



# NUTRE\_PLANTAS

ASESORÍA ESPECIALIZADA EN NUTRICIÓN DE CULTIVOS AGRÍCOLAS  
(Análisis de suelo, planta, agua, fertilizantes y enmiendas agrícolas)

## NUTRIENTES DEL SUELO



**Dr. RANFERI MALDONADO TORRES**

[ranferimt@yahoo.com.mx](mailto:ranferimt@yahoo.com.mx)

# BIODIVERSIDAD

- ✓ Biodiversidad es el conjunto de todos los seres vivos y especies que existen en la tierra y a su interacción
- ✓ El número de especies es de 30 millones, aproximadamente.
- ✓ La pérdida de la biodiversidad equivale a afectar la calidad de vida como especie y nuestra propia extinción.
- ✓ El motivo de la desaparición de las especies es la alteración o desaparición de su hábitat



México en el mundo es:

- 1er. Importador de leche
- 3er. Importador de cereales
- 3er. Importador de fibras
- 4to. Importador de oleaginosas
- 5to. Importador de carne



Mexicano desnutrido

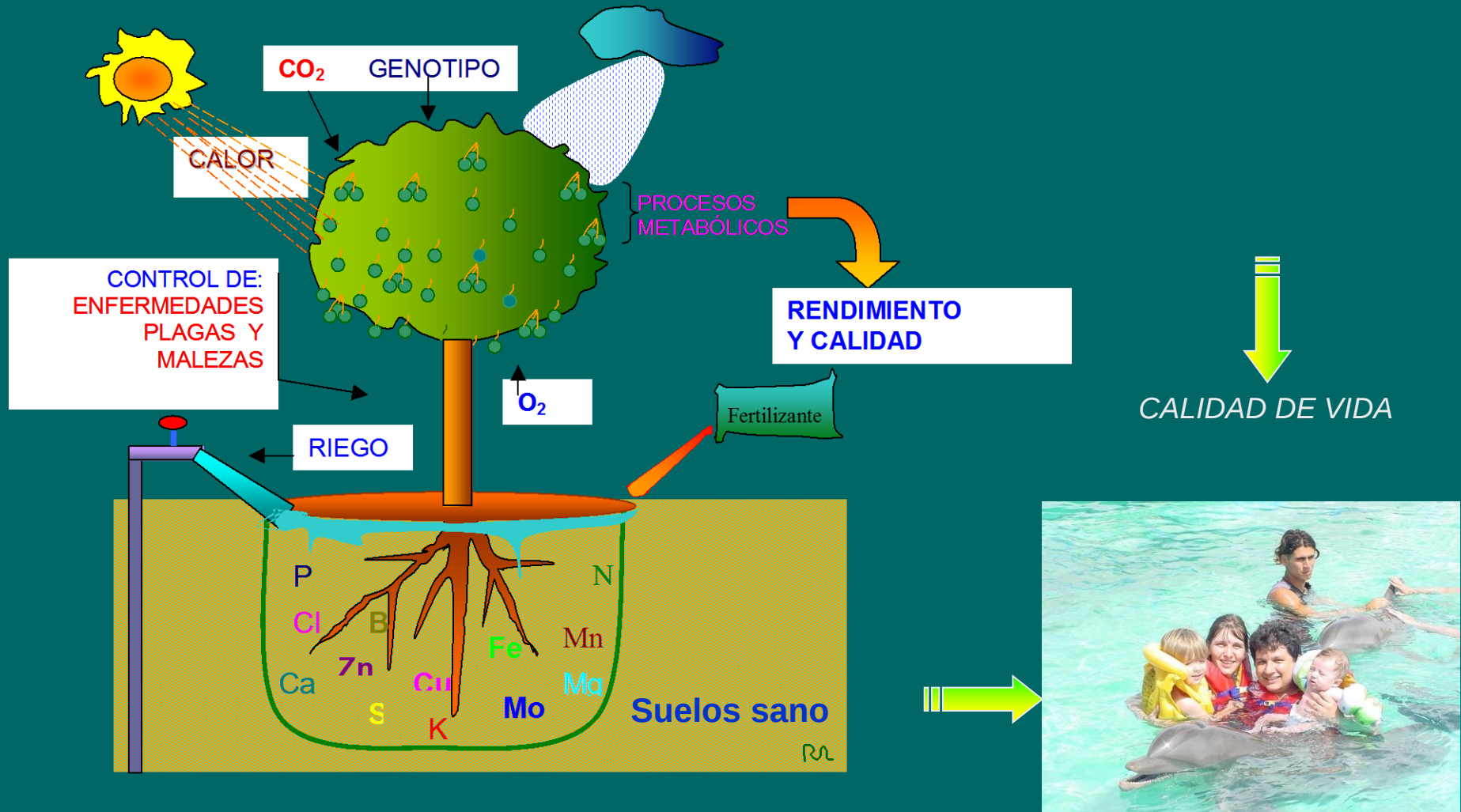


México es el único país fuera de África y Asia, que registra un elevado número de niños desnutridos (18%), UNICEF, 2009.

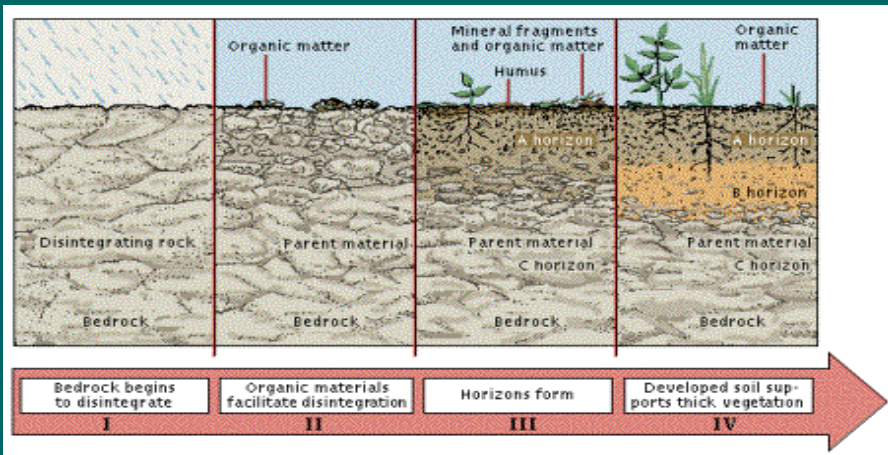
**La desnutrición provoca un pérdida de un 12 a 15% de su potencial intelectual.**

“México país de contrastes ya que importa más alimentos y exporta gente” .

# Factores que controlan el crecimiento y desarrollo de las plantas



# FORMACIÓN DEL SUELO

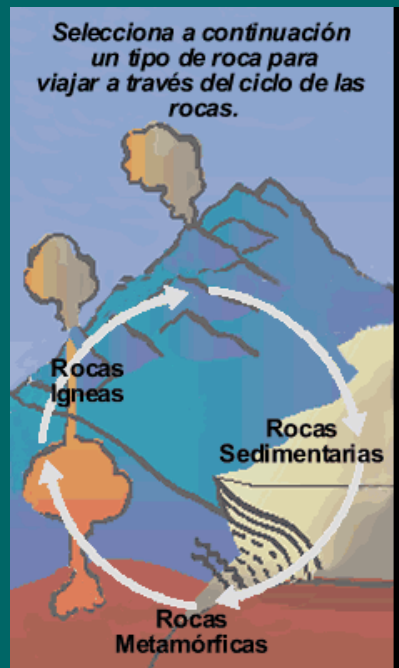


Material no consolidado sobre la superficie inmediata de la corteza terrestre.

Formado por factores genéticos y del medio (roca madre, humedad temperatura, micro y macroorganismos) en periodos de tiempo.

Con propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas diferentes.

Sirve como medio natural para el desarrollo de las plantas.



