



El cultivo de hortícolas protegidas en Agricultura ecológica

Jesús J Ariza Ruiz

Ingeniero Técnico Agrícola

Sevilla, 14 de Octubre de 2010

AGRICULTURA:

Es la actividad agraria que comprende todo un conjunto de acciones humanas que transforman el medio ambiente natural, con el fin de hacerlo más apto para el crecimiento de las siembras.

Es una actividad de gran importancia estratégica como base fundamental para el desarrollo autosuficiente y riqueza de las naciones.

TIPOS DE AGRICULTURA

Según la dependencia del agua:

Secano

Regadío

Según el método y objetivos:

Agricultura tradicional

Agricultura industrial

Agricultura ecológica

Agricultura natural

Agricultura de precisión

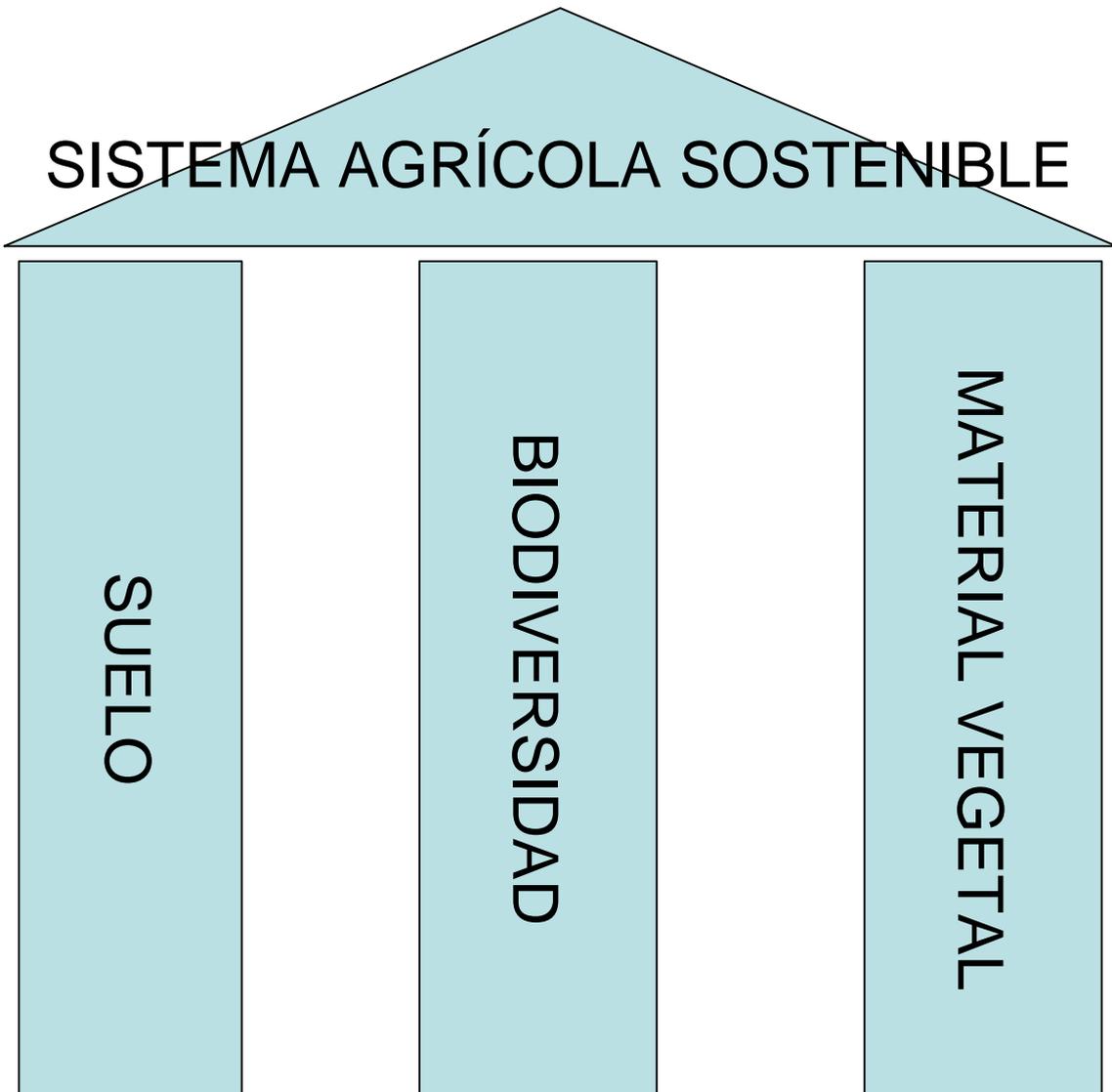
Definición de Agricultura Ecológica según CODEX Alimentarius

- Es un sistema global de la producción que fomenta y realza la salud de los agroecosistemas, inclusive la **diversidad biológica**, los **ciclos biológicos** y la **actividad biológica del suelo**.
- Esto se consigue con métodos agronómicos, biológicos y mecánicos, en contraposición a la utilización de materiales sintéticos, para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema

Agricultura Ecológica:

- “Es un sistema agrario cuyo objetivo principal es la **obtención de alimentos de máxima calidad** respetando el medio ambiente y conservando y/o aumentando la fertilidad del suelo, mediante la utilización óptima de los recursos y sin el empleo de productos químicos de síntesis”. En todo caso, un producto agrario y alimentario, para poder ser considerado ecológico, debe de cumplir con los requisitos de los **Reglamentos CEE 834/07 y 889/08**.

SISTEMA AGRÍCOLA SOSTENIBLE

The diagram is shaped like a house. At the top is a light blue triangle with the text 'SISTEMA AGRÍCOLA SOSTENIBLE'. Below the triangle are three vertical light blue bars. The left bar is labeled 'SUELO', the middle bar is labeled 'BIODIVERSIDAD', and the right bar is labeled 'MATERIAL VEGETAL'. A horizontal line is at the bottom of the bars.

SUELO

BIODIVERSIDAD

MATERIAL VEGETAL

Sistemas ecológicos



Sistemas ecológicos



Sistemas ecológicos





BIODIVERSIDAD



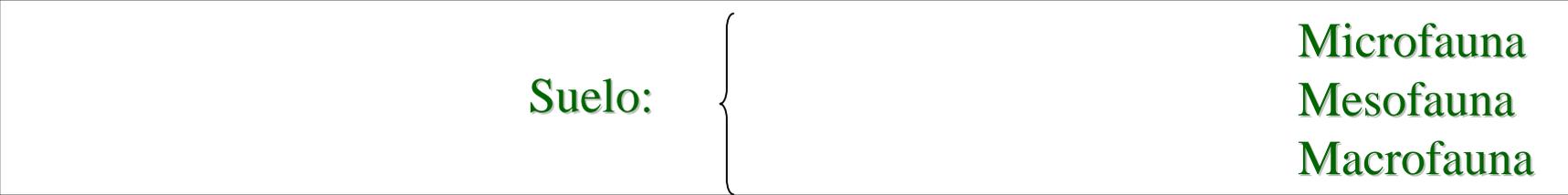
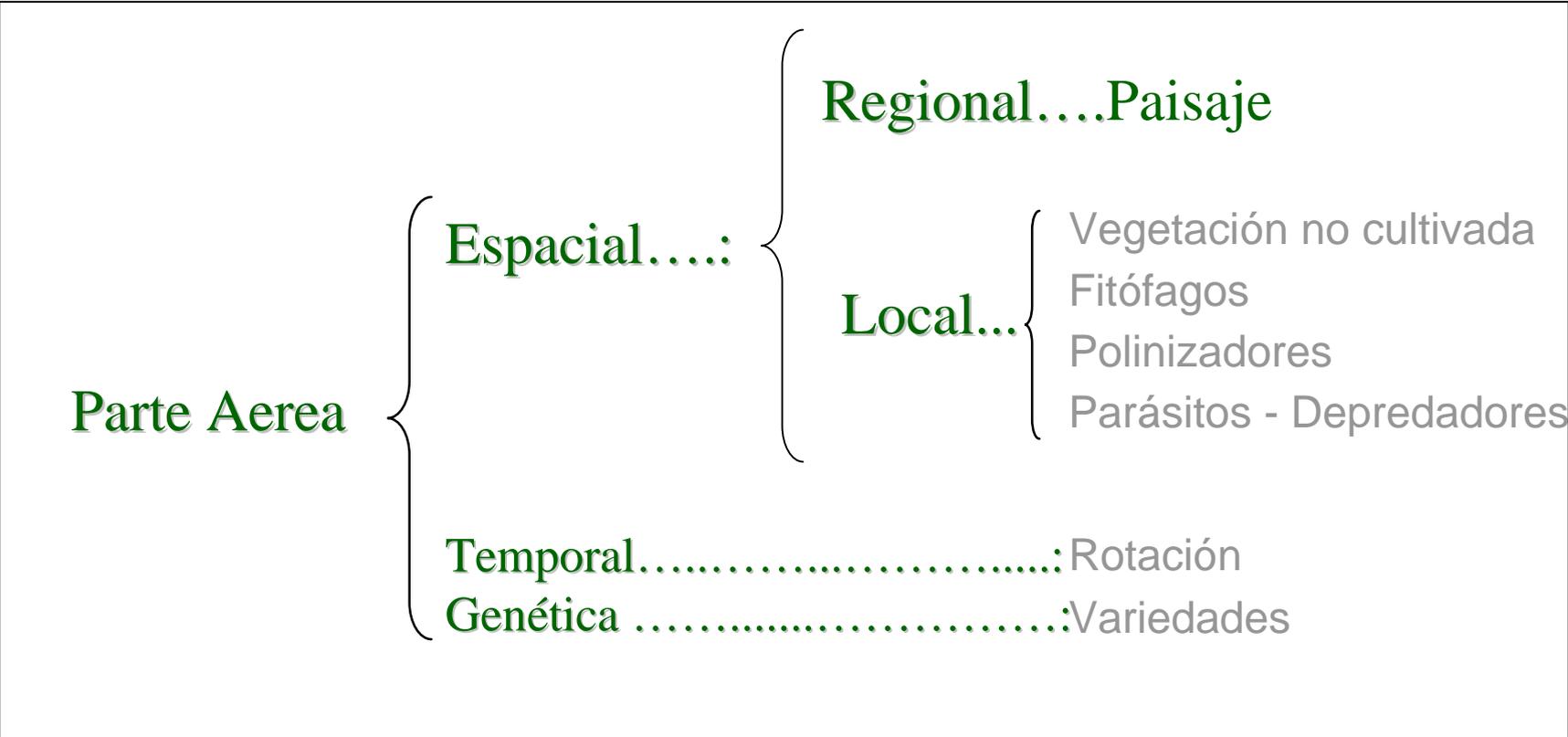








