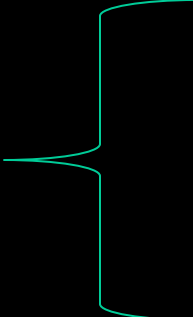
Masiva

Laminar



# Estructura del suelo

*f* (estructura)



- Movimiento de agua
- Aireación
- Flujo térmico
- Crecimiento de raíces

# Estructura del suelo

Factores que afectan estructura:

- a. **Agricultura:** roturación, cultivación, estiercolado, encalado.
- b. **Naturaleza:** congelación, descongelación, mojadura, secado, penetración raíces.
- c. **Otros:** canales animales, madrigueras, escretas animales, descomposición bacterial de plantas y animales, compactación de maquinaria y brechas vehiculares.

# Estructura del suelo

## Buena estructura:

- **Buenos rendimientos**
- **Estabilidad estructural**
- **Abundancia de poros para aire y agua**
- **Favorece un sistema radical**
- **Buena infiltración de agua y nieve derretida**

# Estructura del suelo

## Pobre estructura:

- **Baja permeabilidad**
- **Pobre aireación**
- **Baja estabilidad estructural**

# Estructura del suelo

## Mejoramiento estructural:

- **Agregar materia orgánica (residuos, compost, estiércol)**
- **Crecimiento de gramíneas y leguminosas estimula la agregación y estructura edáfica.**

# Aireación y contenido de humedad

- Suelo sano inhala y exhala constantemente
- $O_2$  presente en la atmósfera se requiere para crecimiento y respiración de raíces y microorganismos
- $CO_2$  se mueve desde el suelo a la atmósfera
- Poros edáficos son requeridos para el flujo
- Poros es función de textura y estructura
- Rico en poros: textura media y rico en M.O.



# Aireación y contenido de humedad

- **Tamaño de poros:**

  - macroporos:  $> 0,06$  mm diametro

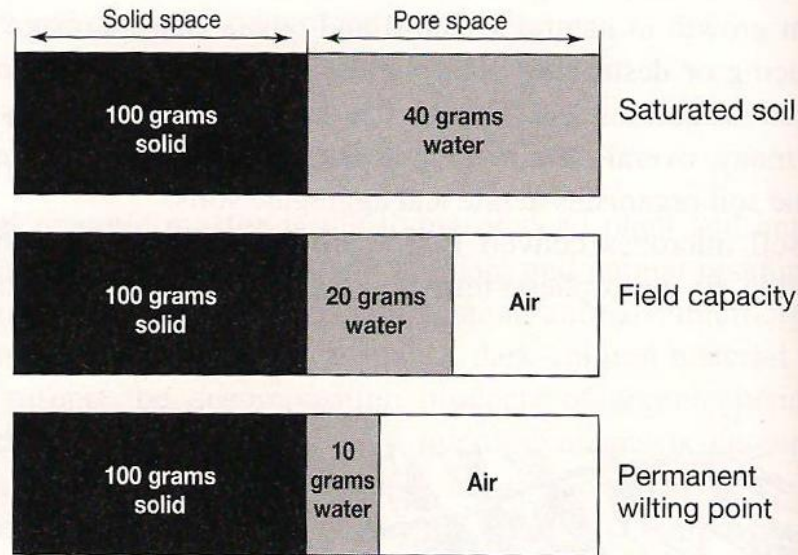
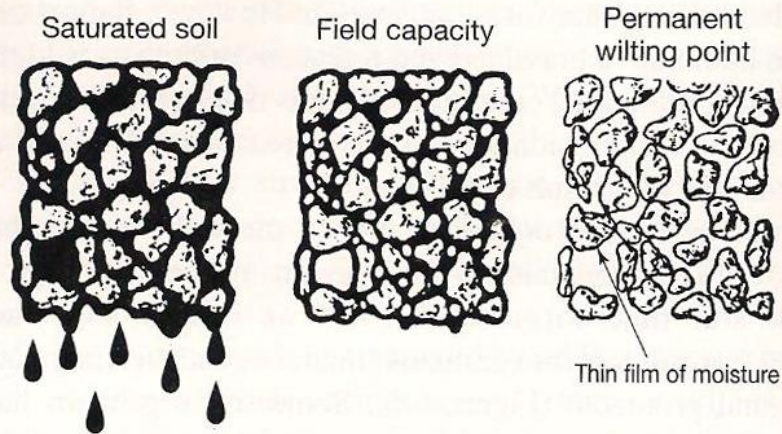
  - microporos:  $< 0,06$  mm diametro.

Movimiento de agua se obstruye. En arcillas predominan microporos. El ideal es igual proporción de macroporos y microporos.

- **Agua es importante en:** fotosíntesis, solvente, transporte de minerales, contenido de protoplasma

- **Contenido:** saturación, capacidad de campo, punto de marchitez permanente

# Aireación y contenido de humedad



**FIGURE 6.6** Water content of a soil can vary considerably. Also note that as the water content of a soil decreases, the air content increases.

# **Características del suelo**

## **Biológicas**

# Materia orgánica y organismos edáficos

Es la materia animal o vegetal, viva o muerta del suelo.

Incluye residuos animales y vegetales en varias etapas de descomposición, pequeños animales, microorganismos y humus.



# Materia orgánica y organismos edáficos

**Humus: es el material semiestable de color oscuro. debe mantenerse el humus.**



# Materia orgánica y organismos edáficos

## Funciones del humus:

- Mejora estructura
- Aumenta el espacio de poros
- Tamponea el suelo manteniendo el pH
- Reduce erodabilidad
- Minimiza lixiviación de nutrientes
- Aumenta capacidad de almacenamiento de nutrientes y agua
- Genera hábitat para bacterias, lombrices y otros



# **Materia orgánica y organismos edáficos**

## **Condiciones para generar humus**

- **Clima fresco (no en cálidos y secos)**
- **Rico en praderas y menos en bosques**

**En ambos más rico que en cultivos, debido a la oxidación de materia orgánica por la cultivación**

**Biomasa u organismos vivos: 3% de ma M.O.**



# Materia orgánica y organismos edáficos

Tamaño de los microorganismos:

**Macroorganismos:  
lombrices e insectos**



# Materia orgánica y organismos edáficos

Tamaño de los microorganismos:

Microorganismos:  
(microbios), hongos,  
bacterias y protozoos.



# **Materia orgánica y organismos edáficos**

**Organismos benéficos: son mayores que los dañinos**

## **Funciones:**

- **Transforman el CO en CO<sub>2</sub>**
- **Fijan N atmosférico**
- **Fuente principal de antibióticos para el control biológico**
- **Descomponen la MO liberando nutrientes**

**Cantidad: hay billones en 1 g de suelo y por ha hay 680 kg. ¡pesan más que 1 novillo a pastoreo!**

# Organismos

Son plantas, animales y microorganismos. Generan descomposición de residuos

Desarrollo edáfico:  $f(\text{organismos})$

# Organismos

- **Líquenes:** producen  $H_2CO_3$  que disuelve roca, liberan nutrientes y enriquece el suelo
- **Raíces de plantas:** absorben nutrientes minerales que incorporan a sus hojas, que luego caen sobre el suelo.
- **Fauna:** lombrices, larvas de escarabajos, "bull snakes", mamíferos pequeños de madriguera, "moles", ardillas de tierra, escarban el suelo introduciendo agua y aire.
- **Suelos forestales:** lixiviados, ácidos
- **Suelos pratenses:** fértiles, ricos en M.O.



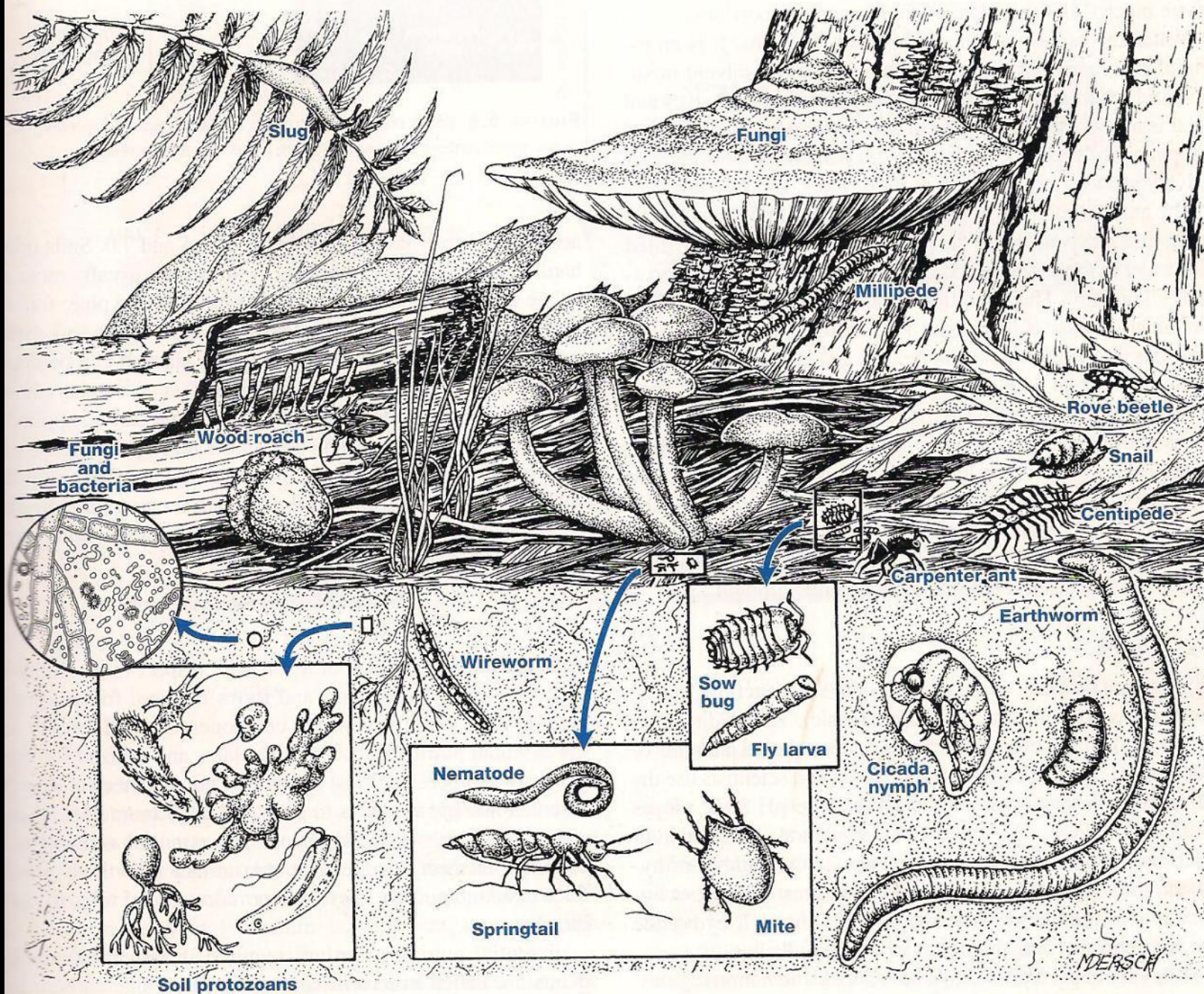


FIGURE 6.5 Characteristic organisms found in the soil.



# Características del suelo

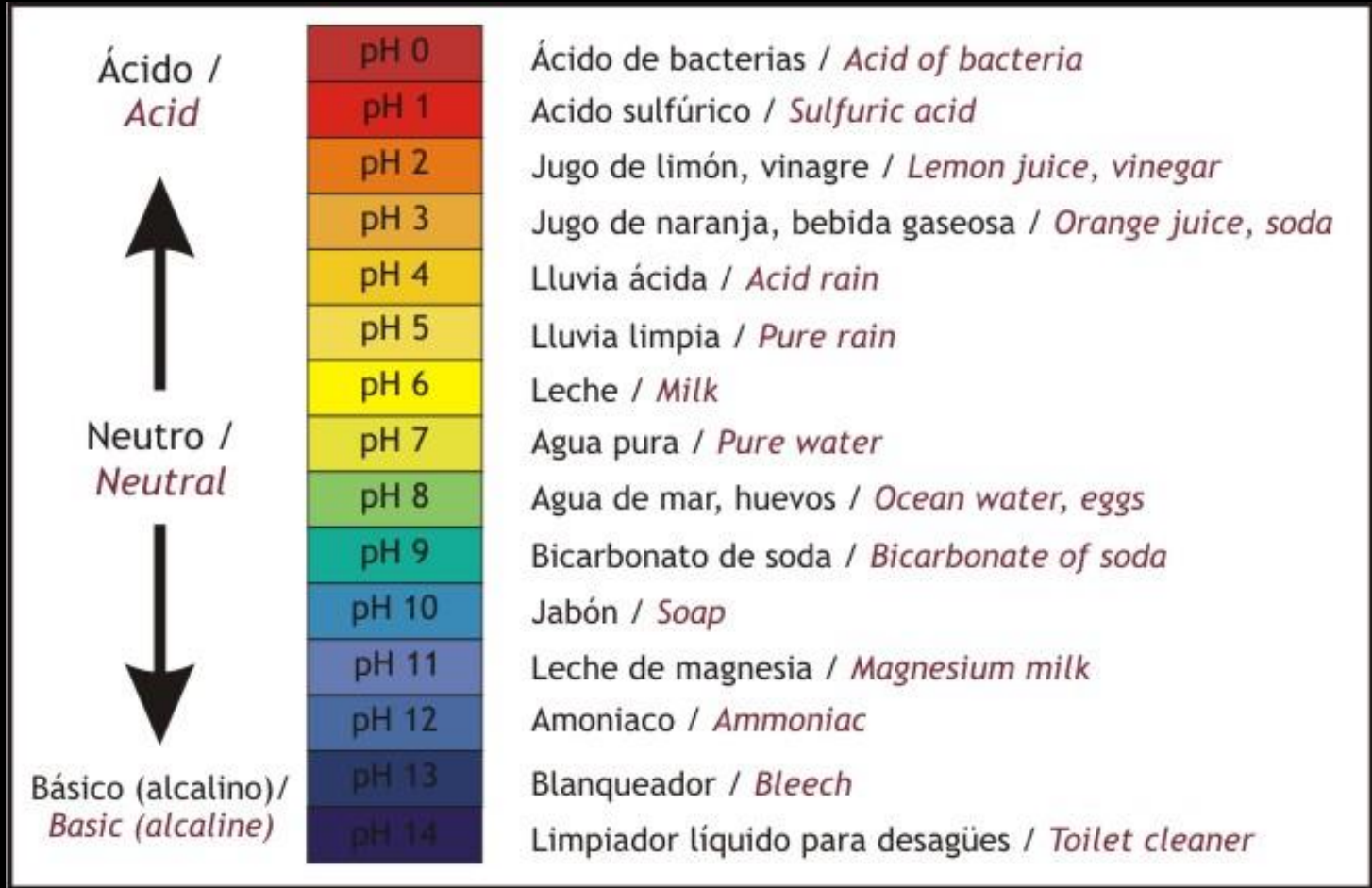
## Químicas

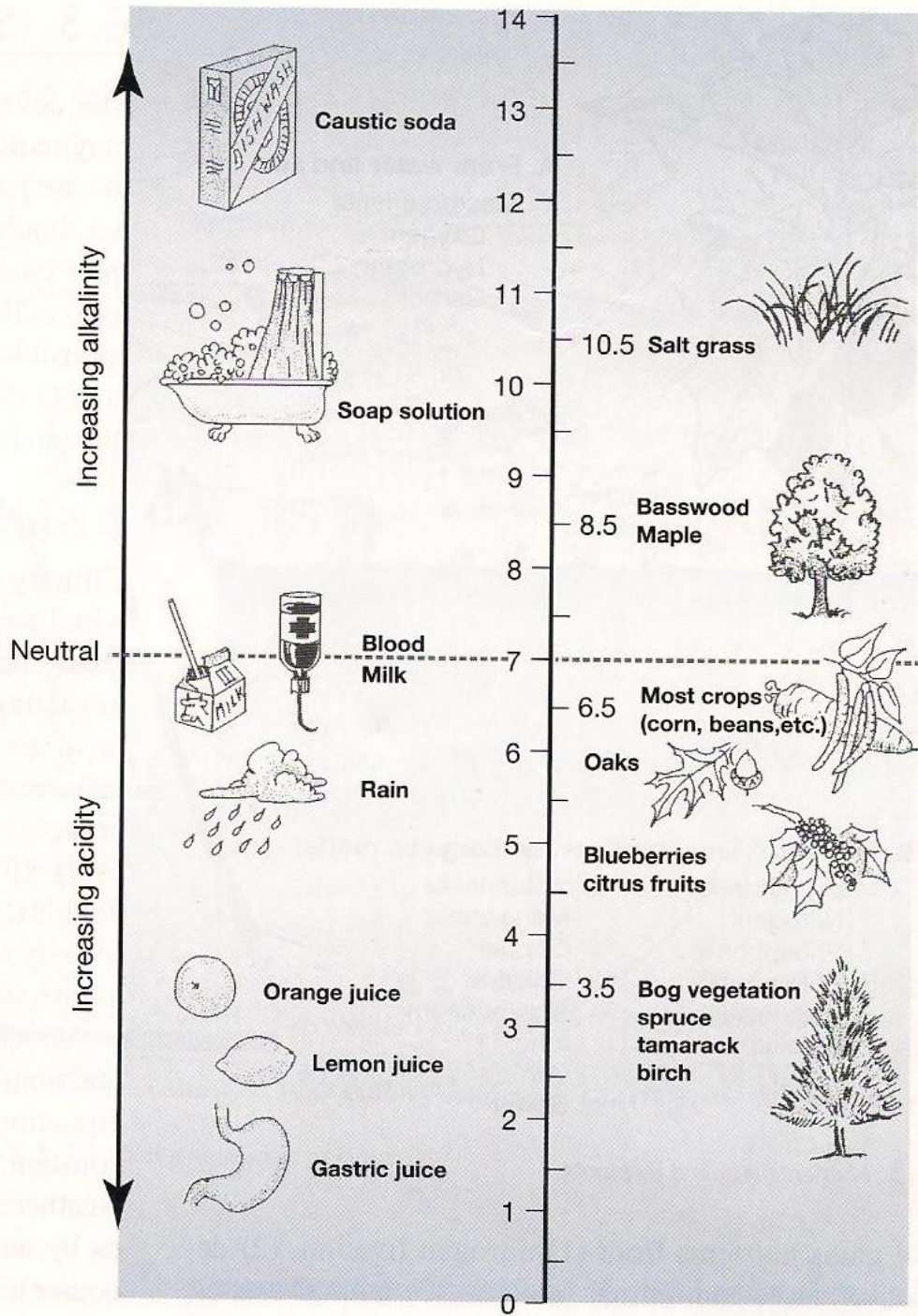
# pH del suelo

< 7,0  
( $H^+ > OH^-$ )