Material madre

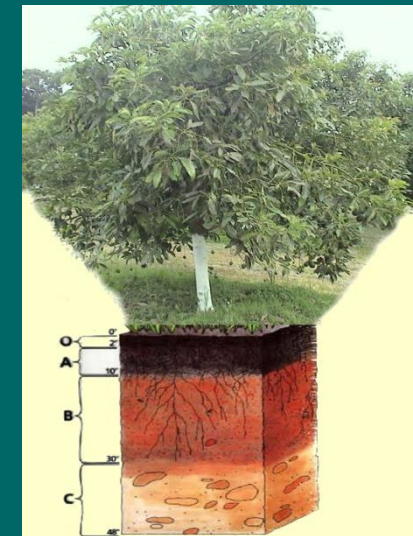
Clima

Organismos

Relieve

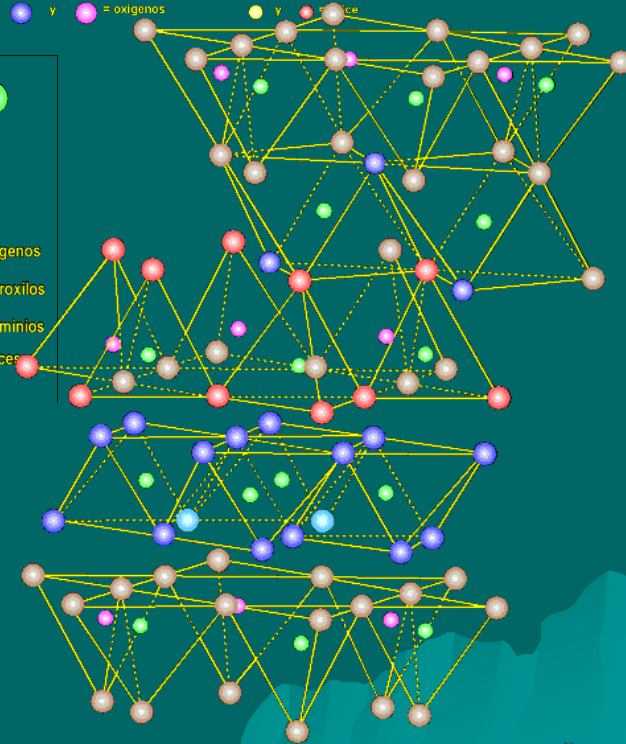
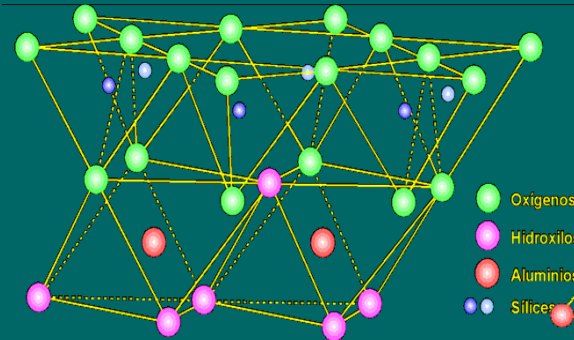
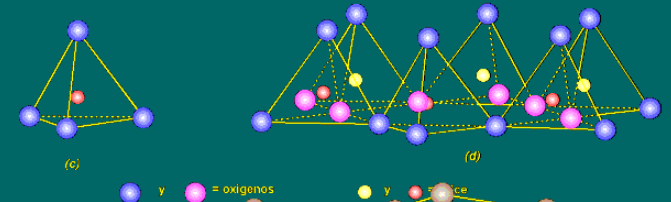
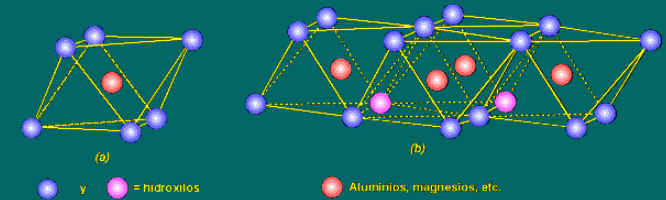
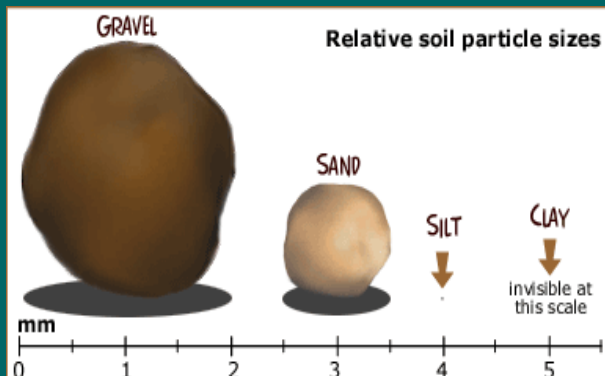
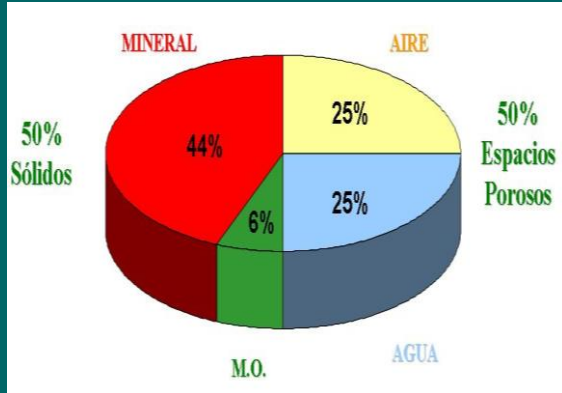
Tiempo