Componentes de la biodiversidad













SUELO

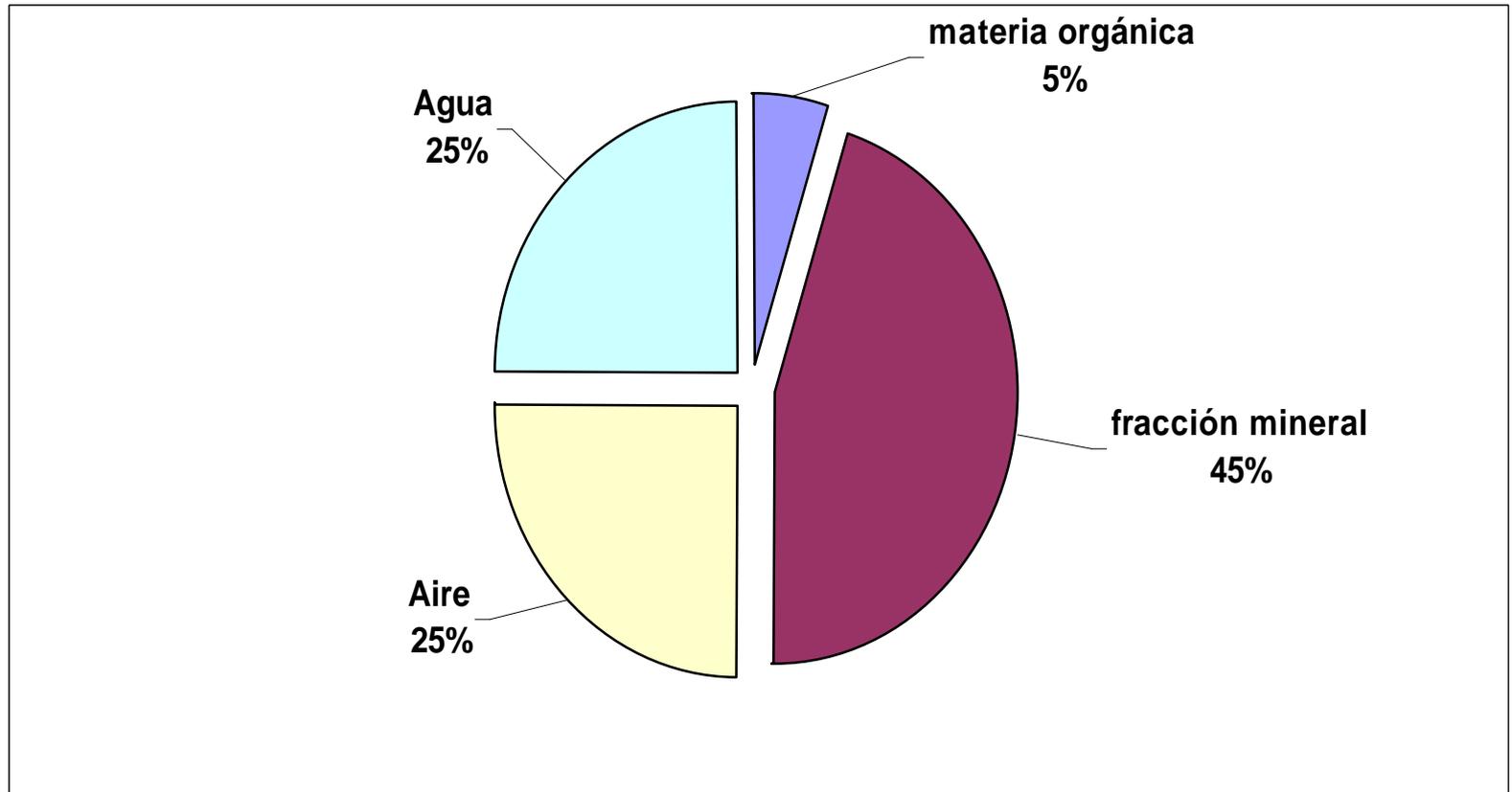
Suelo:

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos, vegetales y animales, aire y agua

Fertilidad:

Un suelo es fértil cuando tiene los nutrientes necesarios, es decir, las sustancias indispensables para que las plantas se **desarrollen bien**.

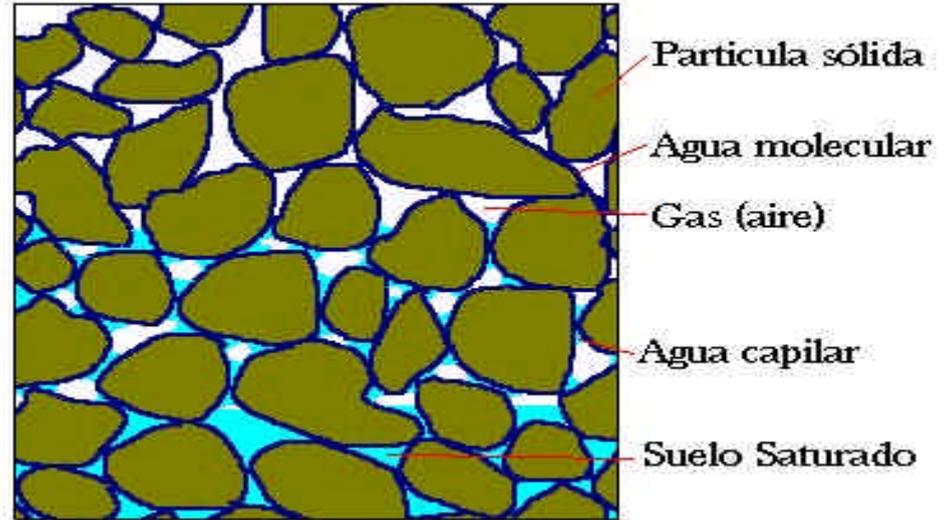
Composición media de un suelo



FRACCION GASEOSA

Tipos de poros:

- Macroporos
- Microporos



Necesidades de las plantas:

$O_2 > 2\%$

$CO_2 < 5\%$

	Aire atmosférico	Aire suelo
Oxígeno	21%	10-20%
Nitrógeno	78%	78-80%
CO_2	0,03%	0,2-3%
Vapor de agua	Variable	En saturación

Factores que afectan a la aireación:

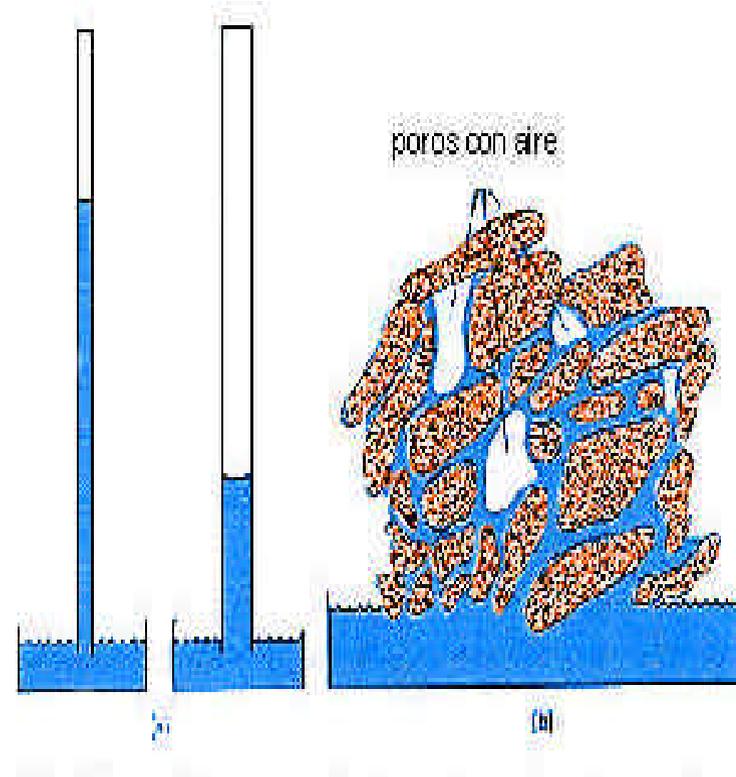
- Volumen de macroporos
- Textura
- Estructura
- Topografía
- Periodos de descomposición de residuos
- Laboreo

Problemas por falta de aireación:

- Descomposición biológica de la m.o.
- Sobre las propiedades físico-químicas del suelo
- Enraizamientos muy superficiales
- Reducción de Fe^{3+} a Fe^{2+}
- Descomposición lenta de la m.o.