$H^+$  y  $OH^-$  se  
equilibran

> 7,0  
( $H^+ < OH^-$ )





# pH del suelo

**Aplicación de Cal como neutralizador: Encalado**





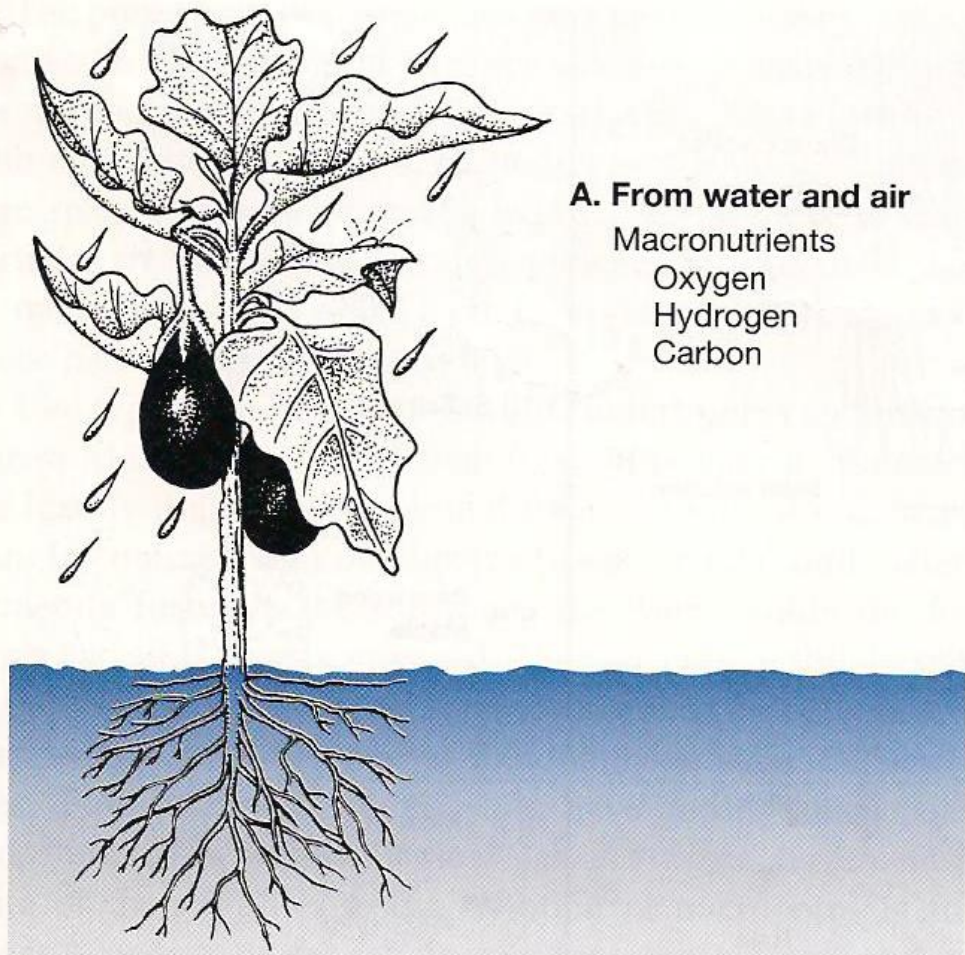
# Fertilidad edáfica

**Elementos esenciales: son 16, aunque absorben 90**

**Macronutrientes: C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg**

**Micronutrientes: Mn, Cu, Cl, Mo, Zn, Fe, B**

**Ejemplo: 70 g Mo ha<sup>-1</sup>**



**A. From water and air**

- Macronutrients
- Oxygen
- Hydrogen
- Carbon

**B. From soil, lime, fertilizer, and organic matter**

- |                |                |
|----------------|----------------|
| Macronutrients | Micronutrients |
| Nitrogen       | Manganese      |
| Phosphorus     | Copper         |
| Potassium      | Chlorine       |
| Magnesium      | Molybdenum     |
| Calcium        | Zinc           |
| Sulfur         | Iron           |
|                | Boron          |

**FIGURE 6.9** *Nutrients required by plants.*



■ Nutrient gain  
■ Nutrient loss

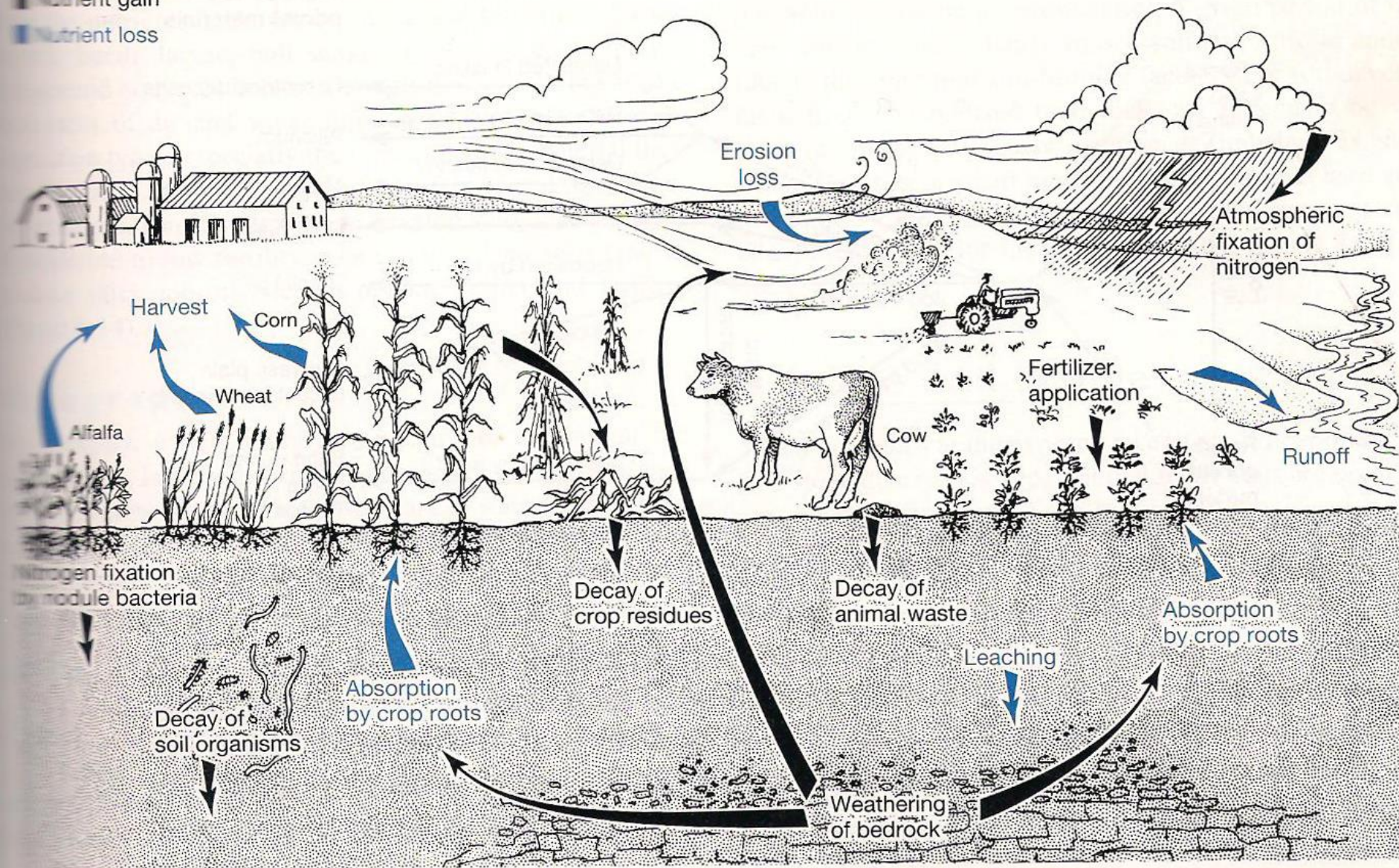


FIGURE 6.11 Nutrient sources of crops.

**Factores relevantes de su entorno**

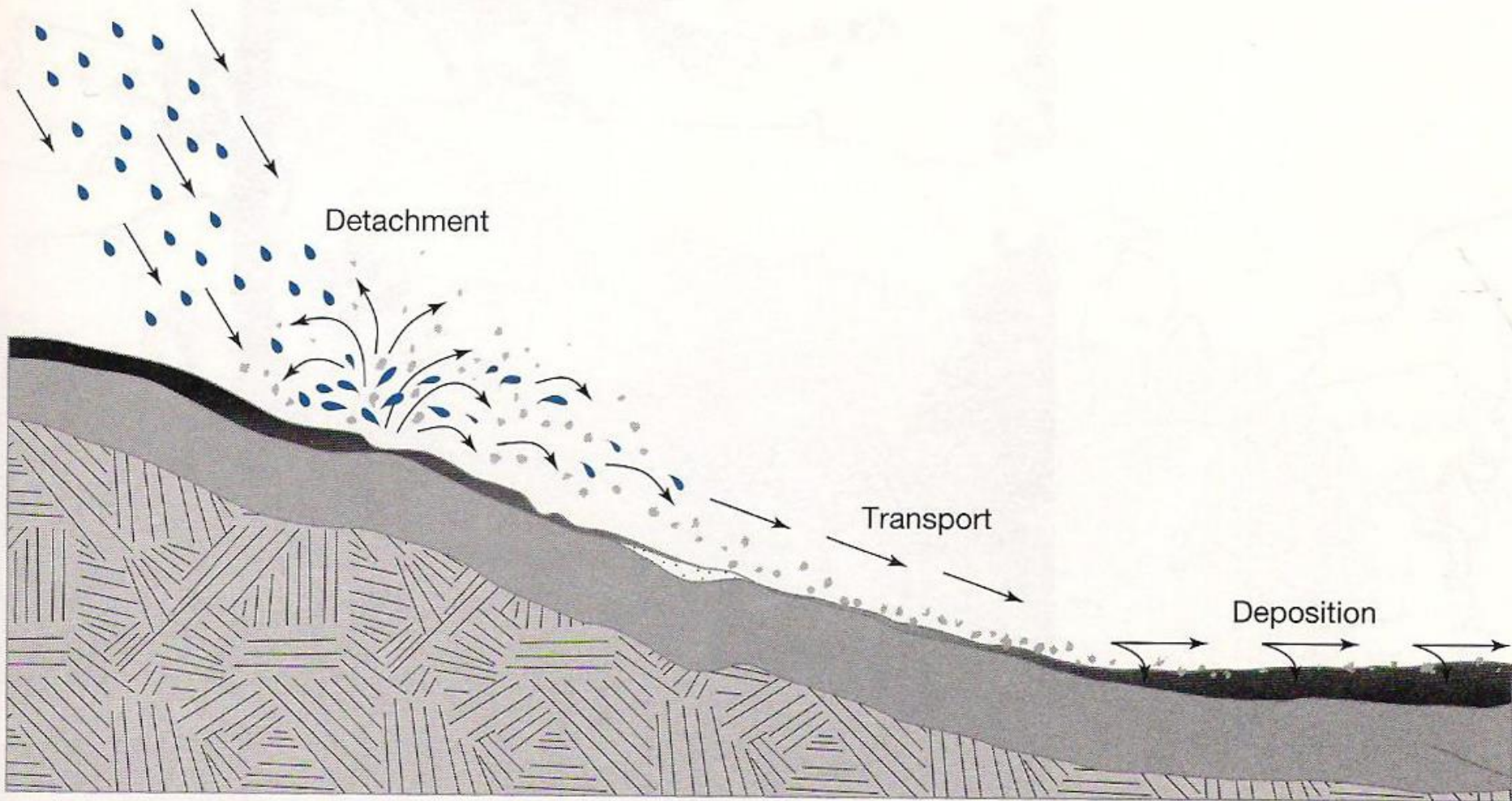
# Clima

- **Influencia procesos: químicos, biológicos y físicos del material parental**
- **Por cada 10°C de aumento, procesos químicos se duplican**
- **Intemperización: reacciones químicas y físicas afectadas por la temperatura y precipitación. afecta producción de arcillas**



# Clima

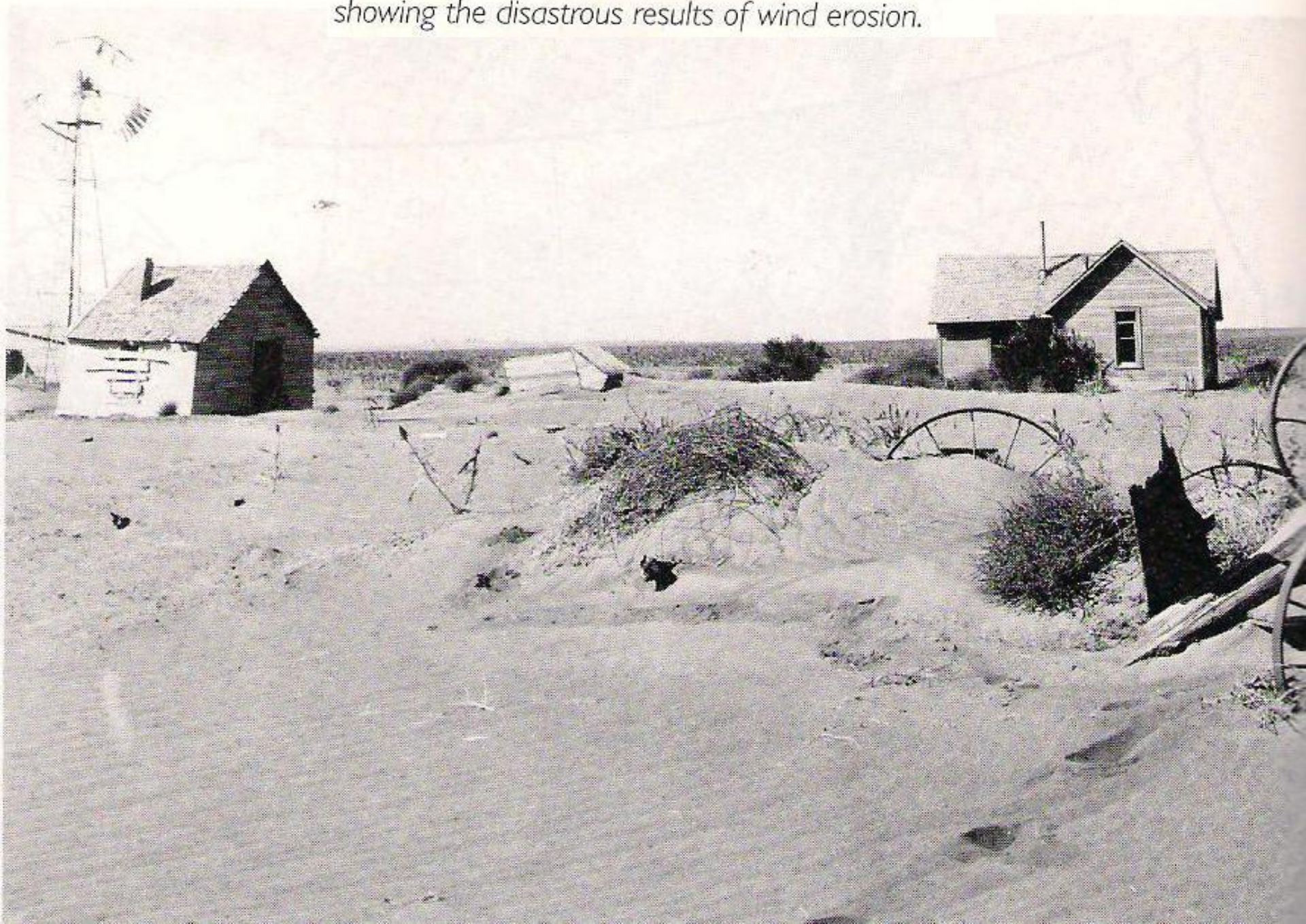
- **Lixiviación:** es mayor con mayor precipitación y temperatura
- **Erosión:** es mayor en regiones de mayor humedad y temperatura (duración e intensidad)
- **Clima frío y seco, menor:** erosión, intemperización y lixiviación



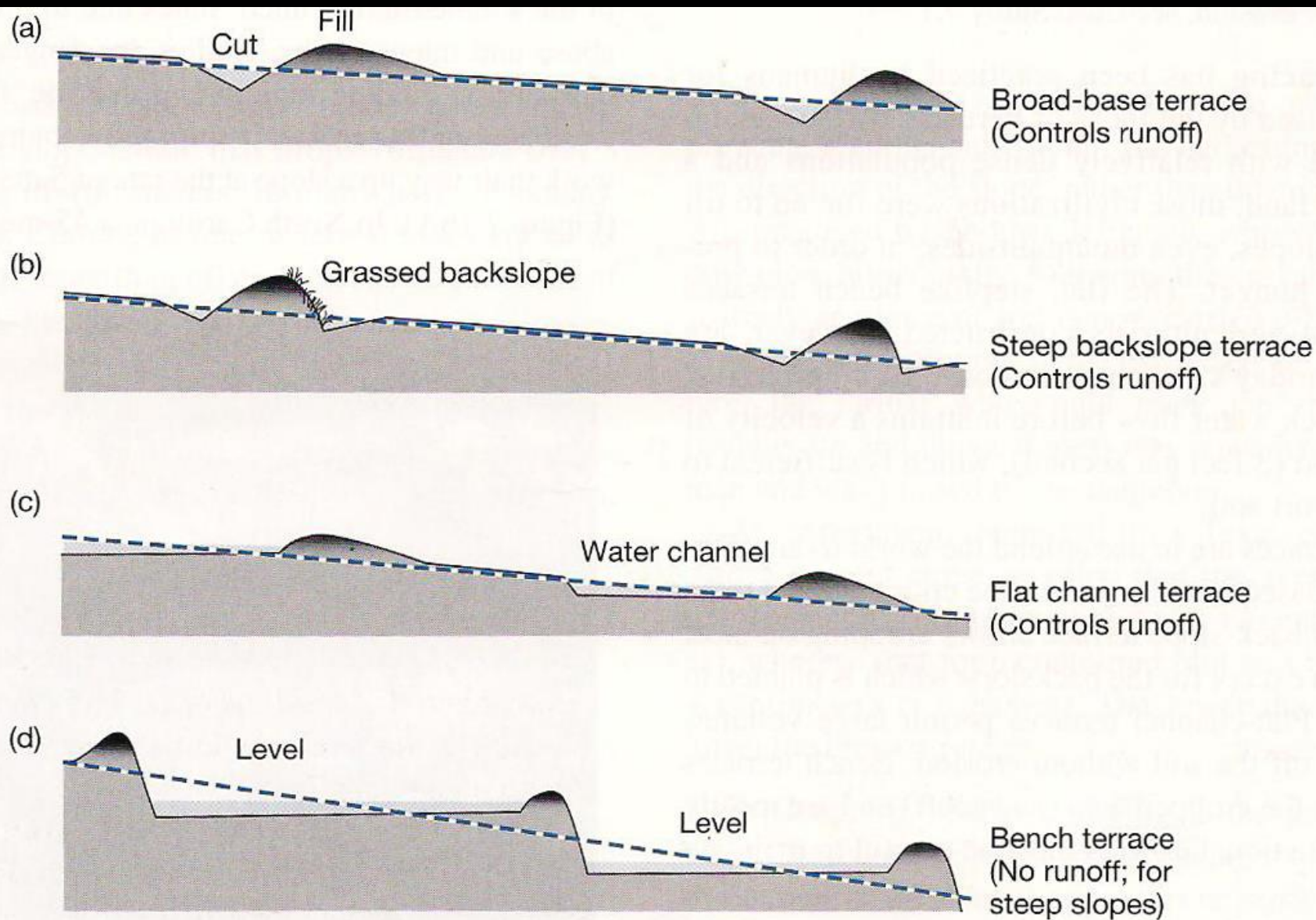
**FIGURE 7.1** *The three-step process of soil erosion by water. Raindrop impact destroys soil structure, detaching soil particles. The detached soil particles are then transported and eventually deposited downhill.*



**FIGURE 7.6** *Abandoned Oklahoma farmstead, showing the disastrous results of wind erosion.*

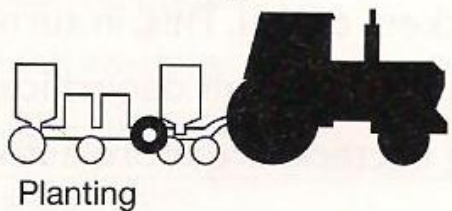
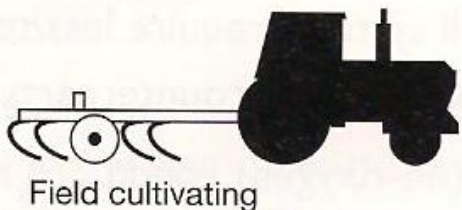
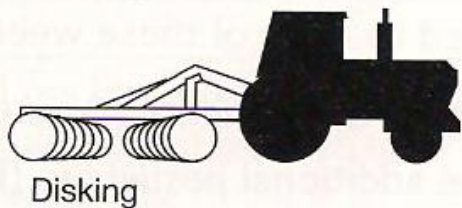
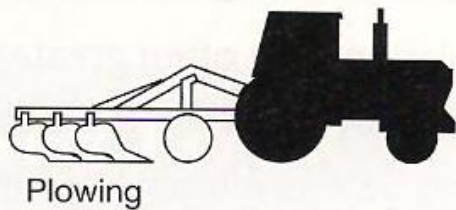




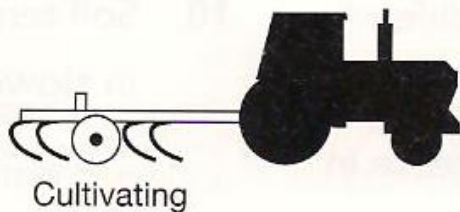
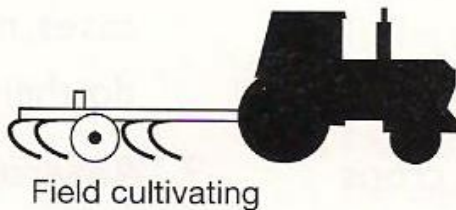


**FIGURE 7.15** Four common types of terraces in use around the world. Terraces are very effective at controlling water runoff and erosion. To save moisture, terraces are designed to cause ponding of water on the terrace, allowing water time to infiltrate the soil.

## Conventional tillage



## Reduced tillage



## No-till



## Conservation tillage

**FIGURE 7.17** Equipment differences between conventional tillage, reduced tillage, and no-till systems.

# Material parental

Es el no consolidado (blando y suelto), intemperizado u orgánico a partir del cual se forma el suelo.

Puede permanecer en su posición original sobre la roca madre o ser trasladado a una nueva posición por fuerzas de la naturaleza. puede ser **autígeno** (*in situ*) o **alotígeno** (*ex situ*).



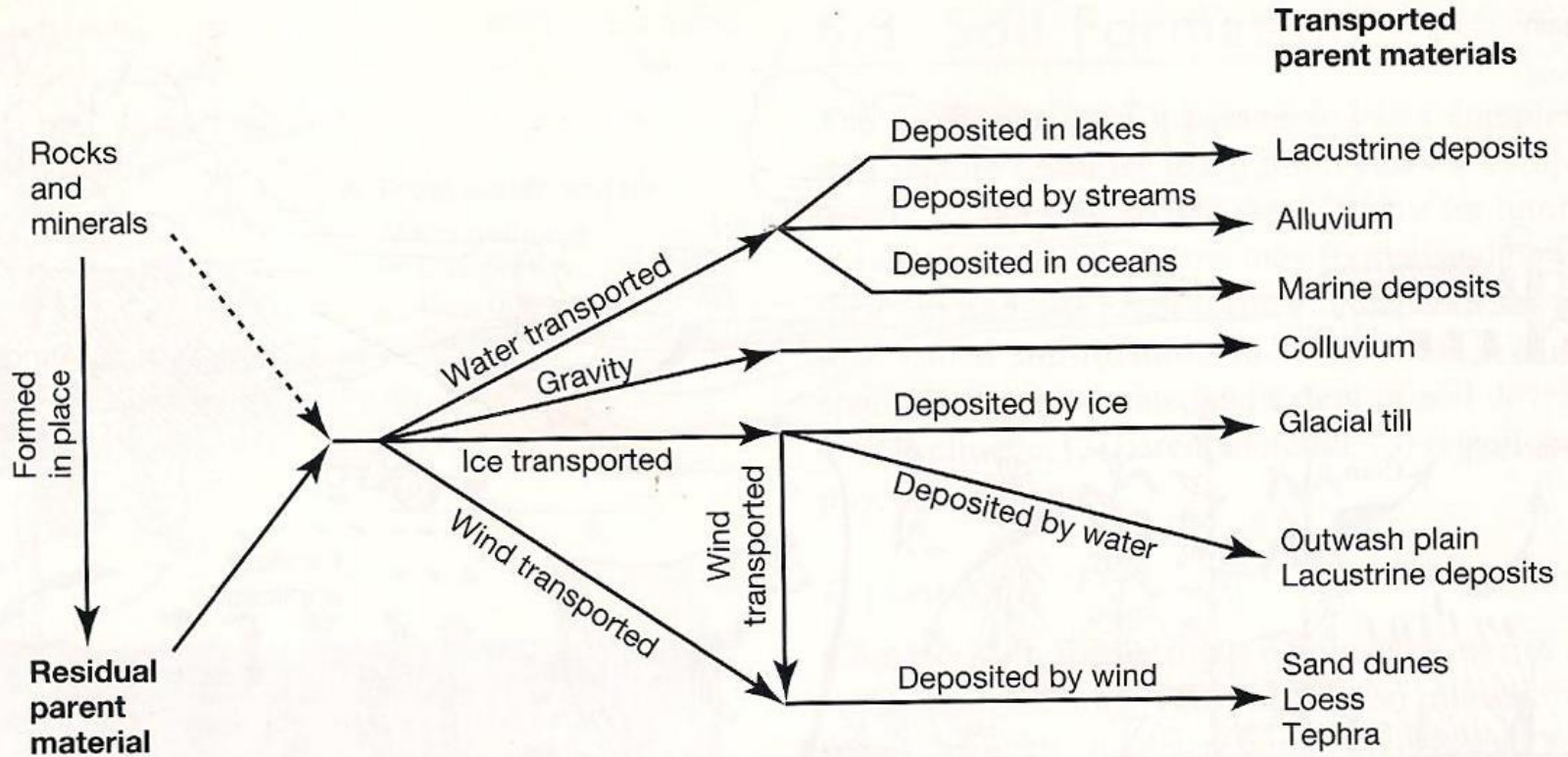
# Material parental

Formación del suelo: cambios en el material parental

Clases de material parental: residual, transportado, orgánico.

- **Residual:** in situ
- **Transportado:** es lo más extenso sobre la tierra por: hielo, agua, viento, gravedad
- **Orgánico:** agua estancada (lagos y pantanos), falta de O<sub>2</sub>

# Material parental



**FIGURE 6.12** How different parent materials are formed, transported, and deposited.

# Topografía

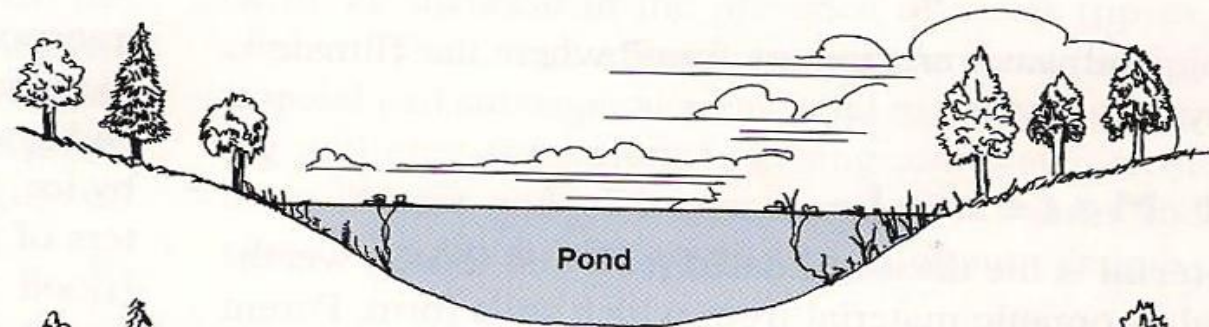
**Afecta movimientos del agua y transporte de partículas**

**En general:**

- Suelos delgados y más pobres en las laderas altas escarpadas.**
- Suelos profundos y más ricos en los valles inferiores.**

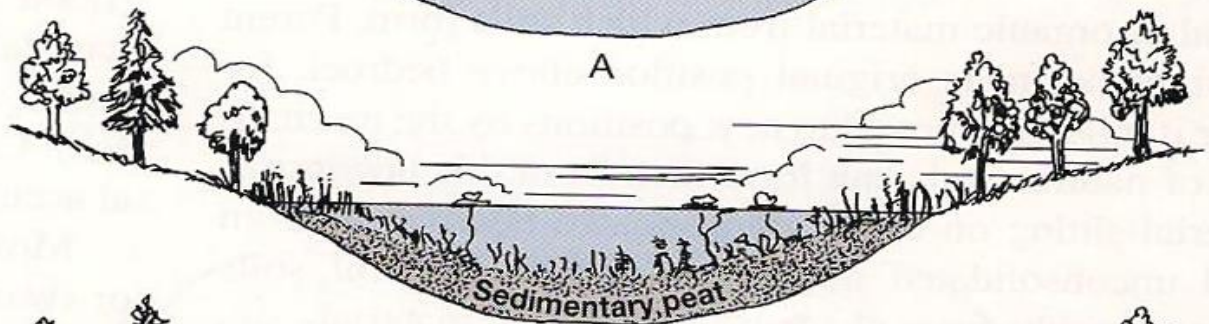
# Tiempo-Lapso

- En suelos de roca consolidada el proceso es muy lento.
- En suelos transportados el proceso es rápido.
- Afectado también por: humedad, temperatura, organismos.