FASE LIQUIDA

- Estado energético del agua en el suelo:
 - Disponibilidad de agua para las plantas
 - Movimiento del agua en el suelo
 - Propiedades mecánicas del suelo
- Fuerzas actuantes:
 - Fuerzas de adhesión
 - Fuerzas de cohesión
 - Fuerzas de difusión



FASE LIQUIDA

- Capacidad de campo:

- Cantidad máxima de agua en el suelo
- Contenido de agua en el suelo después de 48 horas de un riego abundante
- Llenos poros de $< 8\mu\text{m}$

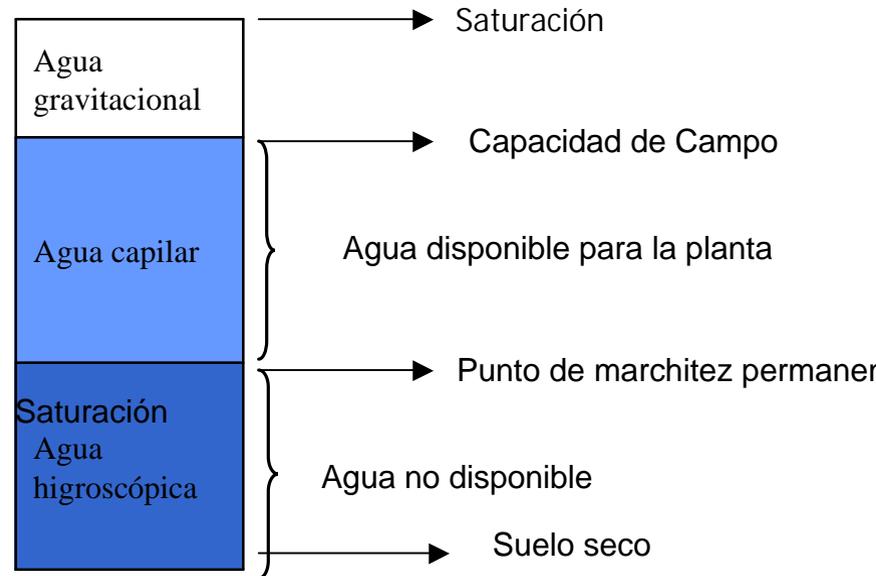
- Punto de marchitez:

- Es el agua retenida fuertemente 1500 kPa
- La planta no puede absorber agua

- Punto de marchitez permanente:

- No hay recuperación
- ? suelo = ? planta

$$\text{Agua útil} = \text{CC} - \text{PMP}$$



FASE LIQUIDA

- Potencial del agua del suelo:

$$?_{\text{suelo}} = ?_{\text{osmótico}} + ?_{\text{matricial}}$$

?_{osmótico} → Conductividad eléctrica

?_{matricial} → Fuerza con la que el agua es retenida por partículas o capilares

Viene determinado por el tipo y estructura del suelo

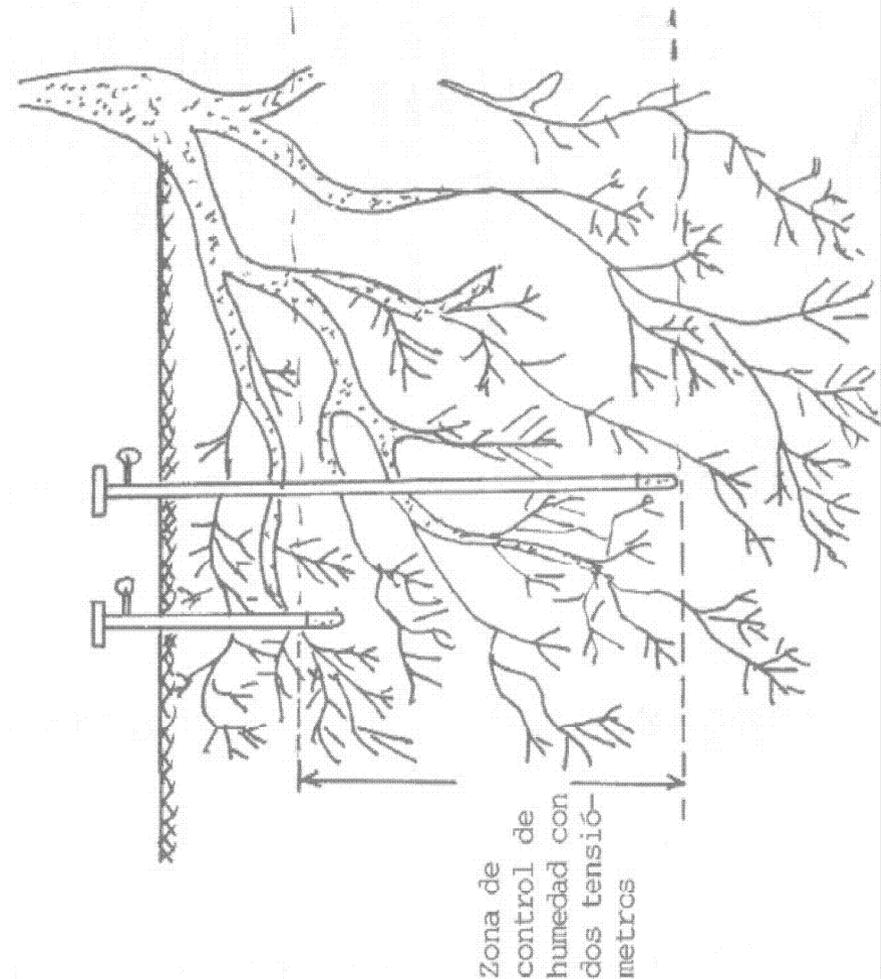
FASE LIQUIDA

MEDIDA DEL CONTENIDO EN HUMEDAD

- Método gravimétrico → En laboratorio
 - Sonda de neutrones
 - Tensiómetro
 - Método eléctrico
- Métodos indirectos en campo
-
- ```
graph LR; A[Método gravimétrico] --> B[En laboratorio]; C[Sonda de neutrones]; D[Tensiómetro]; E[Método eléctrico]; C --- F{ }; D --- F; E --- F; F --> G[Métodos indirectos en campo]
```

# FASE LÍQUIDA

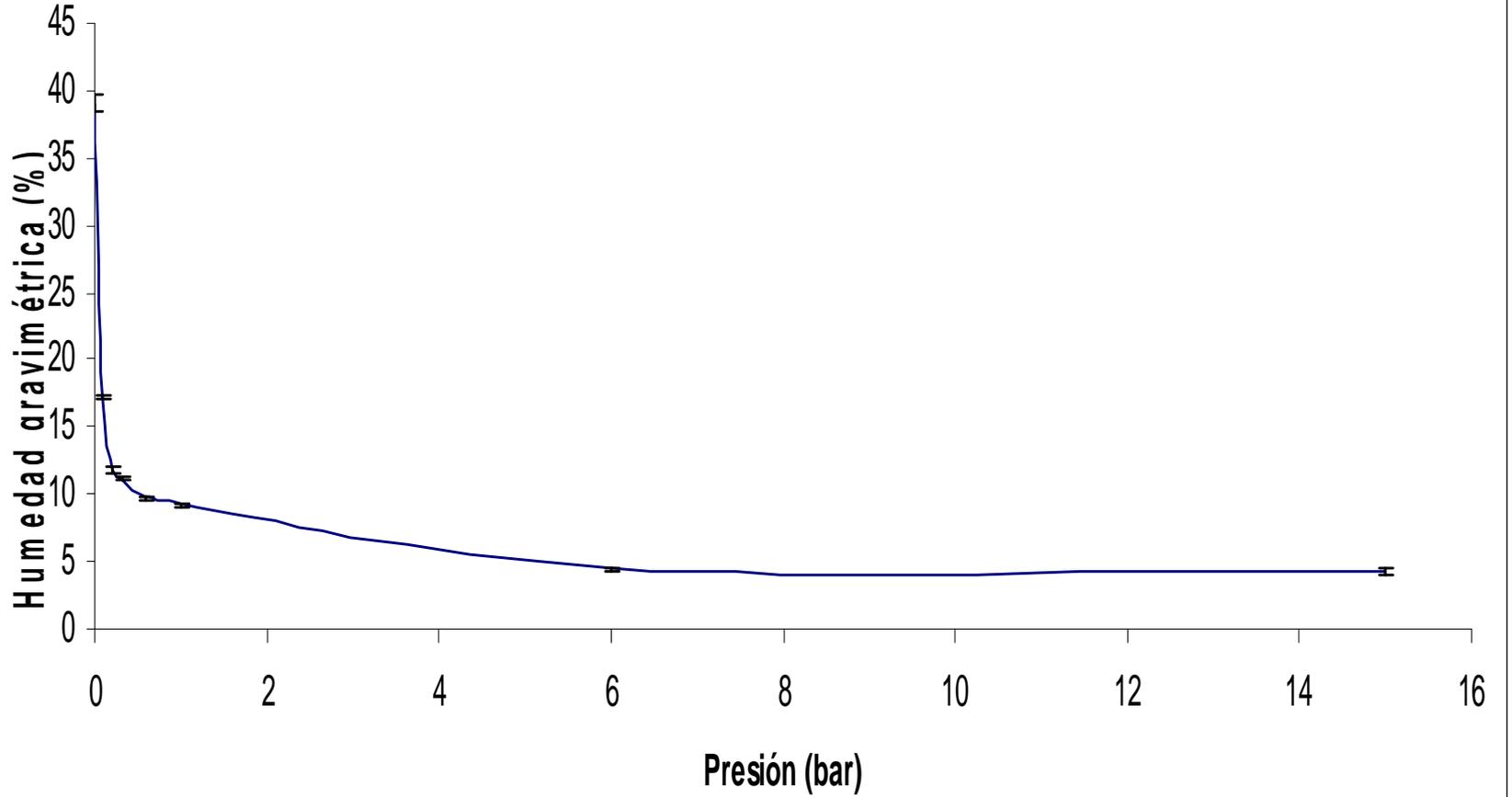
- Tensiómetro:
  - Mide el potencial matricial del suelo
  - La lectura depende del tipo de suelo
  - Es una medida directa
  - Correcta instalación
  - Tipos de tensiómetros en función del suelo
  - Estación
  - Lecturas
  - Cuando y cuanto regar