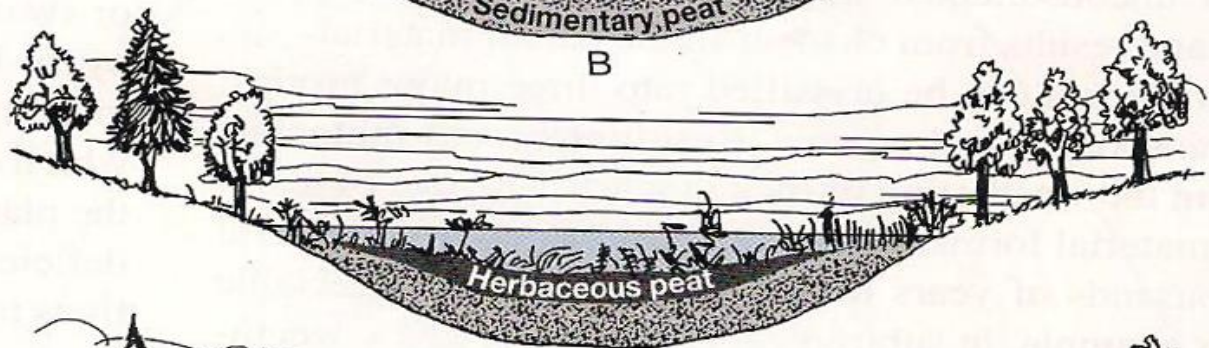
Pond

A



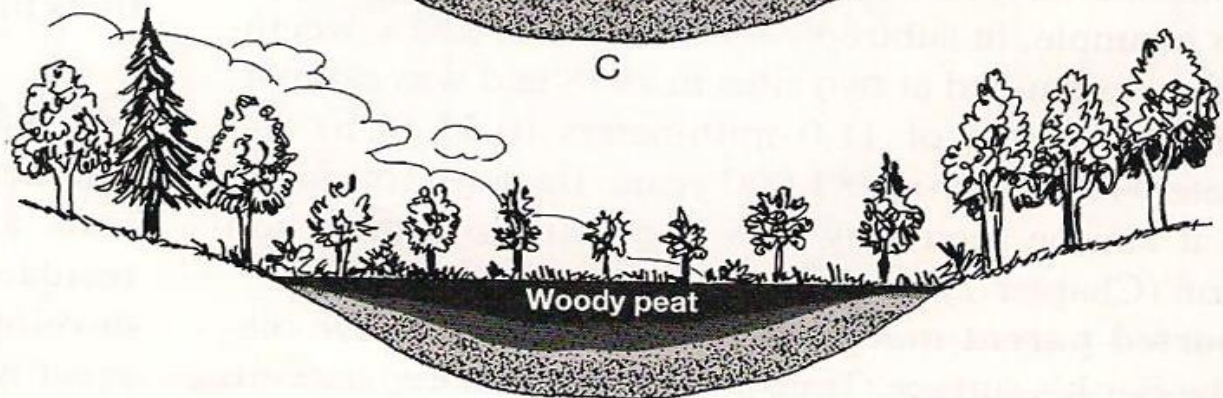
Sedimentary peat

B



Herbaceous peat

C



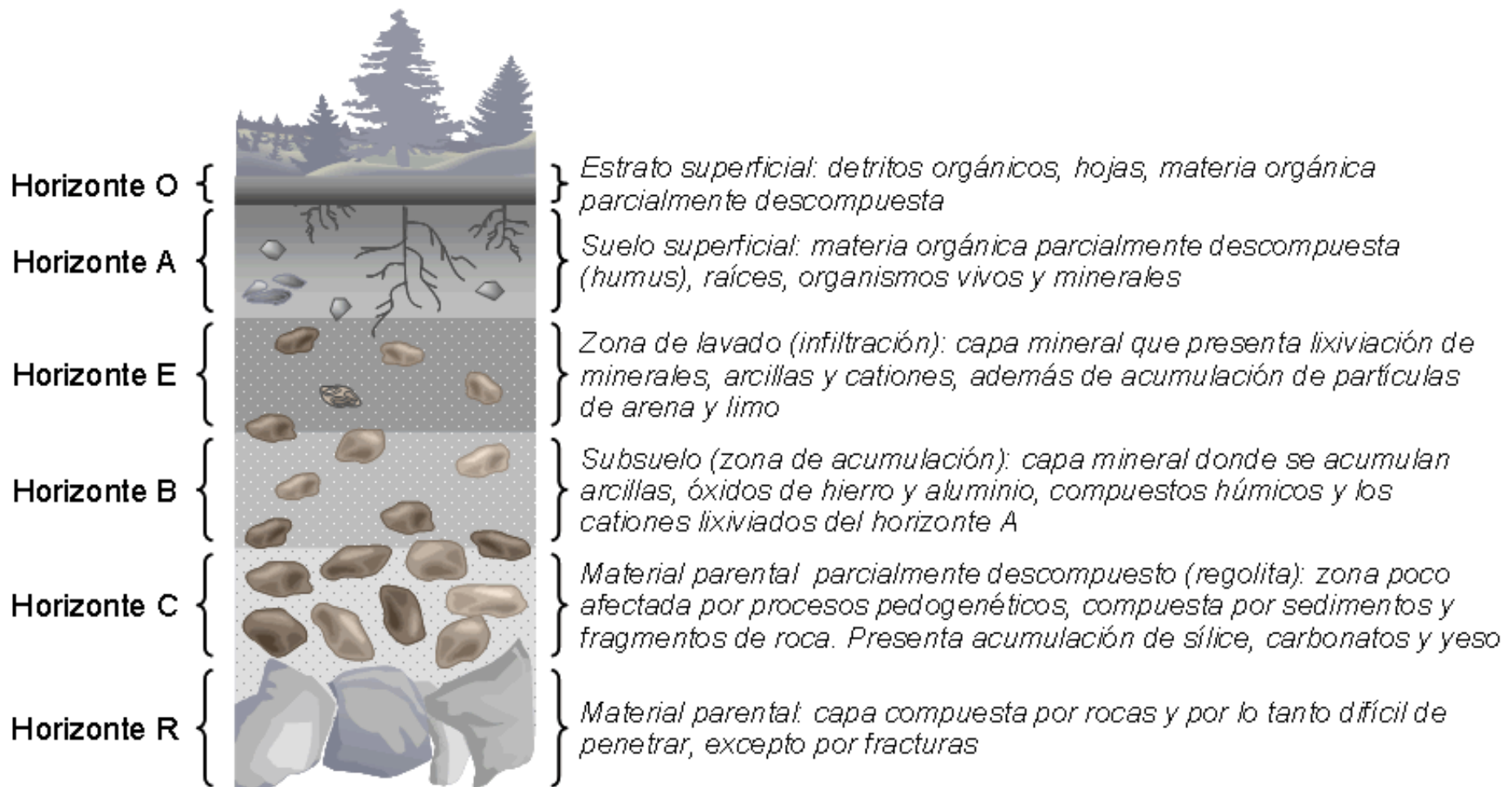
Woody peat

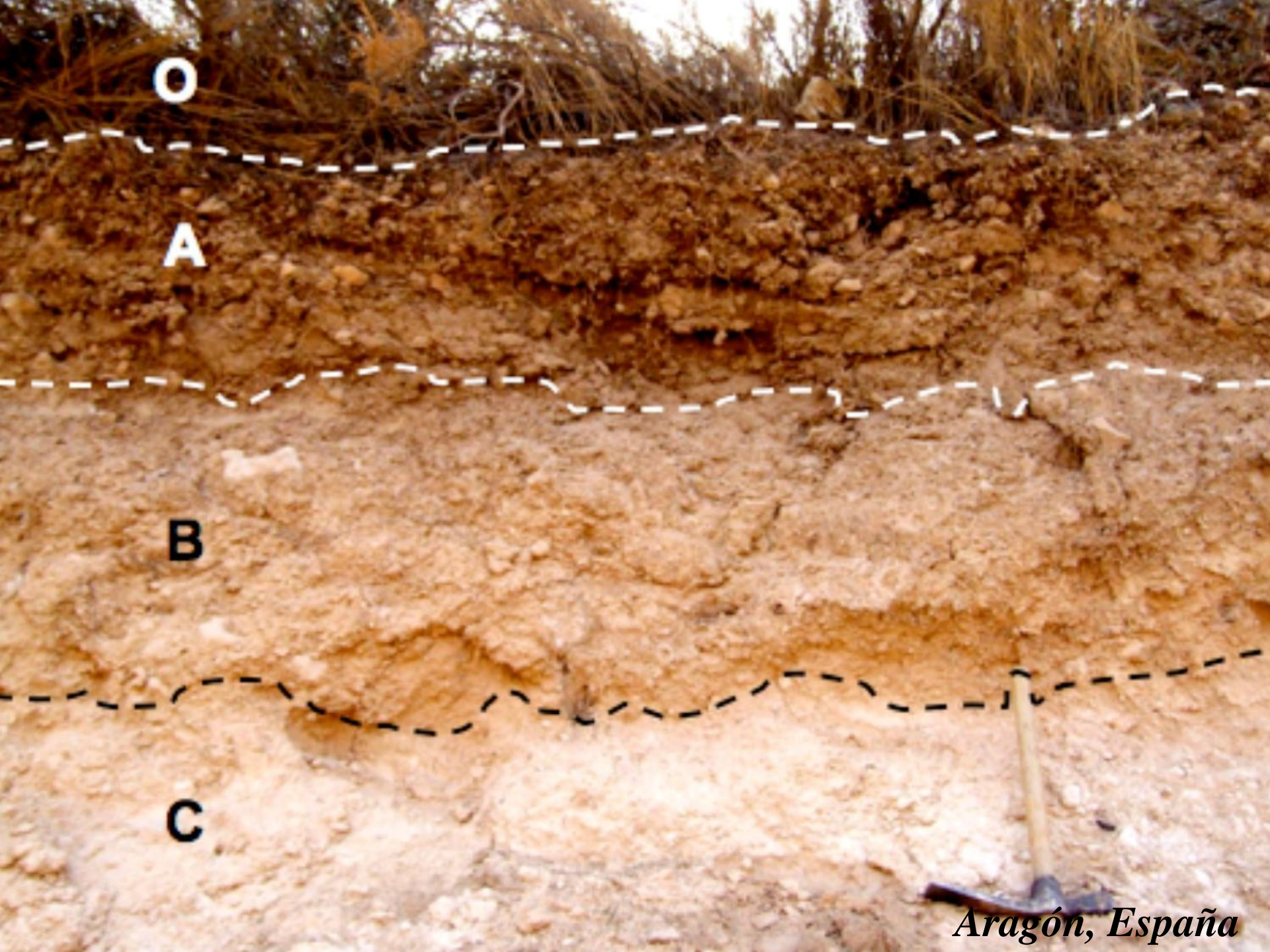
D

# Perfil de suelo



# Horizontes





O

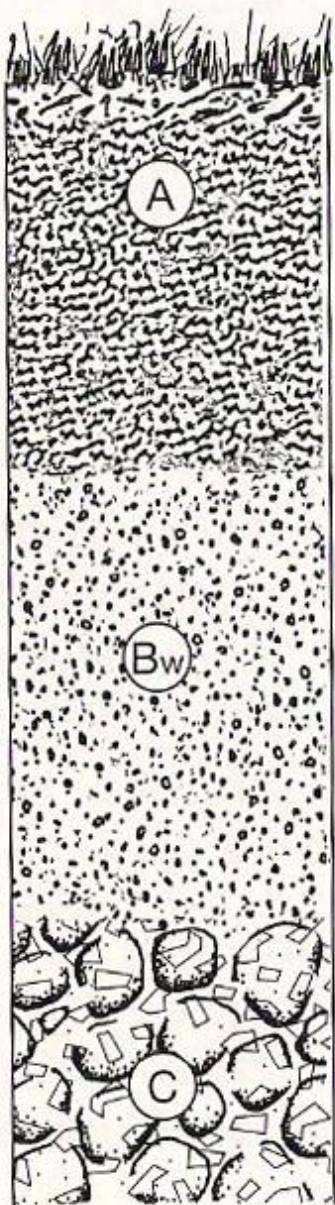
A

B

C

*Aragón, España*

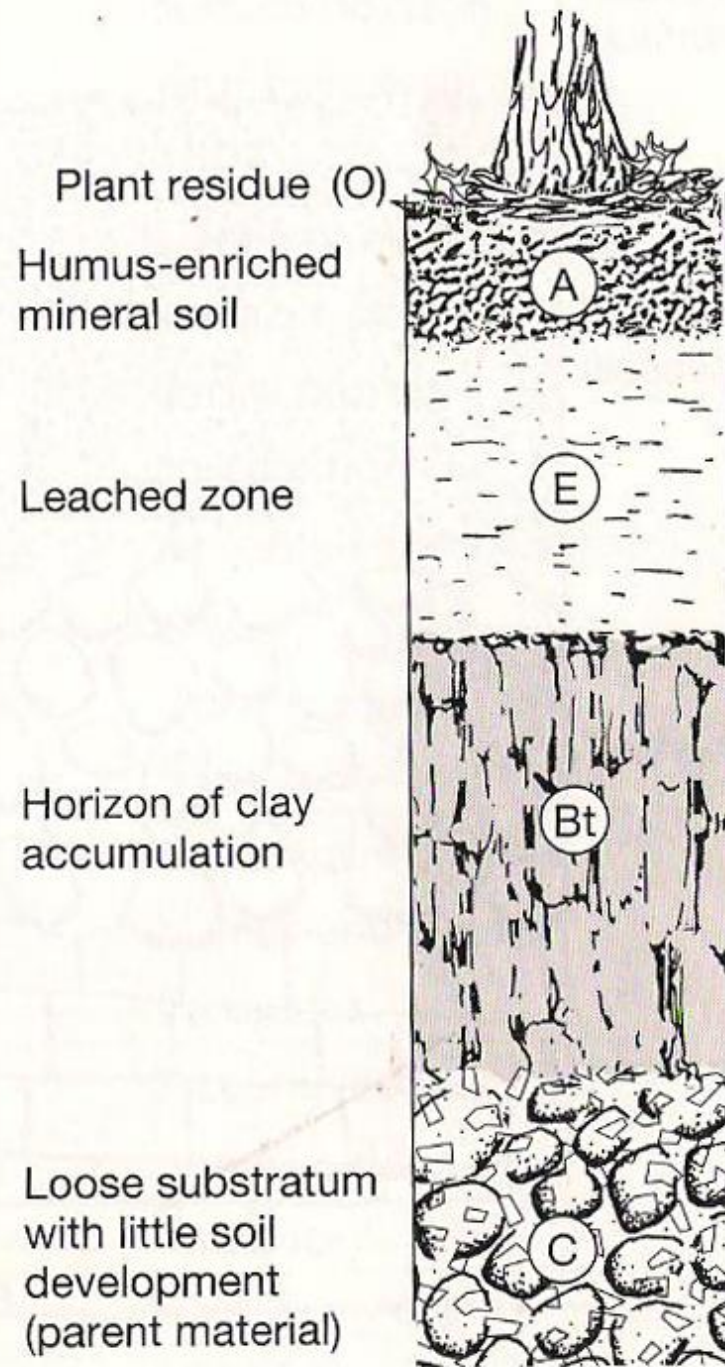




Humus-enriched mineral soil

Horizon of soil structure development but little clay accumulation

Loose substratum with little soil development (parent material)



Plant residue (O)

Humus-enriched mineral soil

Leached zone

Horizon of clay accumulation

Loose substratum with little soil development (parent material)



# Saqueo. Huella; Insustentabilidad



Cordillera de la Costa, Zona Central de Chile

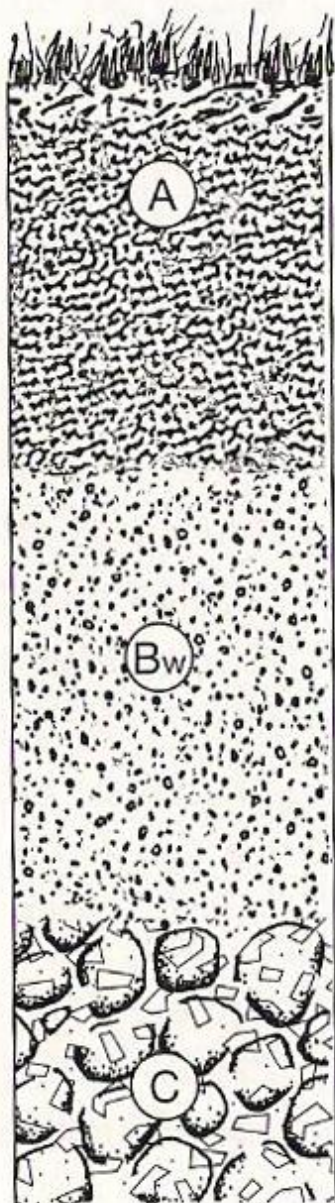


# Saqueo. Huella; Insustentabilidad



Cordillera de la Costa, Zona Central de Chile

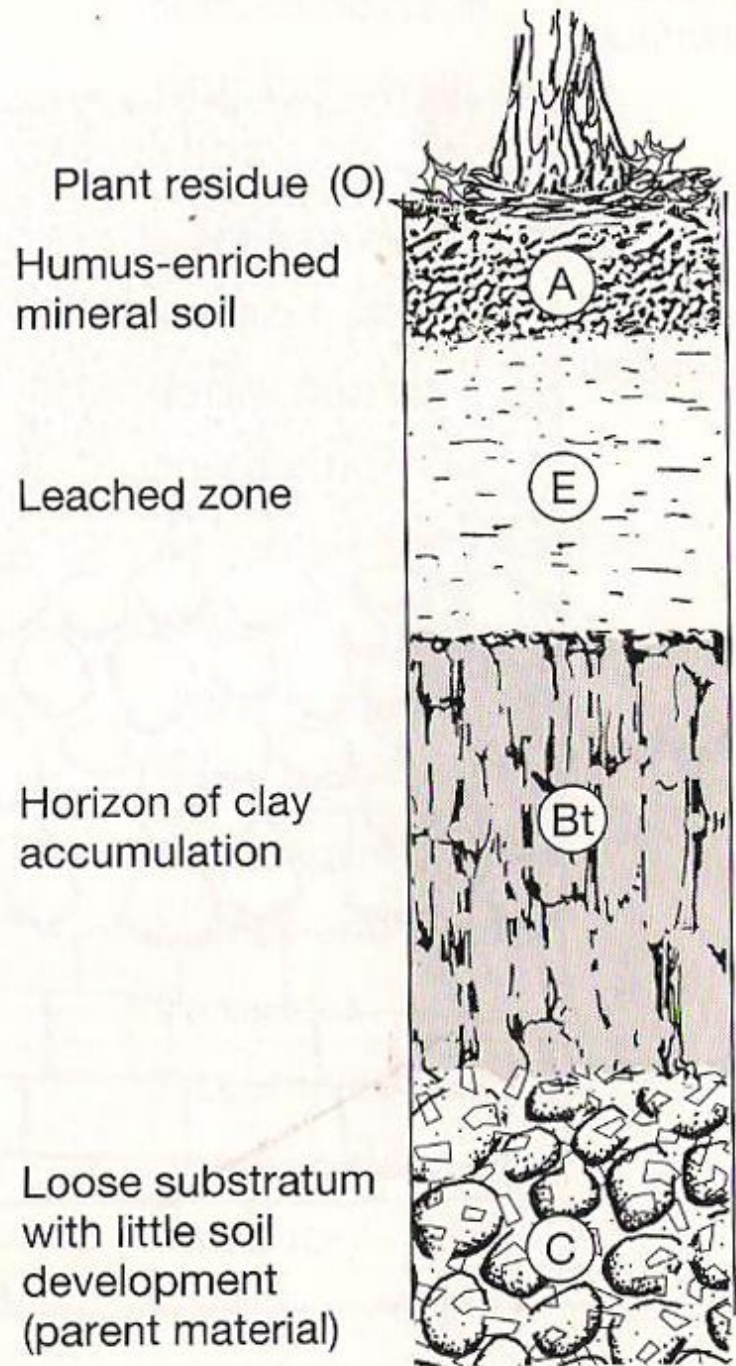




Humus-enriched mineral soil

Horizon of soil structure development but little clay accumulation

Loose substratum with little soil development (parent material)



Plant residue (O)

Humus-enriched mineral soil

Leached zone

Horizon of clay accumulation

Loose substratum with little soil development (parent material)



# Incorporaciones. Capacidad de carga; Sustentabilidad; Armónica



Gales

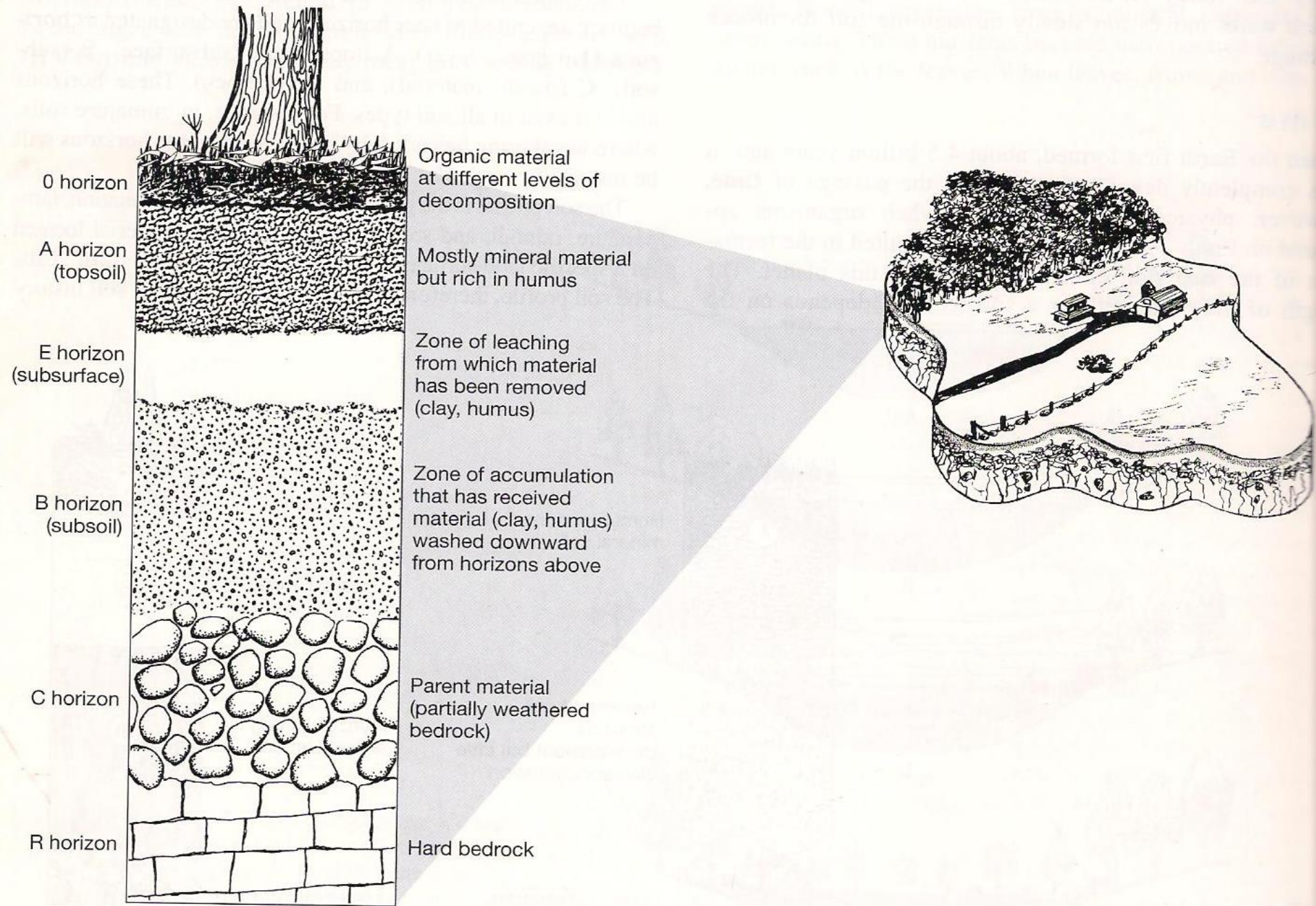


Incorporaciones y Extracciones. Paisaje y ecosistema estables y armónicos



Lorraine, Francia





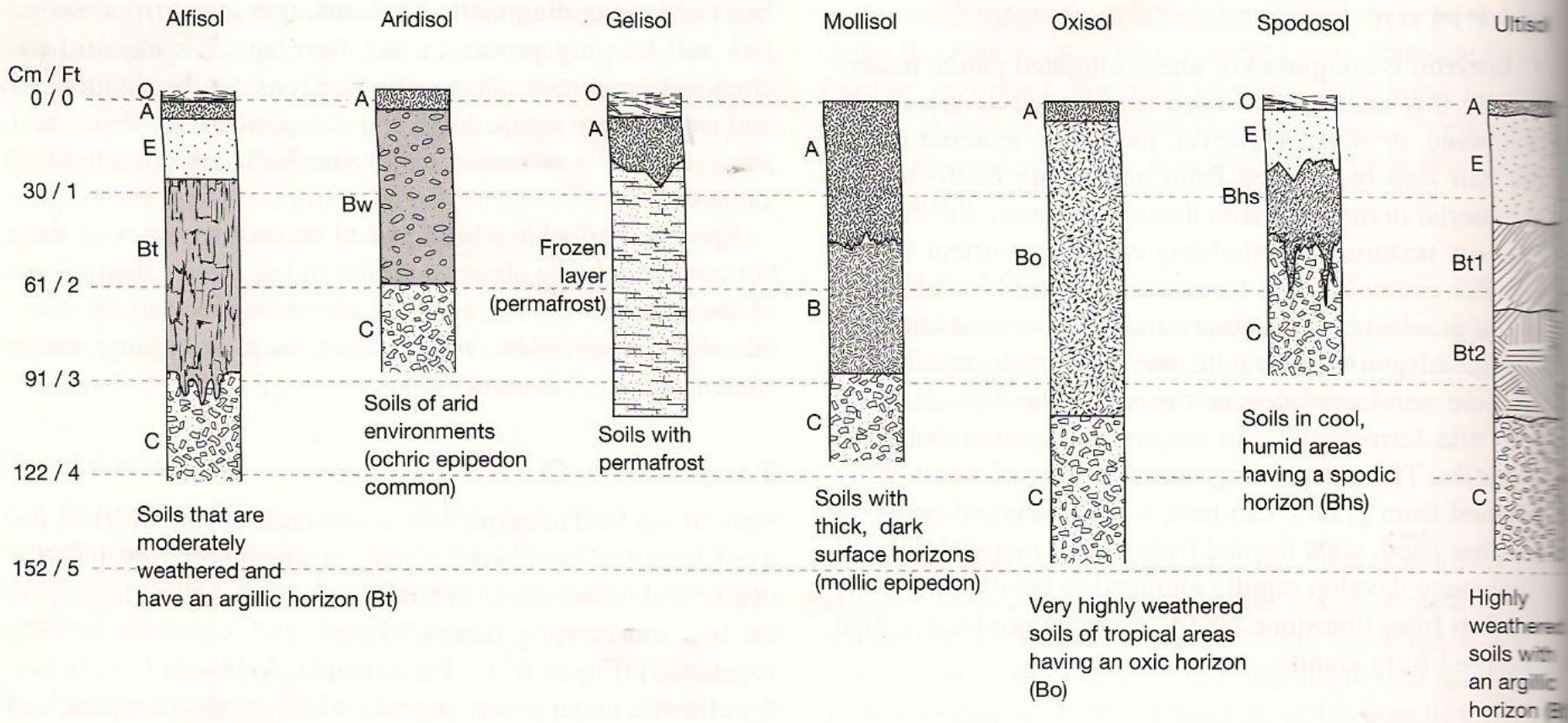
**FIGURE 6.15** A soil profile showing the major or Master horizons.

# Ordenes taxonómicos de suelos

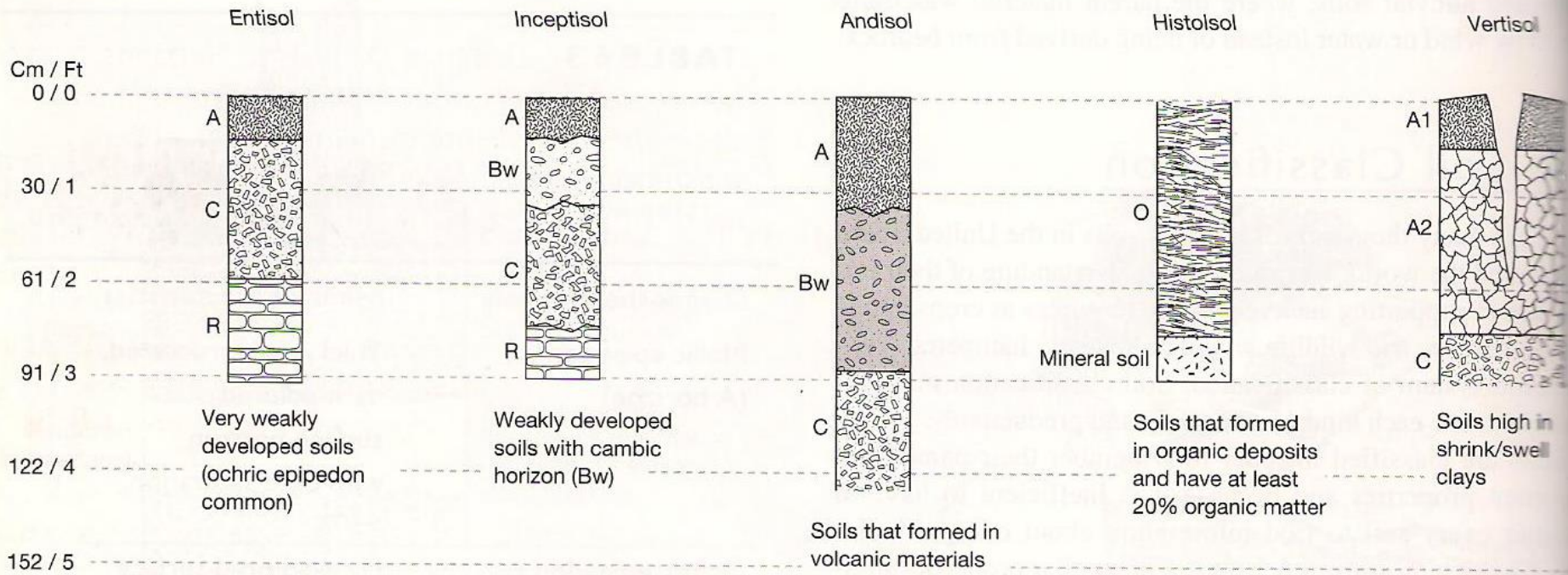
Existen 12 ordenes de "sols"

- **Aridisol:** climas secos, vegetaran cactus, algarrobos, artemisas
- **Oxisol:** clima húmedo, caluroso, bosques lluviosos tropicales
- **Entisol:** suelos juvenes
- **Inceptisol:** desarrollo débil, cualquier T° y humedad
- **Andisol:** material volcanico
- **Histosol:** depositos organicos > 20% de M.O.
- **Vertisol:** altos en arcillas expandibles
- **Mollisol:** horizontes superficiales profundos, oscuros, productivos
- **Spodosol:** clima frío. horizonte espódico arenoso (Bhs), acumulación humus, Fe, Al
- **Alfisol:** moderada intemperación, horizonte argílico Bt
- **Ultisol:** alta intemperación, horizonte argílico Bt
- **Gelisol:** suelos con permafrost





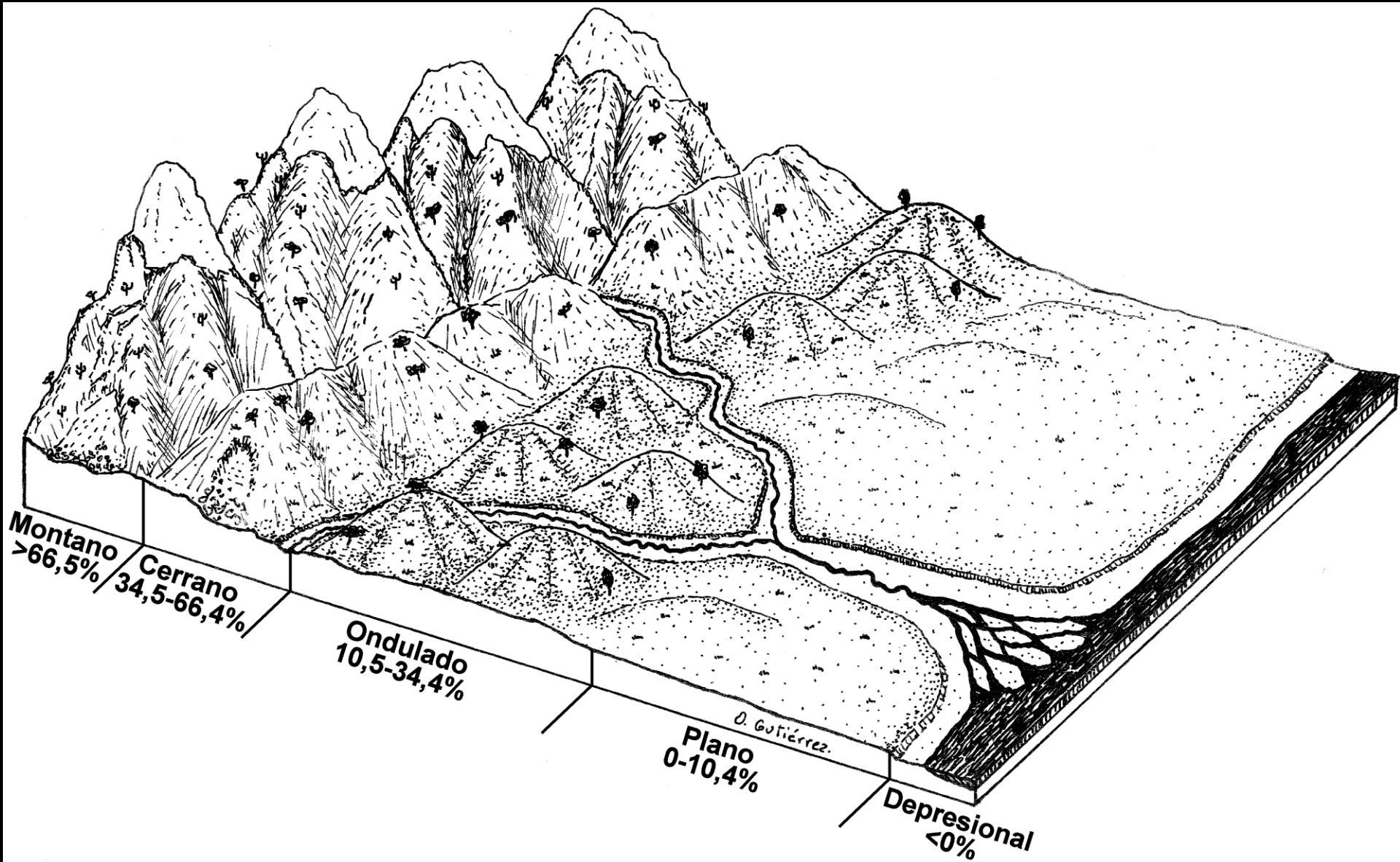
**FIGURE 6.16** Typical soil profiles of the seven soil orders that depend largely on the two soil-forming factors, climate and organisms (mainly vegetation).



**La Cuenca**

# Unidad de Cuenca

*Constituye una unidad ecológica y geomorfológica de ordenación territorial natural del área, donde intervienen los procesos naturales de génesis del ecosistema que conducen finalmente al clímax (máxima organización).*









# Organización Autopoiética de la Naturaleza

*Físico*

*Átomos*

*Químico*

*Moléculas*

*Geológico*

*Rocas, minerales*

*Geomorfológico*

*Fisiografía*

*Biológico*

*Especies*

*Ecológico*

*Ecosistemas*

# Ordenación Humana

- Antrópica
  - Social
  - Tecnológica
  - Económica
  - Política
- Escenario
  - Ecológico



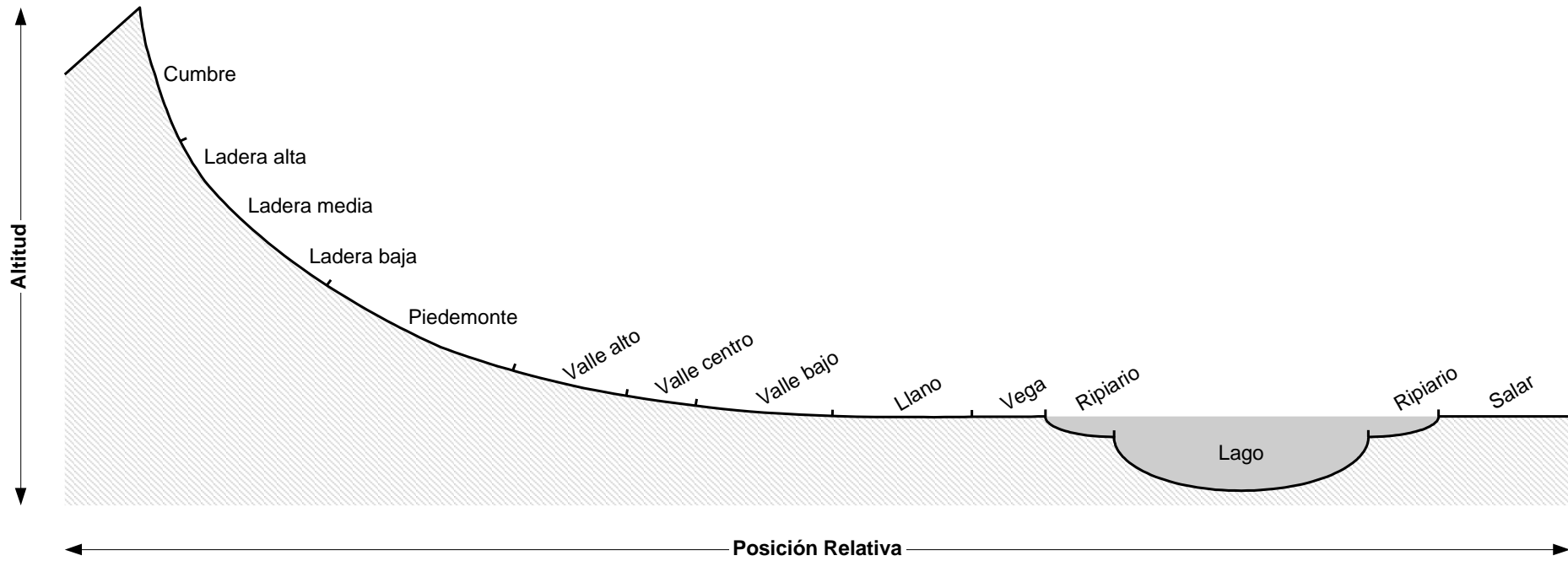








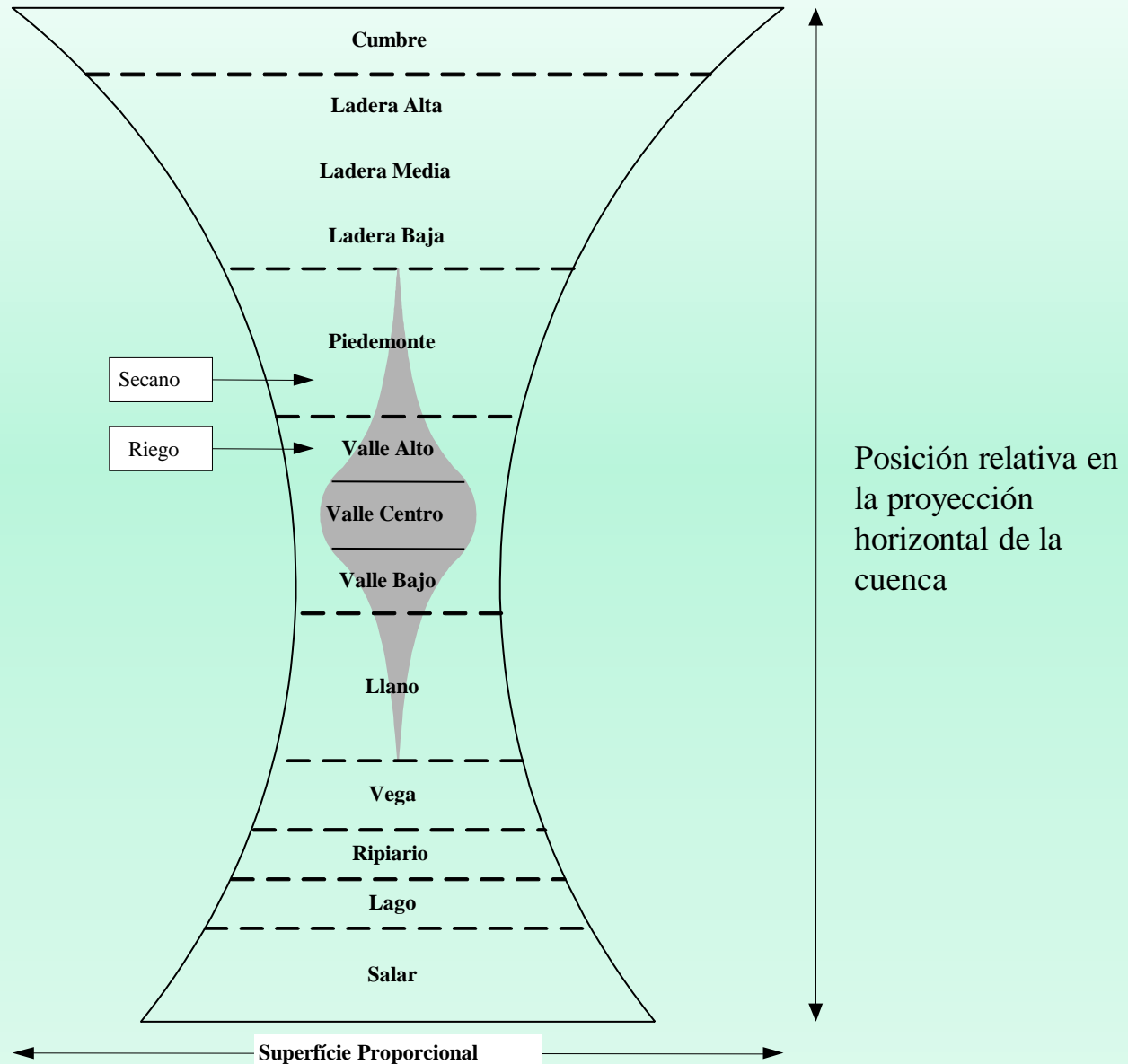








# Atributos según posición relativa en la cuenca



# Modelo Huella Ecológica de lavarse los dientes

Desayuno

Jabón

Agua

Bencina

Electricidad

CO2

Aire

Espejo

Micro

Pasta dental

Cañerías adecuadas

Cables de luz

Lavatorio

Cerámica

Etc.