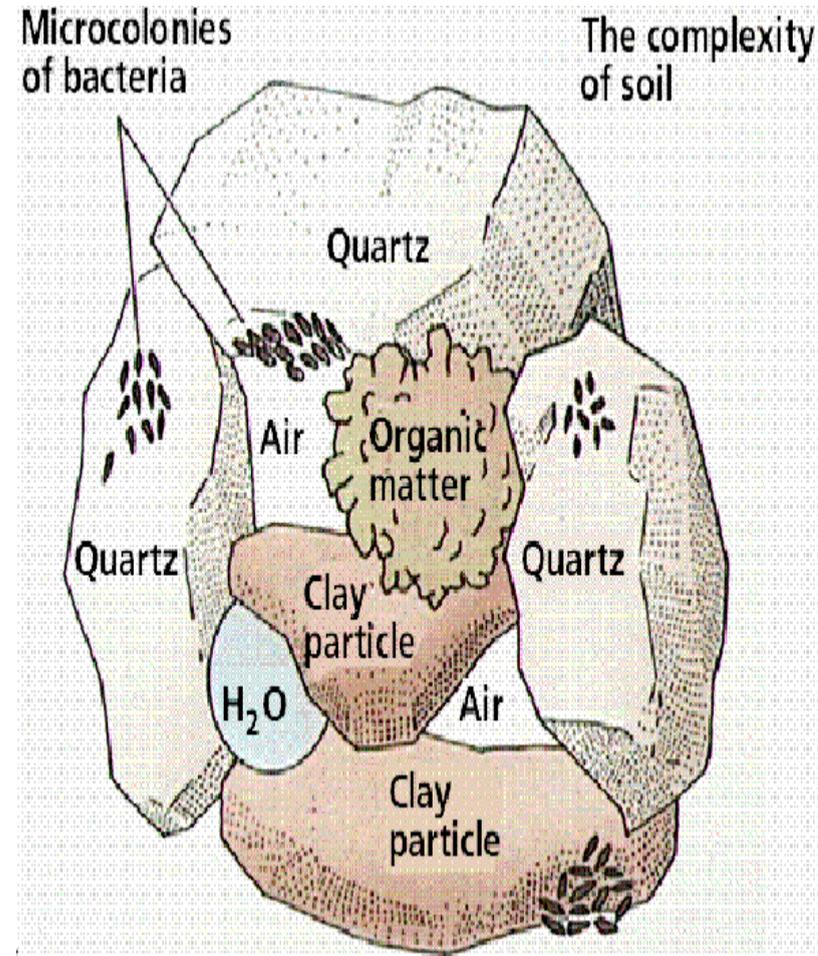
# Curva característica





# FASE SÓLIDA

- Materiales inorgánicos (fracción mineral)
- Materia orgánica
  - Textura
  - Estructura
  - Color
  - CIC



# FASE SÓLIDA

- Textura:

Gravas  $0,6 < \emptyset < 6$  cm

Arena:  $20 < \emptyset < 2000$   $\mu\text{m}$

Limo:  $2 < \emptyset < 20$   $\mu\text{m}$

Arcilla:  $\emptyset < 2$   $\mu\text{m}$

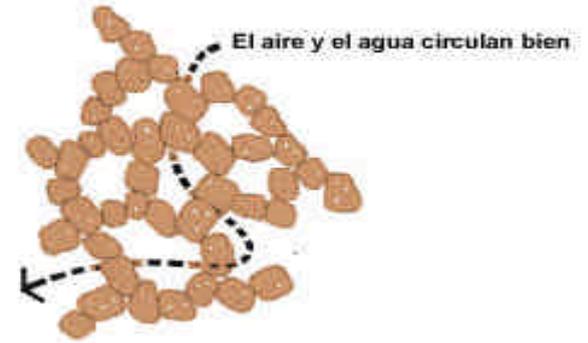
Partículas edáficas

- Estructura:

Arena + Limo + Arcilla = Agregado

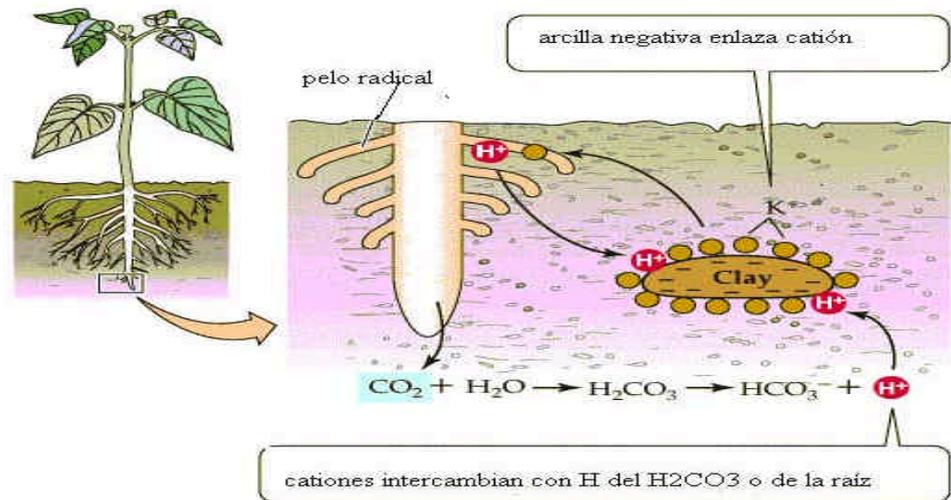
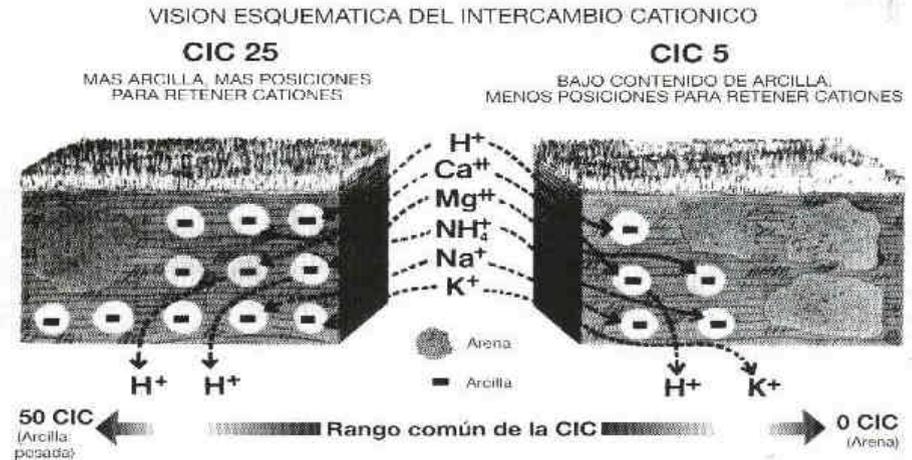
Estructura granular

ESTRUCTURA BUENA

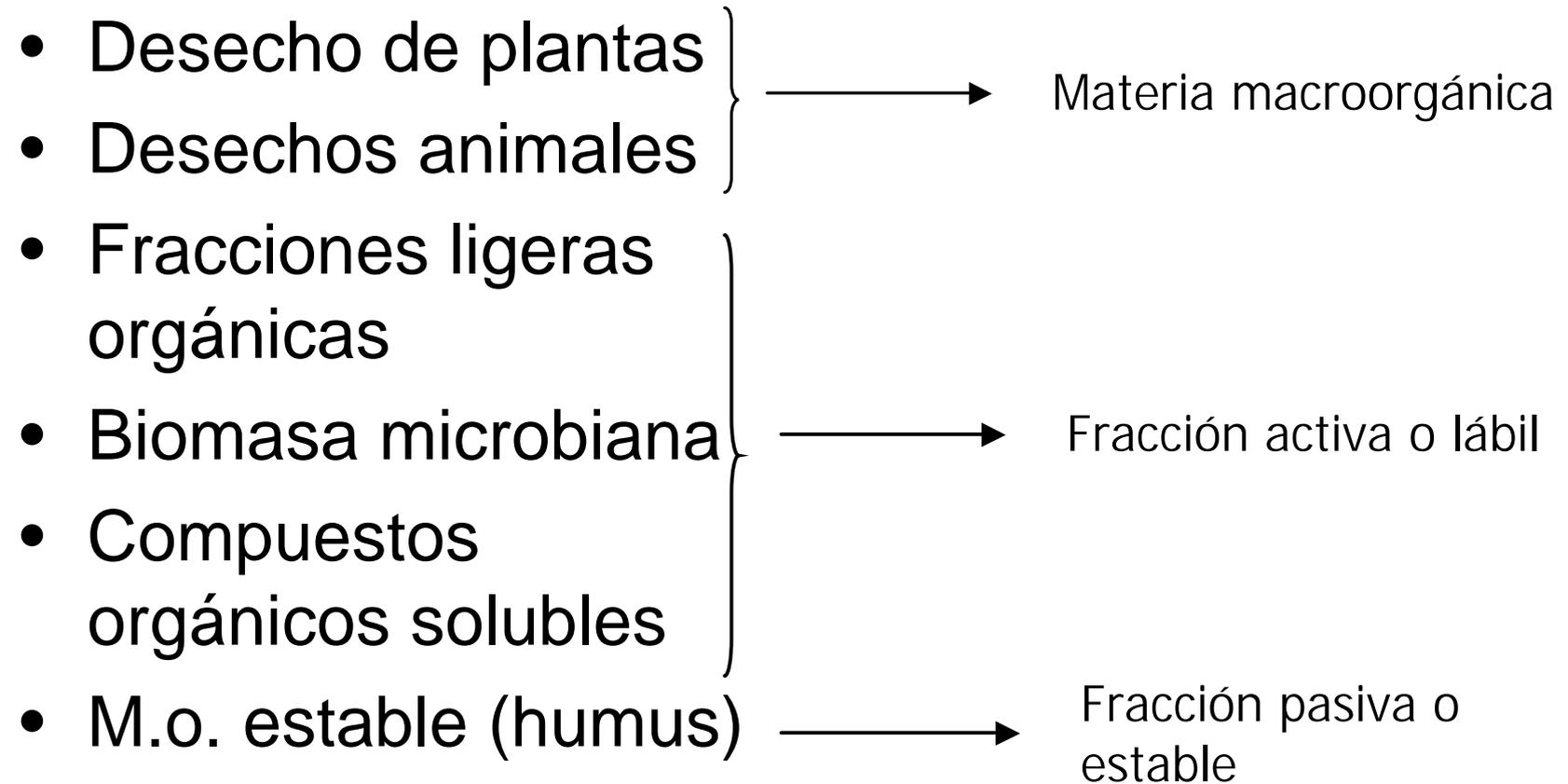


# FASE SÓLIDA

- Color
- Contenido de nutrientes: CE, pH, etc...
- Cationes de cambio y capacidad de intercambio catiónico
- Contenido en materia orgánica



# Materia orgánica



# Propiedades biológicas

- **Macrofauna** (de 6 a 200 mm):  
Vertebrados (ratones, topos, et...)
- **Mesofauna** ( de 200 a 6000  $\mu\text{m}$ ):  
Pequeños invertebrados, artrópodos, anélidos, nemátodos y moluscos.
- **Microfauna** ( < 200  $\mu\text{m}$ ): bacterios, actinomicetes, algunos hongos y algas.

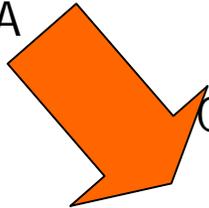
# Procesos biológicos

Rotaciones,  
asociaciones,  
etc...

Anexo II A

Microfauna

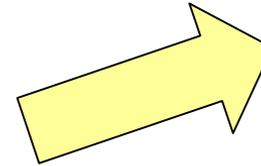
Humus



Compuestos orgánicos



Descomposición  
Biodegradación  
Síntesis



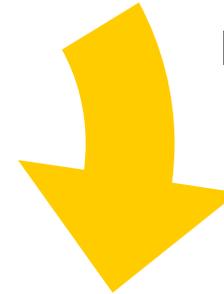
Macrofauna

Mesofauna

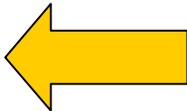


Microfauna

Mineralización

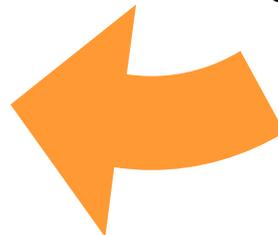


Producto



Cultivo

Compuestos  
inorgánicos



Lixiviación  
Intercambio  
atmosférico

# Laboreo

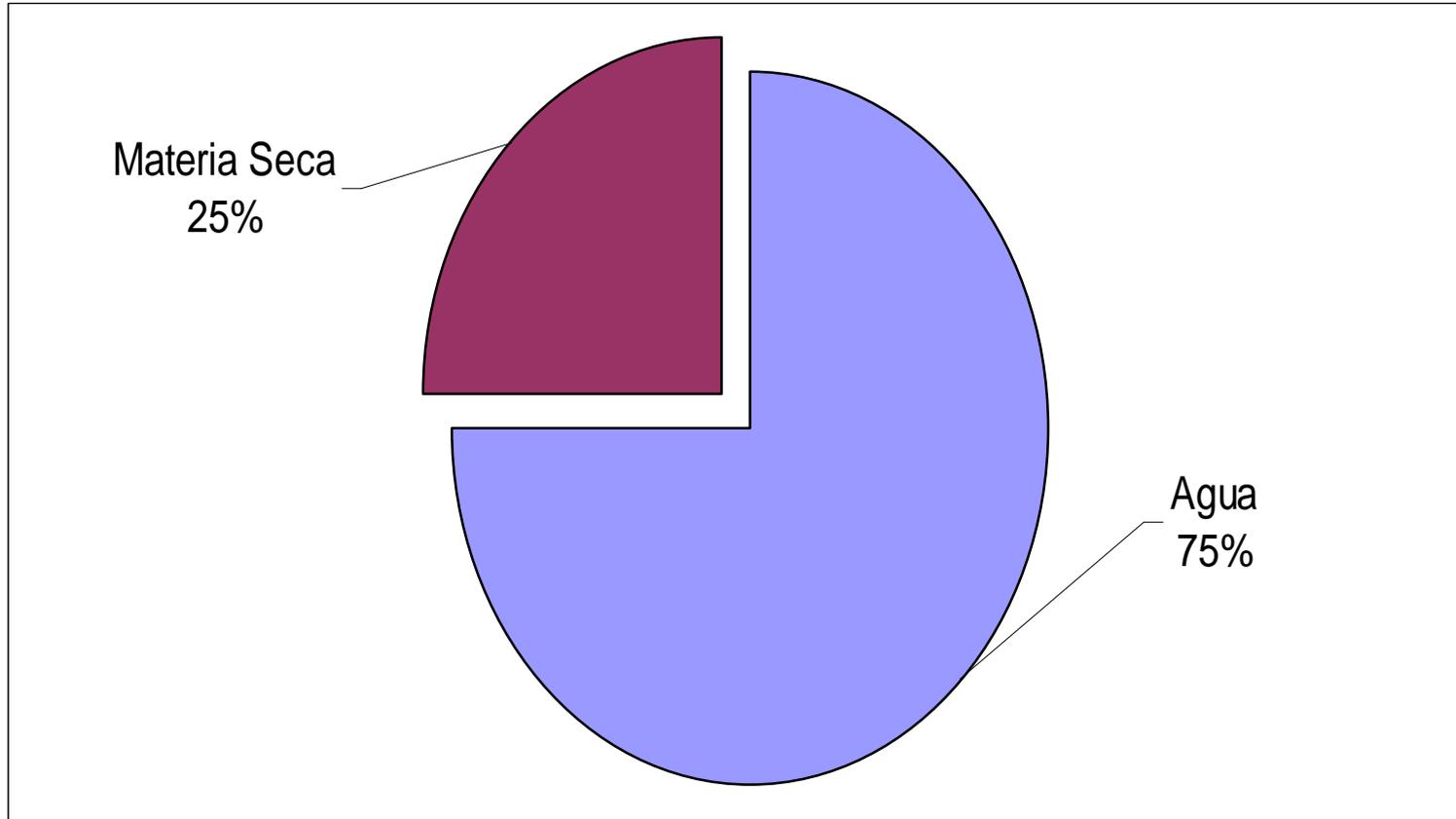
- Evitar el laboreo excesivo: pérdida de estructura del suelo, pérdida de m.o. por exceso de aireación, creación de suela de labor.
- Evitar labores verticales
- Estado óptimo del suelo