Sarro

Aire sucio

Agua sucia

Tubos de pasta

Cepillo viejo

Desechos dentales

Chatarra

Etc.



# Atributos de la Cuenca

- Transporte de sustrato
- Calidad del sustrato
- Entropía-Información
- Vegetación natural
- Vegetación artificial
- Faunación
- Estabilidad del ecosistema natural
- Grado de artificialización
- Diversidad artificial
- Estabilidad del ecosistema artificial
- Permanencia de la población humana
- Amplitud de la estación favorable
- Época de residencia de la población humana
- Fitomasa natural en pie
- Naturaleza de los problemas
- Riego
- Tipos de ecosistemas

# Problema Actual

Desintegrar:

- Lo Público
- Lo Privado
- Lo Autopoiético

Integrar:

- Público-Privado-Autopoiético













# Problemas Fundamentales

- Capacidad de Ordenar
- ¿Quién gana?
- ¿Quién pierde?

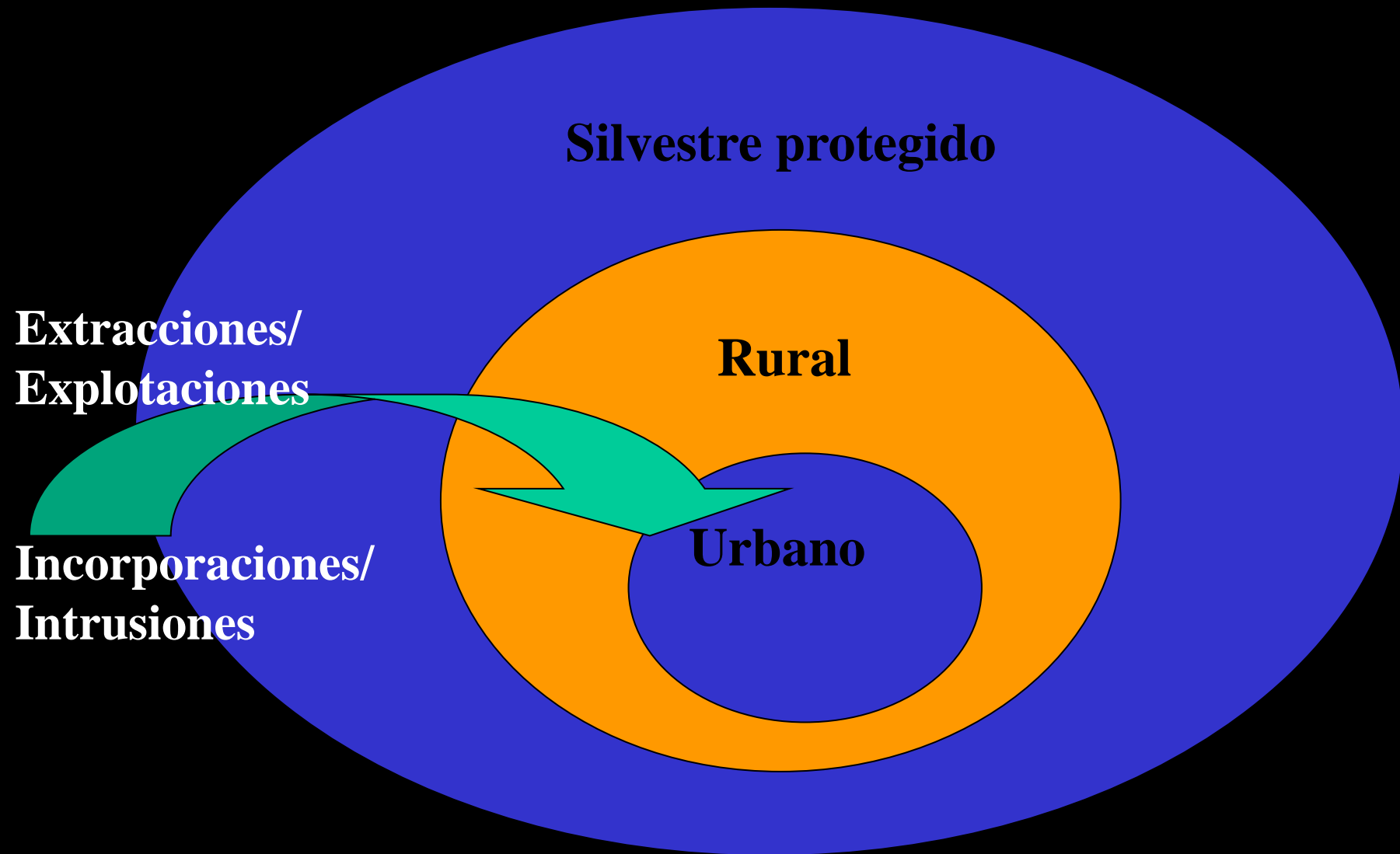
**Silvestre protegido**

**Rural**

**Urbano**

**Extracciones/  
Explotaciones**

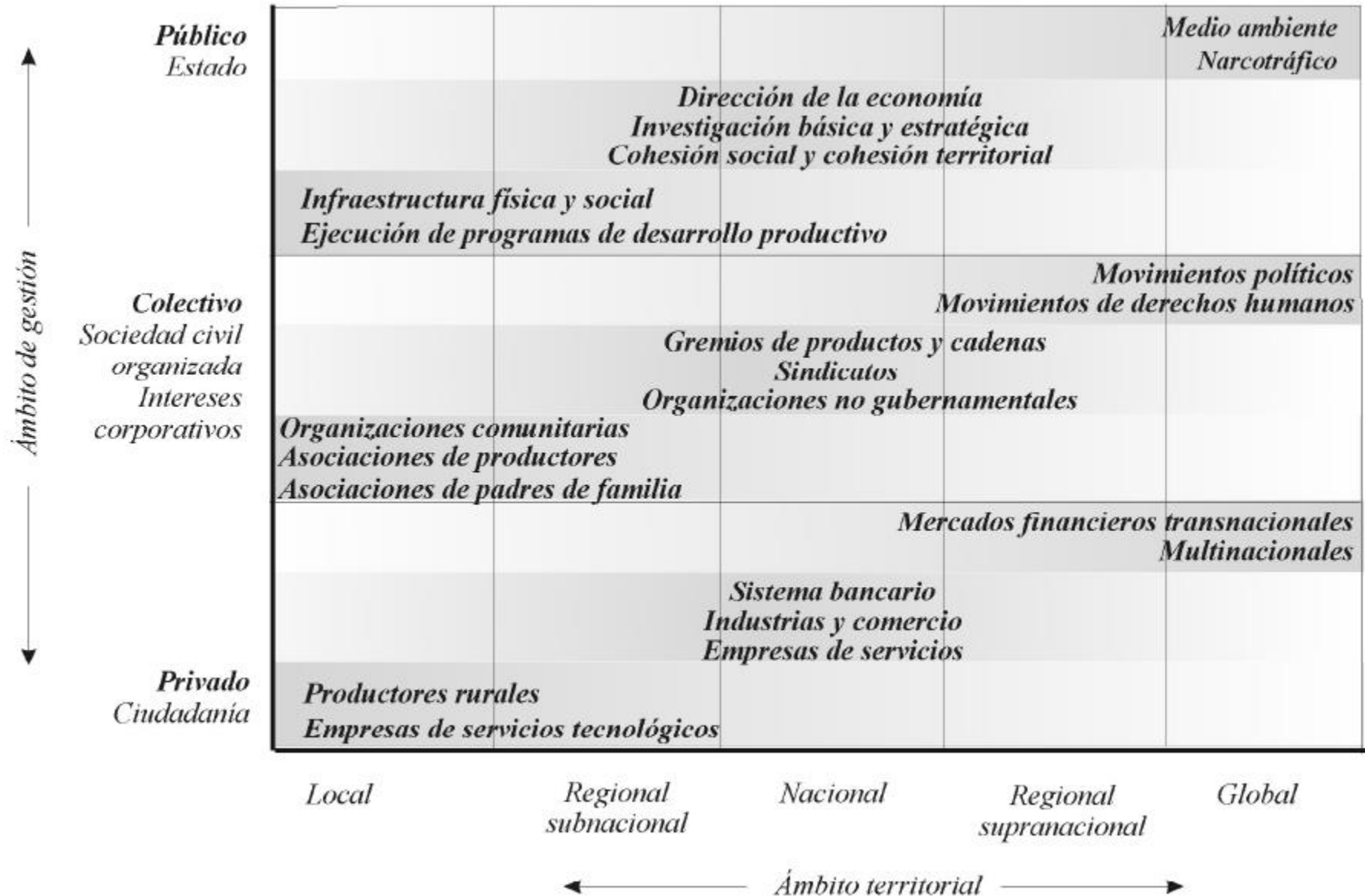
**Incorporaciones/  
Intrusiones**



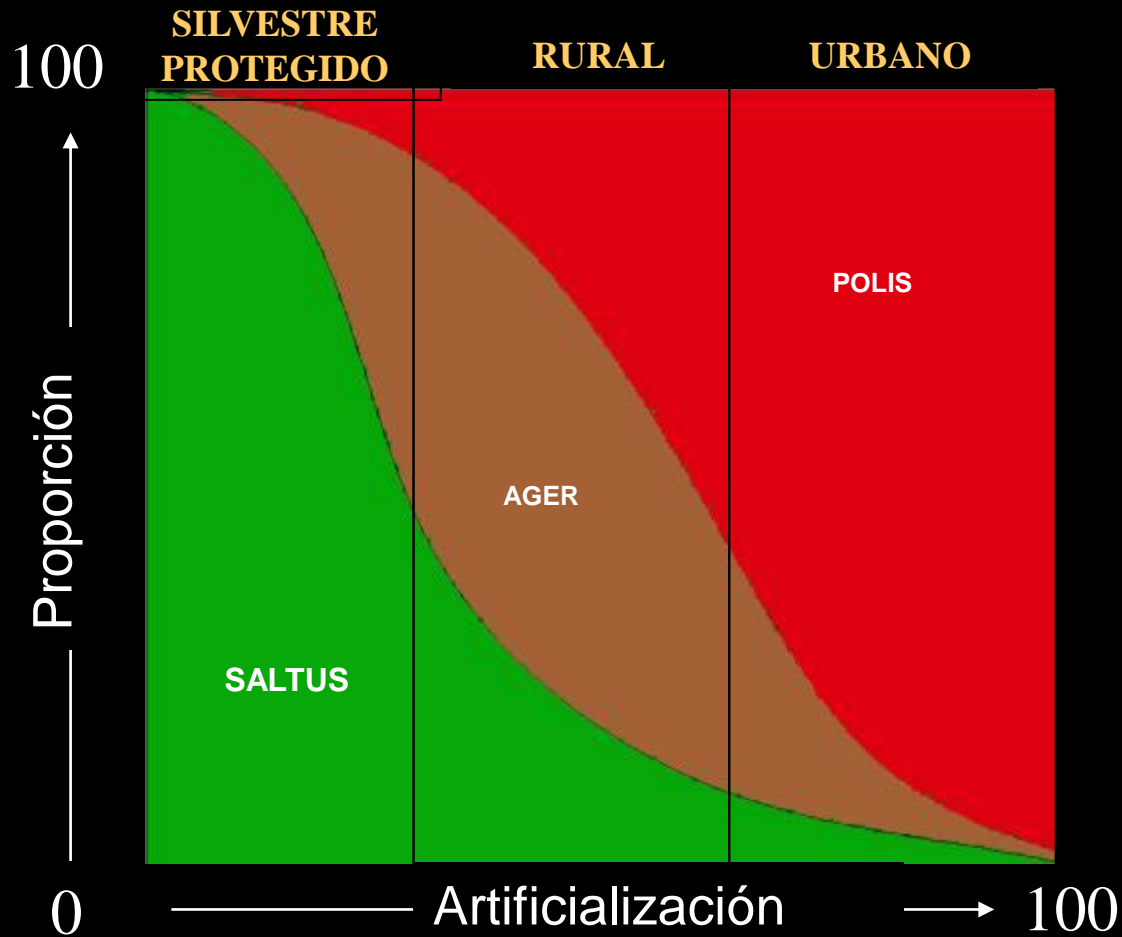
# Localización Recursos Naturales



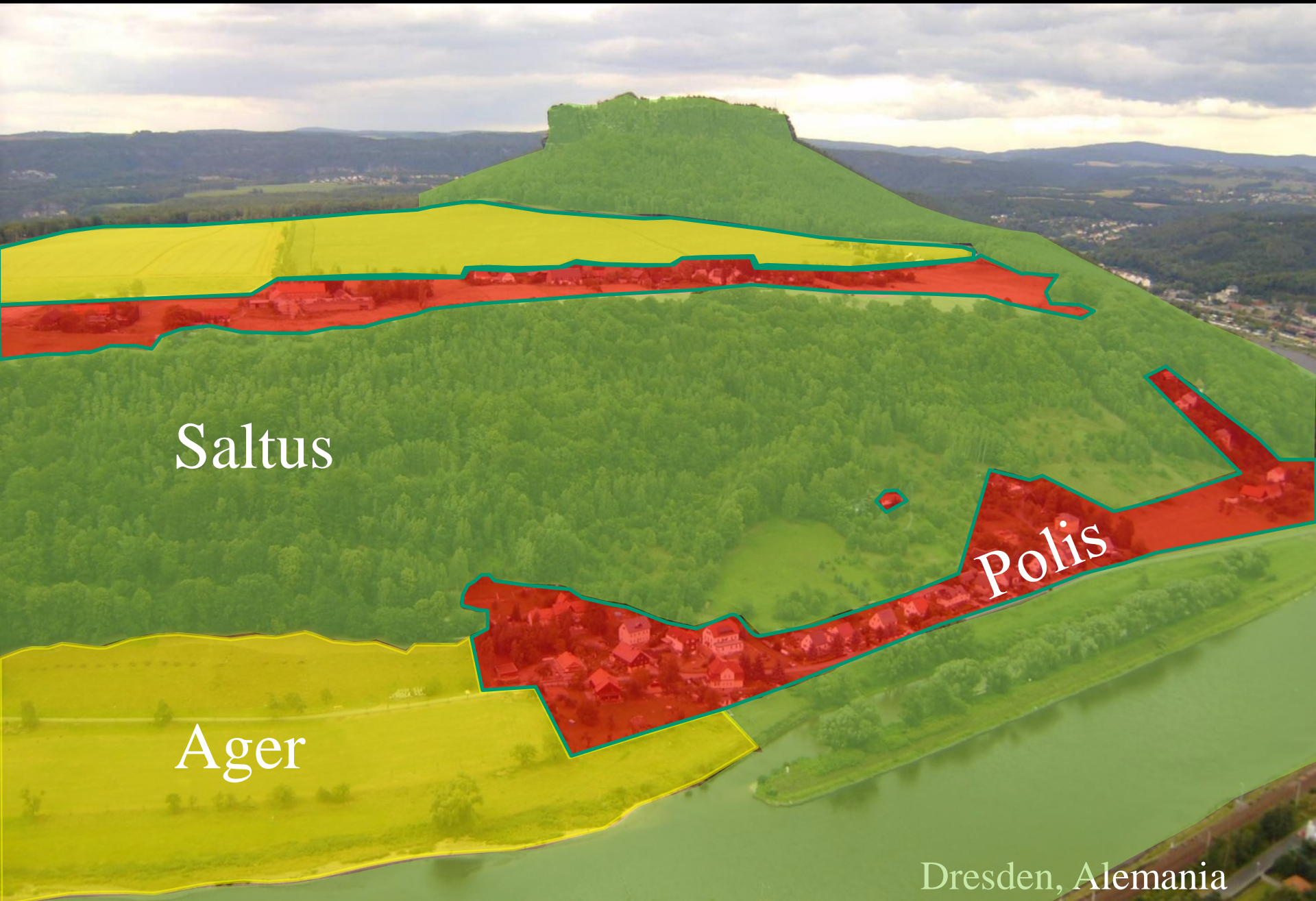




# Componentes del Territorio



# Paisaje Cultural Rural



Saltus

Ager

Polis

Dresden, Alemania

## Territorio Urbano

Megalopolis  
Ciudad  
Pueblos  
Villas  
Aldeas  
Cascos prediales  
Pueblas  
Asentamientos aislados

## Rural

Hacienda  
Comunidad  
Fundo  
Parcela  
Quinta  
Solar  
Erial

## Territorio Natural

Parque Nacional  
Reserva Nacional  
Monumento Natural  
Área de Protección  
Humedales  
Reserva de la Biósfera  
Área de Interés Científico  
Distrito de Conservación del Suelo  
Reserva Genética  
Santuario de la Naturaleza

Territorio Abandonado: Sitios eriazos urbanos, Antiguos asentamientos abandonados, Tierras de labor abandonadas, Parques quemados sin ningún destino, *Agri-deserti*, Praderas despastadas sin uso, Fondos abandonados, *Saltus*, Retazos sin uso



# Costos: Producción de Maíz

Item	kcal/ha
• Horas hombre	10.767
• Maquinaria	990.000
• Nitrógeno	2.018.520
• Fósforo	107.670
• Irrigación	475.589
• Pesticidas	727.437
• <u>Combustible</u>	<u>3.200.326</u>
<b>TOTAL</b>	<b>7.530.309</b>

# Costos: Producción de Maíz según Calidad del Suelo

- **Suelos Clase I:**

**41.835 Kcal qq<sup>-1</sup>**

- **Suelos Clase VI:**

**627.525 Kcal qq<sup>-1</sup>**

# Costos: Producción de Maíz en distintos agroecosistemas

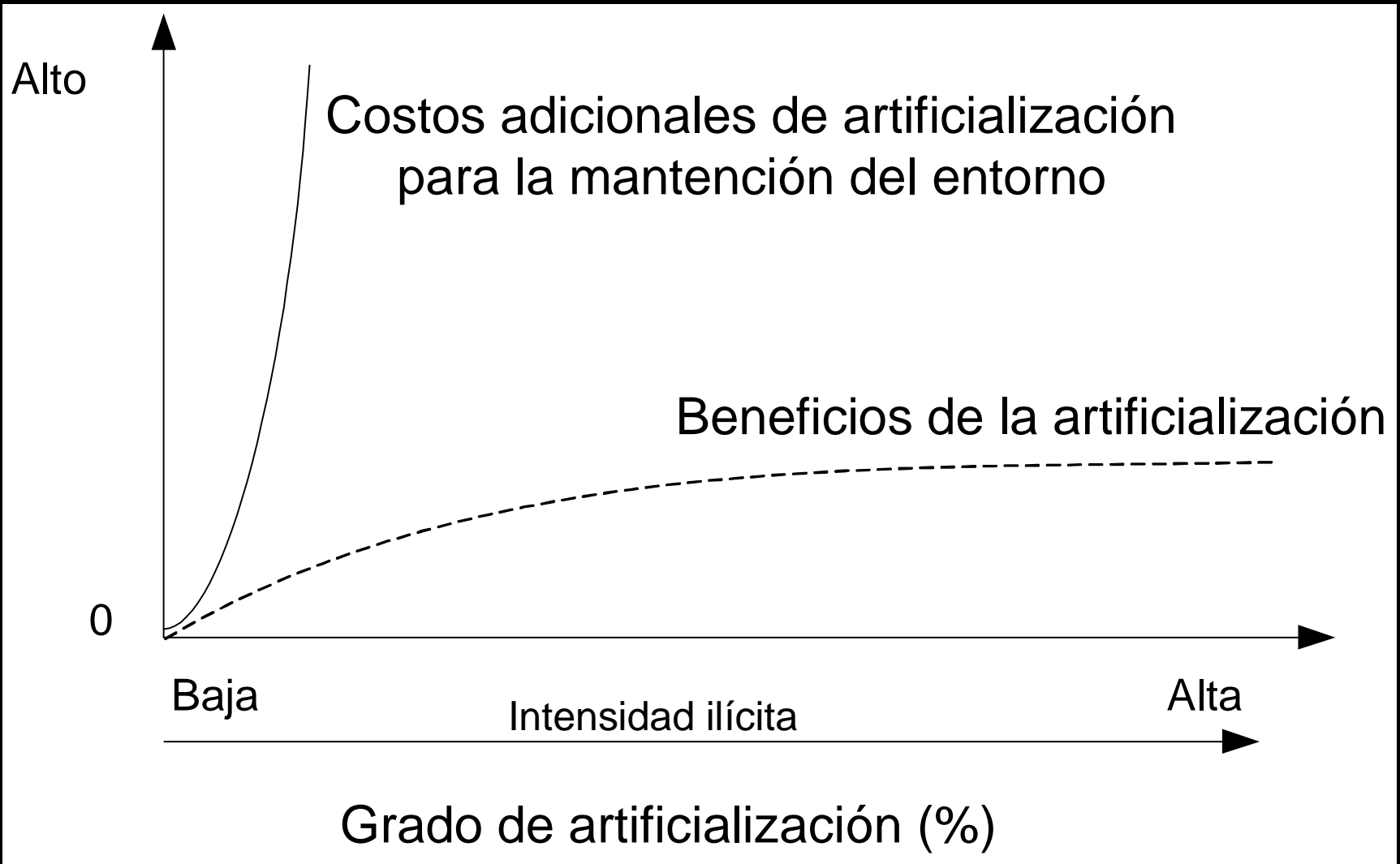
Input y retorno energético en distintos agroecosistemas de producción de maíz	
<b>Basado en mano de obra, sin maquinaria (México)</b>	
<i>Rendimiento: 1944 kg/ha</i>	<b>kcal/ha</b>
Total Input	52.762
Total Output (producción)	6.765.120
<b>Output/input</b>	<b>128,2</b>
<b>Producción con riego, productos químicos y uso de maquinaria (Texas, USA)</b>	
<i>Rendimiento: 7804 kg/ha</i>	<b>kcal/ha</b>
Total Input	34.678.386
Total Output (producción)	27.169.864
<b>Output/input</b>	<b>0,78</b>

# Energía: Transformidad

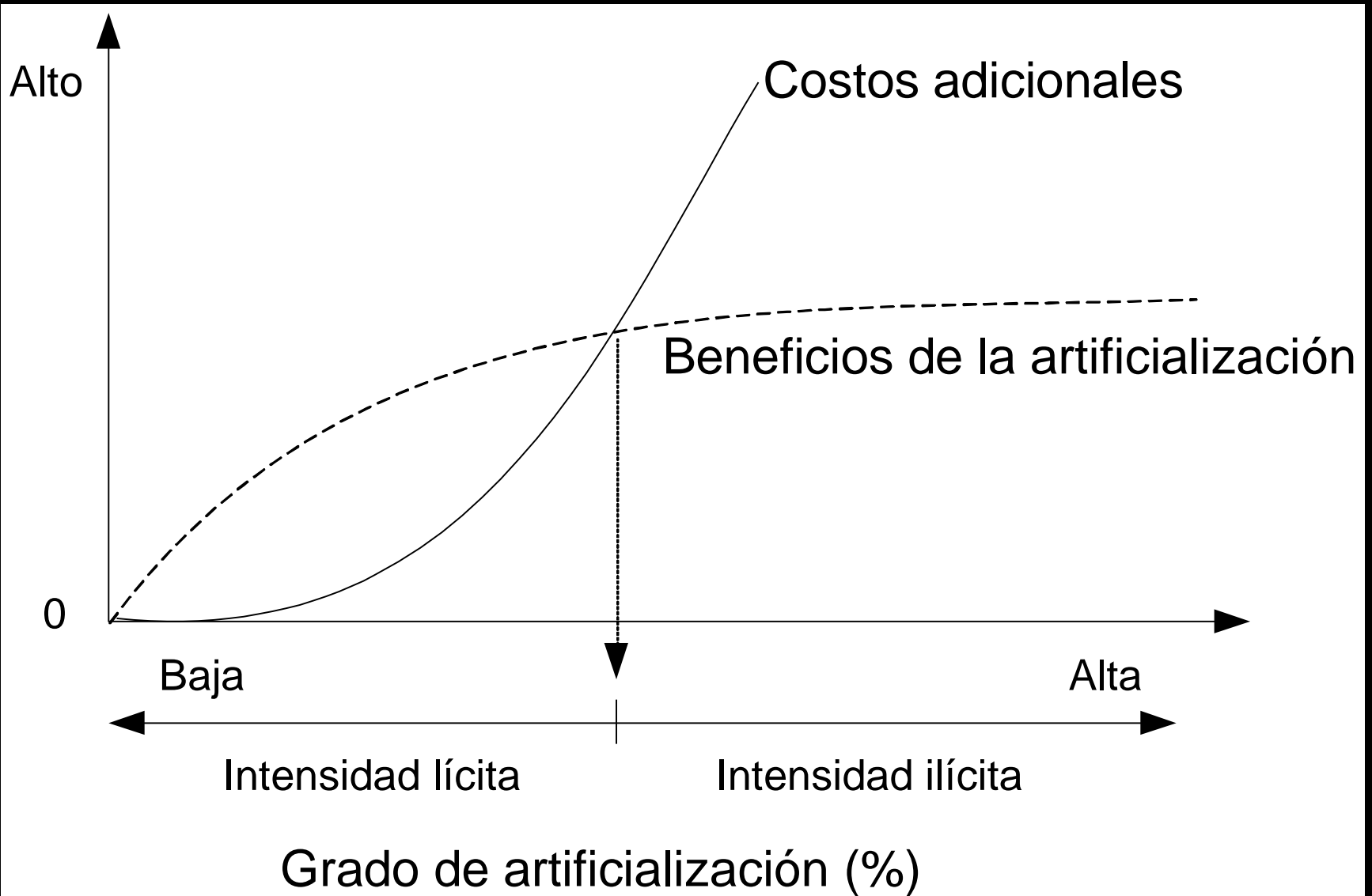
Item	Calorías solares por calorías
Energía solar	1
Energía del viento	1.500
Materia orgánica, madera, suelo	4.400
Potencial de agua elevada	10.000
Energía química del agua	18.000
Energía mecánica	20.000
Energía de un río extenso	40.000
Combustibles fósiles	50.000
Alimentos	100.000
Energía eléctrica	170.000
Proteínas de los alimentos	1.000.000
Servicios humanos	100.000.000
Información	100.000.000.000
Formación de especies	1.000.000.000.000.000



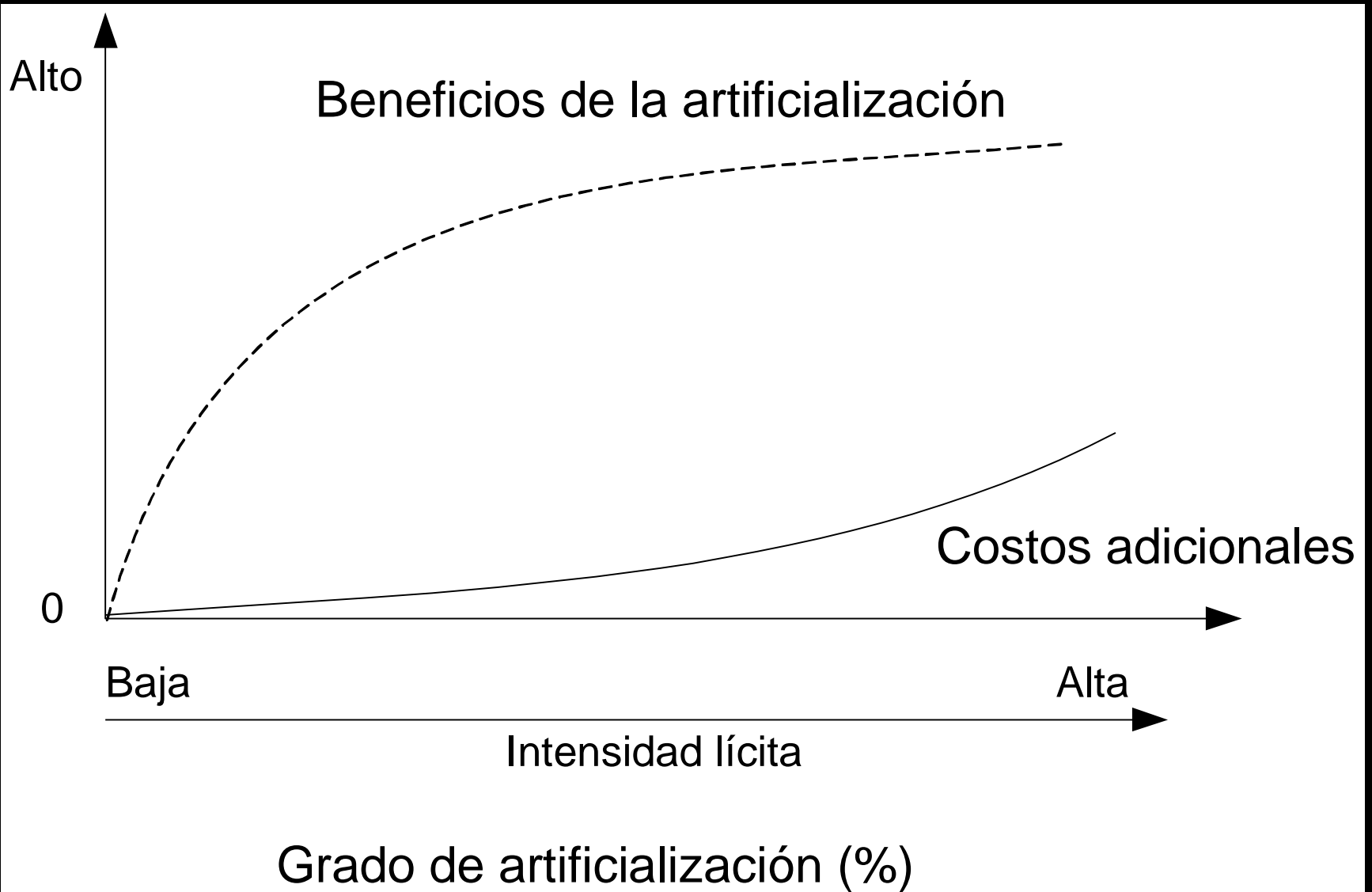
# ACTUAR VS. NO ACTUAR



# ACTUAR VS. NO ACTUAR



# ACTUAR VS. NO ACTUAR



# Servicios y Funciones del Territorio

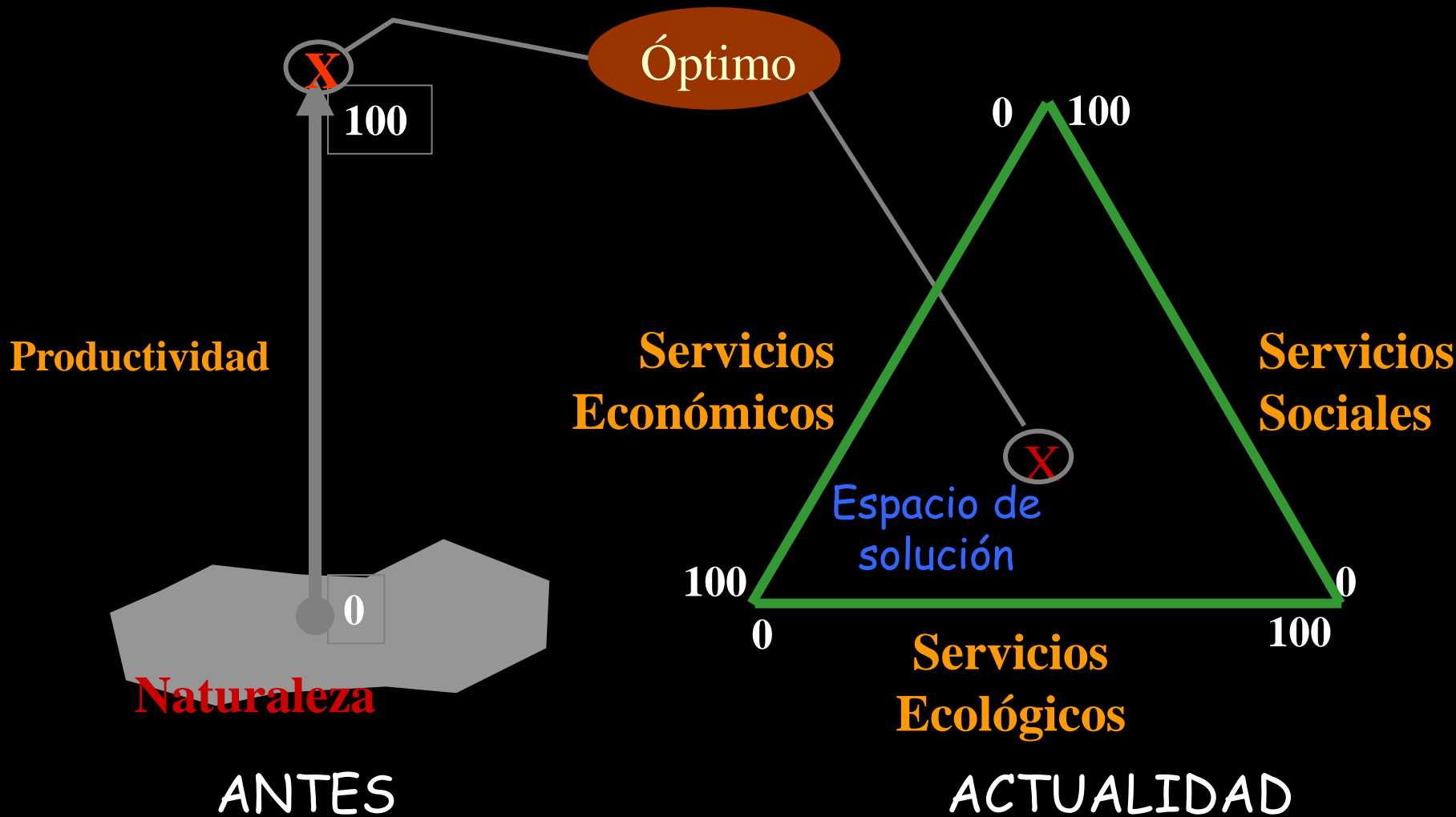
• Regulación de gases	<b>1.341</b> US\$/ha/año
• Regulación climática	<b>684</b> US\$/ha/año
• Regulación de disturbios	<b>1.779</b> US\$/ha/año
• Regulación hídrica	<b>1.115</b> US\$/ha/año
• Suministro agua	<b>1.692</b> US\$/ha/año
• Control erosión y retención de sedimentos	<b>576</b> US\$/ha/año
• Formación de suelos	<b>53</b> US\$/ha/año
• Ciclo de nutrientes	<b>17.075</b> US\$/ha/año
• Tratamiento de basuras	<b>2.277</b> US\$/ha/año
• Polinización	<b>117</b> US\$/ha/año
• Control biológico	<b>417</b> US\$/ha/año
• Refugio	<b>124</b> US\$/ha/año
• Producción de alimentos	<b>1.386</b> US\$/ha/año
• Materias primas	<b>721</b> US\$/ha/año
• Recursos genéticos	<b>79</b> US\$/ha/año
• Recreación	<b>815</b> US\$/ha/año
• Cultura	<b>3.015</b> US\$/ha/año