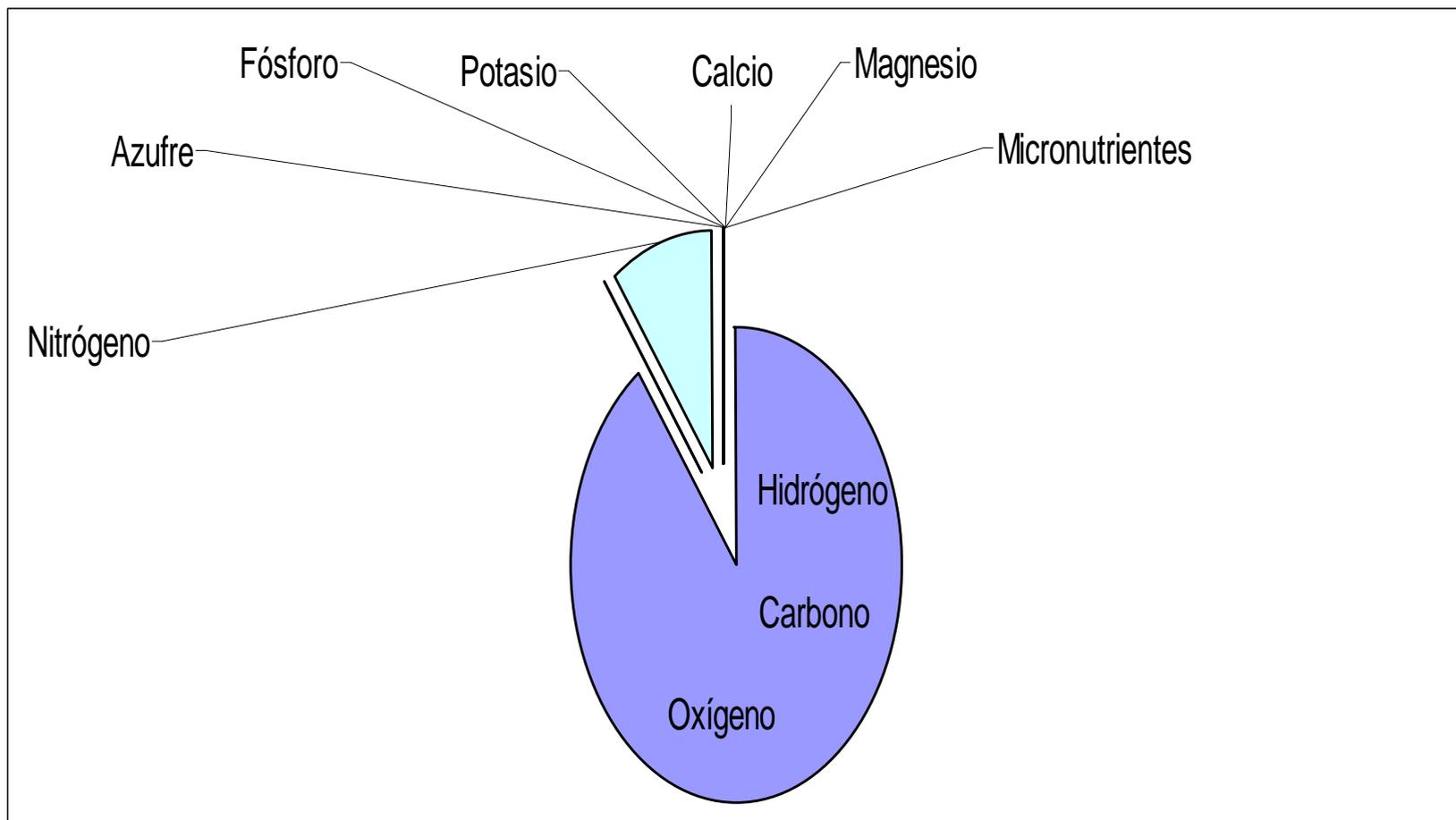
# CARACTERÍSTICAS DE UN SUELO FÉRTIL

- Contiene los nutrientes que las plantas necesitan
- Es capaz de absorber y retener agua, conservándola disponible para que las plantas la utilicen
- Está suficientemente aireado
- Su consistencia y profundidad permiten un buen desarrollo y fijación de las raíces
- No contiene sustancias tóxicas

# Composicion media de los tejidos vegetales



# Composición media de los tejidos vegetales





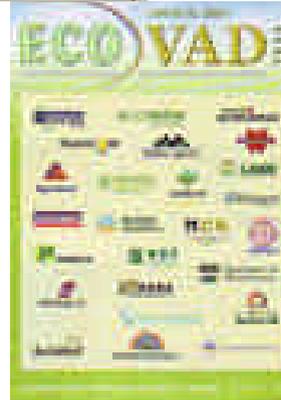
# **REGLAMENTO CEE 834/07**

## **Capítulo 2**

# **Producción agraria**

# Fertilización orgánica

Fertilización vs Fertirrigación



# Extracciones de los principales cultivos

| Cultivo   | Extracciones en Kg/1.000 Kg de producción |           |           | Rdto.             |
|-----------|-------------------------------------------|-----------|-----------|-------------------|
|           | N                                         | P2O5      | K2O       | Kg/m <sup>2</sup> |
| Tomate    | 2,1 – 3,8                                 | 0,3 – 0,7 | 4,4 – 7   | 10                |
| Pimiento  | 3 - 4                                     | 0,6 - 1   | 4 - 7     | 7                 |
| Berenjena | 3,5 – 4,5                                 | 0,8 – 1,2 | 4 - 7     | 7                 |
| Melón     | 3 - 6                                     | 0,8 – 2,7 | 4,5 - 10  | 5                 |
| Sandía    | 3 - 4                                     | 0,8 – 1,5 | 4 - 5     | 5                 |
| Pepino    | 1,4 – 1,8                                 | 0,7 – 0,9 | 2,6 – 3,4 | 7                 |
| Calabacín | 3,5 – 4,5                                 | 0,8 - 2   | 4 - 6     | 7                 |
| Judía     | 1 - 2                                     | 0,3 – 0,6 | 1,2 – 2,5 | 2,5               |

Ejemplo de rotación típica: Tomate + sandía

Tomate (10 Kg/m<sup>2</sup>)                      210 Kg N/Ha

Sandía (5 Kg/m<sup>2</sup>)                      150 Kg N/Ha

Total                      360 Kg N/ha

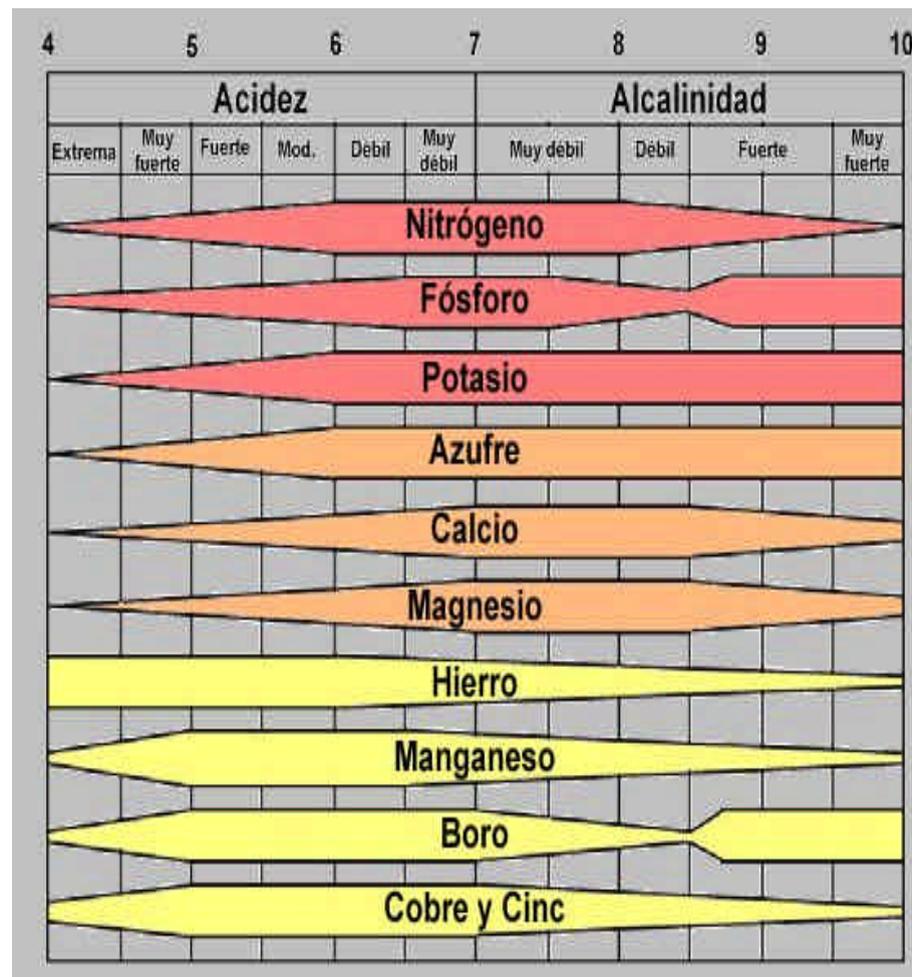
# Fertirrigación

| Aniones         |                                |                 |                  |    | Cationes        |   |    |     |    |
|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------------|----|-----------------|---|----|-----|----|
| NO <sub>3</sub> | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | SO <sub>4</sub> | HCO <sub>3</sub> | Cl | NH <sub>4</sub> | K | Ca | Mg  | Na |
| 12              | 1,5                            | 2               | 1                |    | 0,5             | 7 | 5  | 2,7 |    |