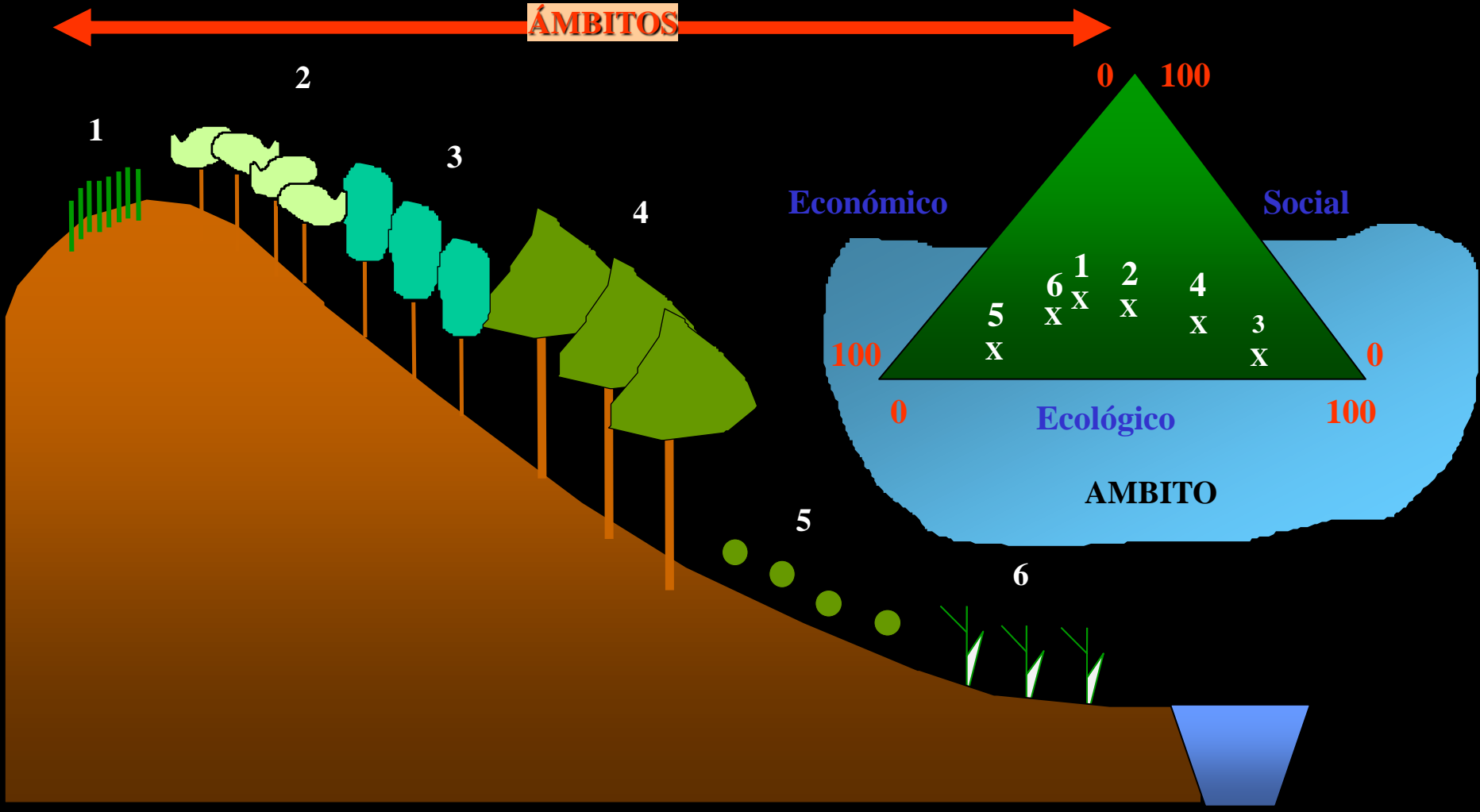
---

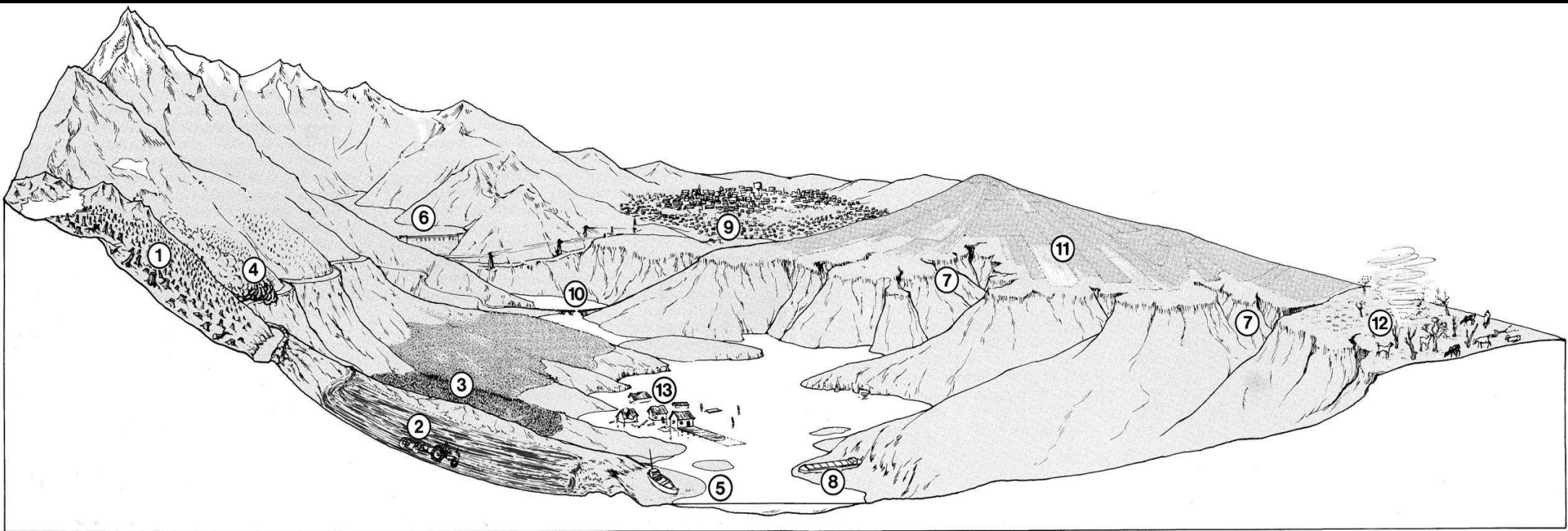
<b>ECOSISTEMA</b>	<b>Servicios Ecológicos</b>	<b>Servicios de Negocios</b>
HUMEDALES	Muy Altos	Insignificantes
BOSQUE NATIVO	Altos	Muy Bajos
GANADERÍA	Bajos	Bajos
CULTIVOS	Muy Bajos	Altos
CIUDADES, INDUSTRIAS	Insignificantes o negativos	Muy Altos

# Incorporación del Paisaje Cultural en las actuaciones

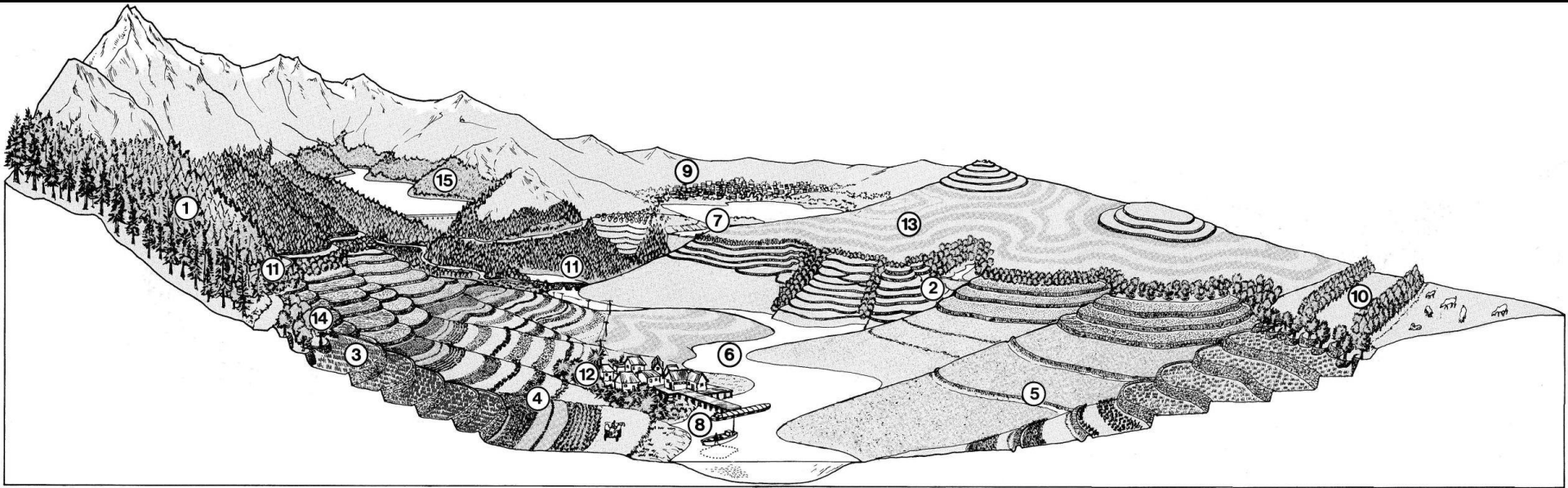


# Variación espacial del espacio de solución









# Interrelación de Dominios en el Paisaje

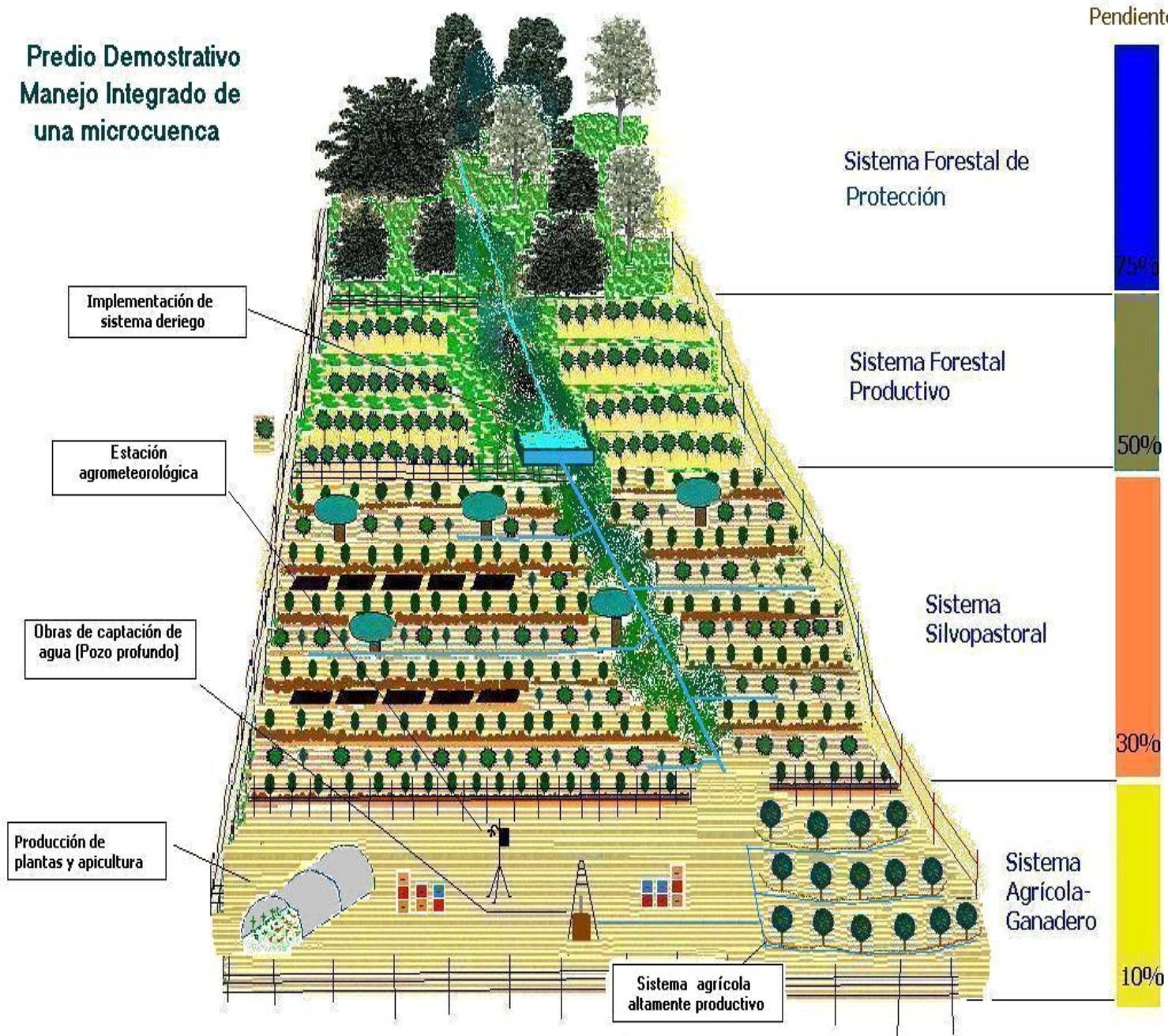




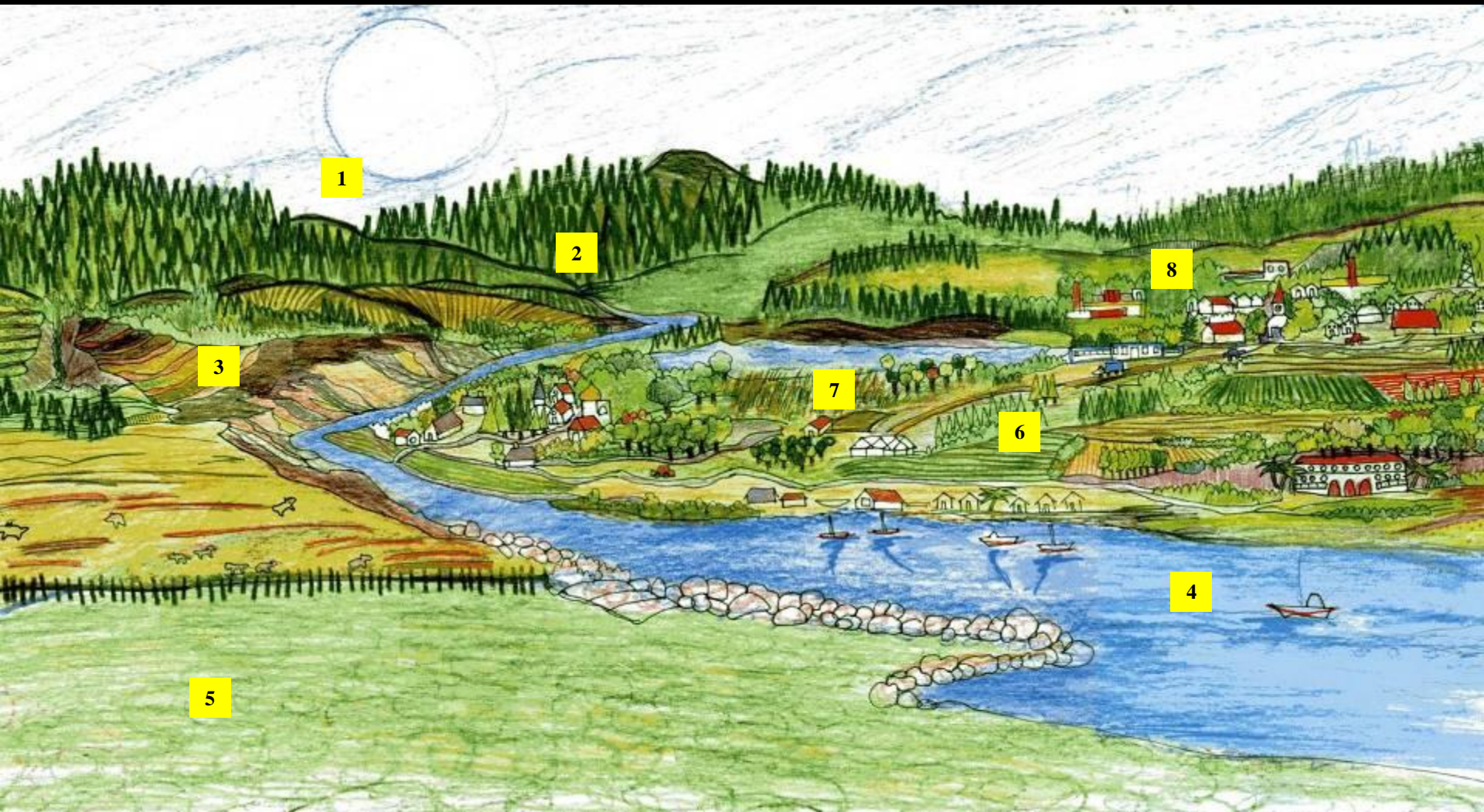


# Predio Demostrativo Manejo Integrado de una microcuenca

Pendiente







1. Áreas protegidas
2. Cuenca hidrográfica
3. Tierras degradadas restaurándose
4. Áreas costeras y marinas
5. Praderas naturales manejadas
6. Tierras de labor sostenibles
7. Instituciones comunitarias
8. Pueblos de apoyo institucional