- Elevado coste de los insumos
- Abonos en forma orgánica
- Baja eficiencia en fertirrigación
- Dificultad de disolución
- Necesidad de un alto régimen de riego
- Imposibilidad de aportarlo con medidas de conductividad y siguiendo los criterios del cultivo convencional
- El suelo pasaría a ser un mero soporte
- Disminución de la fertilidad del suelo
- **IMPOSIBILIDAD MATERIAL DE ALCANZAR ESOS EQUILIBRIOS**

# Fertilización

- Aumenta la fertilidad del suelo
- Nutrientes en cantidad suficiente a disposición de la planta
- Aumenta la actividad enzimática y microbiana
- Comodidad en el manejo diario del cultivo
- Economía en el aporte
- Disponibilidad de todos los nutrientes
- Menor incidencia de enfermedades
- Mejor absorción de los nutrientes



# Métodos para aumentar la fertilidad del suelo

## Reglamento CEE 889/08 capítulo I art. 3

Cuando las necesidades nutricionales de las plantas no puedan satisfacerse mediante las medidas contempladas en el artículo 12, apartado 1, letras a), b) y c), del Reglamento (CE) no 834/2007, solo podrán utilizarse en la producción ecológica los fertilizantes y acondicionadores del suelo mencionados en el anexo I del presente Reglamento y únicamente en la medida en que sea necesario. Los operadores deberán guardar documentos justificativos de la necesidad de utilizar el producto.

# Fertilización

- Cultivo de leguminosas
- Aporte de materia orgánica (estiércol o compost)
- Rotaciones y/o asociaciones



# Composición de Estiércoles

| Composición                               | Gallinaza | Oveja | Ternero | Vaca  | Conejo | Cerdo (purines) |
|-------------------------------------------|-----------|-------|---------|-------|--------|-----------------|
| Materia seca (%)                          | 22        | 25    | 23      | 23    | 26     | 5,20            |
| Materia orgánica (%)                      | 64,71     | 64,08 | 73,25   | 66,28 | 69,38  | 68,27           |
| Nitrógeno (%)                             | 1,74      | 2,54  | 2,40    | 1,84  | 2,79   | 4,28            |
| Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%) | 4,18      | 1,19  | 1,50    | 1,73  | 4,86   | 5,96            |
| Potasio K <sub>2</sub> O (%)              | 3,79      | 2,83  | 3,14    | 3,10  | 1,88   | 5,17            |
| Calcio CaO (%)                            | 8,90      | 7,76  | 2,99    | 3,74  | 6,62   | 4,04            |
| Magnesio MgO (%)                          | 2,90      | 1,51  | 0,91    | 1,08  | 2,10   | 0,96            |

Todos los datos están expresados en porcentaje sobre materia seca

# Comportamiento

| Tipo de estiércol | N-mineral | N-lábil | N-residual |
|-------------------|-----------|---------|------------|
| Vaca              | 40        | 30      | 30         |
| Ternero           | 80        | 9       | 11         |
| Aves              | 70        | 20      | 10         |
| Porcino sólido    | 50        | 22      | 28         |
| Purines porcino   | 94        | 3       | 3          |

- N-mineral: Compuestos inorgánicos  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , y algunos orgánicos como la urea y el ácido úrico.
- N-lábil: Nitrógeno orgánico que mineraliza en el mismo año de la aplicación.
- N-residual: Irá a engrosar las reservas húmicas.

# Fertilizantes orgánicos sólidos.

## Otros productos o subproductos de origen animal:

- **Guano:** aporta sobretodo fósforo y nitrógeno, potasio y quelatos. Comportamiento estable
- **Aglomerados de piel y plumas, lana:** aportan en torno al 12% sms de nitrógeno.
- **Harina de sangre:** 14% N; 0.5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1.5 K<sub>2</sub>O (sms), velocidad de mineralización elevada (3 – 4 meses)
- **Polvo de pezuña , polvo de cuerno:** mineraliza durante 12 meses.
- **Harina de pescado (6-8 meses) y polvo de huesos (12 meses):** aportan nitrógeno, fósforo y calcio.
- **Subproductos lácteos:** ricos en aa y azúcares.

Requisito: necesidad reconocida por el organismo o la autoridad de control.

# Fertilizantes minerales

- Deben proceder de una fuente natural.
- No se puede emplear ningún producto químico de síntesis en su elaboración.
- Obtenidos por procesos físicos de transformación (disolución, filtración, calcinación).
- Orden APA de 28 de mayo fertilizantes y afines
- Reglamento 2003/2003 relativo a abonos

# Fertilizantes minerales.

## Fósforo

- **Fosfato natural blando**: 60-70% fosfato tricálcico y resto  $\text{CaCO}_3$  y fluoruro de Ca.
  - (R)  $\text{Cd} < 90\text{mg/kg P}_2\text{O}_5$ .
  - **Fosfato aluminocálcico (Phospal)**: obtenido de fosfato Al-Ca solubilizado con tratamiento térmico y luego molido.
  - (R)  $\text{Cd} < 90\text{mg/kg P}_2\text{O}_5$ .
  - Uso limitado a suelos básicos.
  - **Escorias de defosforación** (Escorias Thomas): silicofosfatos de calcio. Min. 12%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Enmiendas calizas y aporte de micronutrientes.
- (R) Los tres: Necesidad reconocida por o. de control.

# Fertilizantes minerales.

## Potasio

- **Sal potásica en bruto:**

- Silvinita: (cloruro de potasio) mezcla de  $\text{ClK}_2$  y  $\text{ClNa}$  tratado industrialmente para eliminar  $\text{ClNa}$  e impurezas.
- Carnalita: Cloruro potásico y cloruro magnésico.
- Kainita: Cloruro potásico y sulfato magnésico.

- **Requisito:** Necesidad reconocida por el o. de control.

- **Sulfato de potasio que puede contener sal de magnesio:**

- **Requisitos**

- Obtenido de sal potásica en bruto mediante un proceso de extracción físico.
- Necesidad reconocida por OC.
  - (Patenkali: 28% de  $\text{K}_2\text{O}$ , 8% Mg y 18% S).

# Fertilizantes minerales. Calcio

- **Carbonato cálcico**: (creta, marga, dolomita)
- **Carbonato de calcio y magnesio**: (creta de Mg)
- **Sulfato cálcico (yeso)**:
- En los tres sólo se permite cuando sean de origen natural.
  - Piedras calizas molidas: más 90%  $\text{CO}_3\text{Ca}$  y 45%  $\text{CaO}$
  - Calizas marinas: residuos de conchas de moluscos (10-35%  $\text{CaO}$ ) y algas ricas en Ca (Lithothamne 42%  $\text{CaO}$  y 2.5% de  $\text{MgO}$ )
  - Rocas calizas sometidas a altas  $t^{\text{as}}$ : cal viva, cal apagada y ceniza de cal.
  - Anhidrita y yeso (sulfatos de calcio): 30%  $\text{CaO}$  y 45%  $\text{SO}_3$ -

**Cal industrial procedente de la producción de azúcar**: contenido min. 20%  $\text{CaO}+\text{MgO}$

# Fertilizantes minerales.

## Magnesio

- **Sulfato de magnesio**
  - Kieserita: 24% Mg y 45% SO<sub>3</sub>-
  - Epsomita: 16% Mg y 32 CaO. Soluble en agua.
- **Requisitos**
- Únicamente de origen natural
- Necesidad reconocida por el o. de control
  
- En suelos ácidos: rocas magnésicas
- En suelos básicos: aplicaciones foliares

### ANALISIS DE EXTRACTO SATURADO

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| <b>pH</b>                   | 7,99  |
| <b>CE (mmhos/cm a 25°C)</b> | 7,1   |
| <b>PS</b>                   | 32,27 |

|                     | <b>meq/l</b> | <b>ppm</b> |      |
|---------------------|--------------|------------|------|
| <b>Sodio</b>        | 37,17        | 855,0      |      |
| <b>Potasio</b>      | 2,74         | 107,0      |      |
| <b>Calcio</b>       | 18,71        | 379,0      |      |
| <b>Magnesio</b>     | 13,57        | 165,0      |      |
| <b>Nitratos</b>     | 2,72         | 169,0      |      |
| <b>Nitritos</b>     | 0,27         | 12,5       |      |
| <b>Cloruros</b>     | 50,09        | 1776,0     |      |
| <b>Bicarbonatos</b> | 2,00         | 122,0      |      |
| <b>Sulfatos</b>     | 17,68        | 849,0      |      |
| <b>SAR</b>          |              |            | 9,22 |

### CATIONES DE CAMBIO

|                 | <b>meq/100g</b> | <b>ppm</b> | <b>%</b> |
|-----------------|-----------------|------------|----------|
| <b>Sodio</b>    | 1,52            | 349,60     | 9,39     |
| <b>Potasio</b>  | 1,40            | 547,40     | 8,65     |
| <b>Calcio</b>   | 8,28            | 1659,00    | 51,14    |
| <b>Magnesio</b> | 4,99            | 606,00     | 30,82    |
| <b>CIC</b>      | 16,19           |            |          |

### ANALISIS DE FERTILIDAD

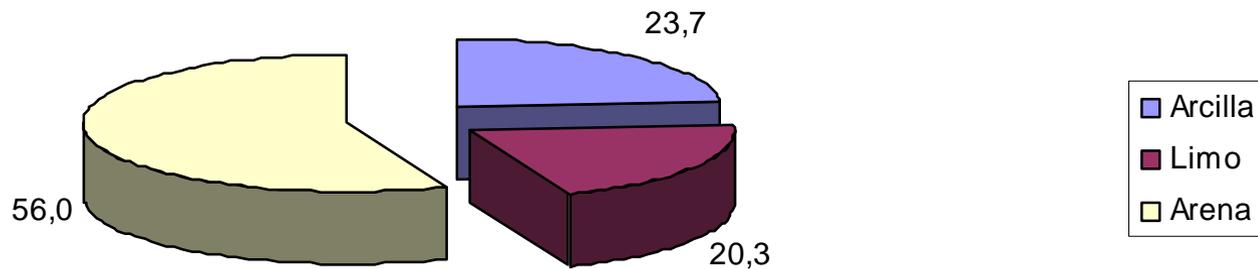
|                           |       |           |
|---------------------------|-------|-----------|
| <b>Nitrógeno nítrico</b>  | 14,2  | ppm       |
| <b>Fosfóro asimilable</b> | 0,61  | mg/l e.s. |
| <b>Potasio asimilable</b> | 586,5 | ppm       |
| <b>Carbono orgánico</b>   | 1,08  | %         |
| <b>Materia orgánica</b>   | 1,86  | %         |
| <b>Caliza total</b>       | 5,4   | %         |

### TEXTURA

|                      | USDA % | S.I. %           |
|----------------------|--------|------------------|
| <b>Arcilla</b>       | 23,7   | 23,7             |
| <b>Limo</b>          | 35,8   | 20,3             |
| <b>Arena</b>         | 40,5   | 56,0             |
| <b>Clasificación</b> | Franca | Franco-arcillosa |

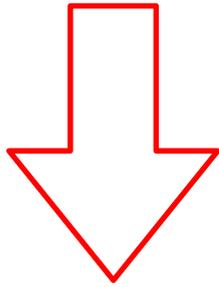
|                            |       |
|----------------------------|-------|
| <b>Nitrógeno total %</b>   | 0,086 |
| <b>Relación C/N</b>        | 12,6  |
| <b>Fósforo (Olsen) ppm</b> | 50,0  |
| <b>Caliza activa %</b>     | 5,4   |

### CARACTERIZACIÓN DEL SUELO



# *Perspectiva de sistema*

Desequilibrio

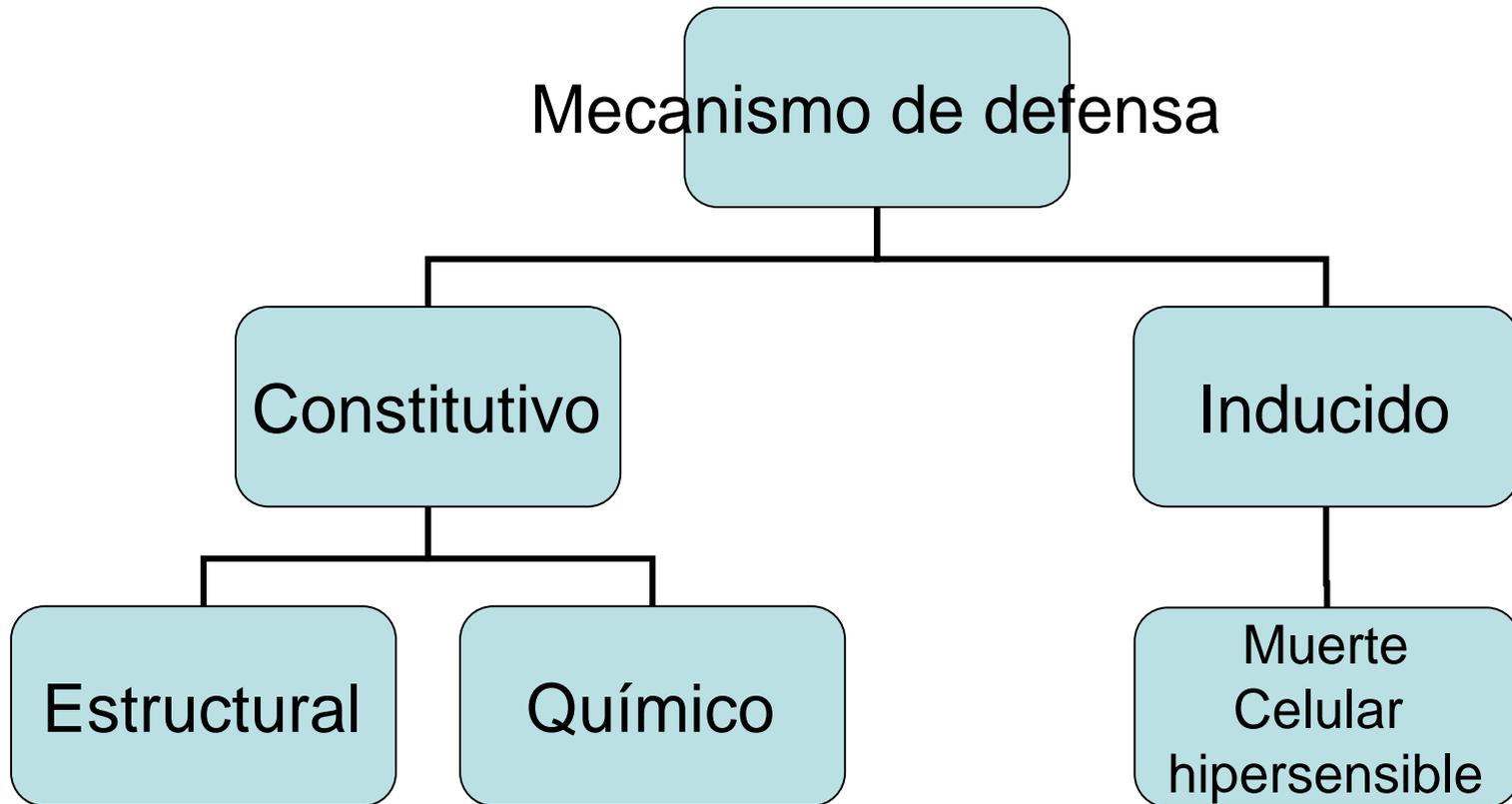


Plaga

Enfermedad



# Mecanismos de defensa en las plantas



# PLAGAS DE LOS CULTIVOS

- Sólo unas cuantas plagas son capaces de producir daños con importancia económica en los cultivos
- Son predecibles, por época del año o por condiciones climatológicas
- Tipos de daños:
  - Directos
  - Indirectos
- Desequilibrio en los agrosistemas (Ej: Barrenilla, Orugeta, etc...)



# Insumos para agricultura ecológica

- Fertilizantes: R CEE 2003/2003; RD 824/2005.
- Fitofortificantes: Orden APA/1470/2007
- Fitosanitarios: Directiva CEE 414/91

Reglamento  
CEE 2092/91  
del Consejo

No tienen que estar “certificados”

# Tratamientos

- Tipo de producto:  
Preventivo, curativo, ...  
Contacto, ingestión, ...
- Condiciones de tratamiento  
Momento del día  
Objeto del tratamiento  
pH, tipo de agua
- Maquinaria de aplicación
- Aplicador

# Elaboración de preparados

- **Maceración:** debe durar mínimo 24 horas y 3 días como máximo
- **Purín:** debe estar oxigenado durante su preparación, durante unos 14 días, una vez finalizado no hace espuma y esta de color oscuro
- **Decocción:** 24h en agua fría, 24h hirviendo, se deja enfriar la decocción en el recipiente tapado
- **Infusión:** se vierte agua hirviendo sobre las plantas desmenuzadas, se tapa el recipiente y se deja 12 ó 24 horas.
- **Extracto de flores:** sobre flores que acaban de abrirse. Se humedecen y se trituran. El extracto se debe guardar en botellas cerradas herméticamente

Los suelos han tardado miles de años en formarse, no destruyamos lo que tanto tiempo ha costado



GRACIAS POR LA ATENCIÓN PRESTADA