Procesos



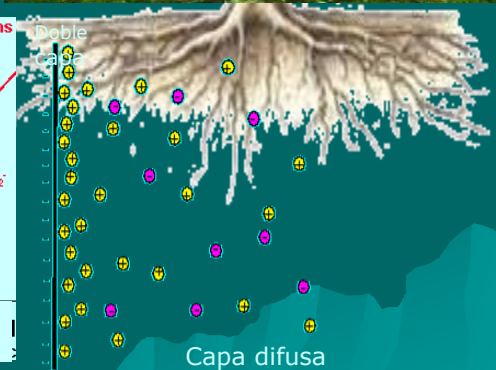
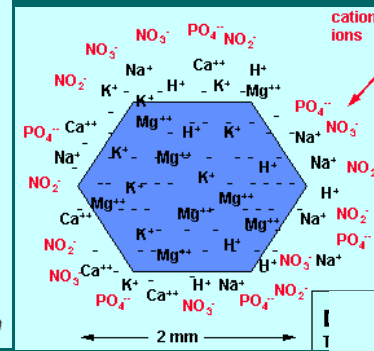
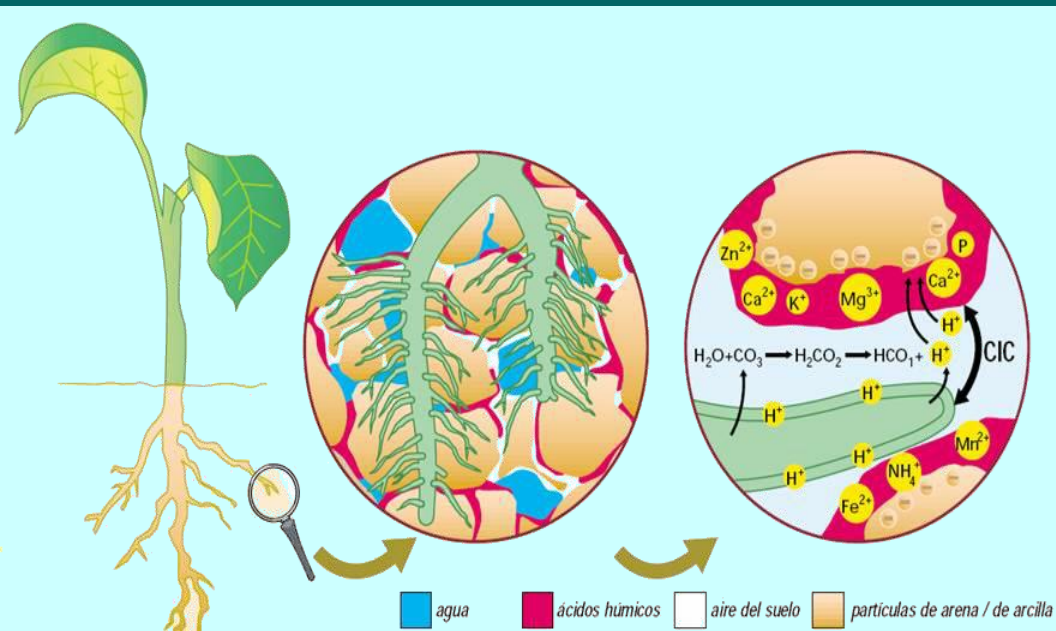
Propiedades del suelo

# TIPOS DE ARCILLA



# Propiedades de las arcillas

| Propiedad                      | Montmorillonita | Illita    | Caolinita |
|--------------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| Tamaño (mm)                    | 0.01 - 1        | 01 - 2.0  | 0.1 - 5.0 |
| Superficie (m <sup>2</sup> /g) | 700 - 800       | 100 - 200 | 5 - 20    |
| CIC (meq/100g)                 | 80 - 100        | 15 - 40   | 3 - 15    |



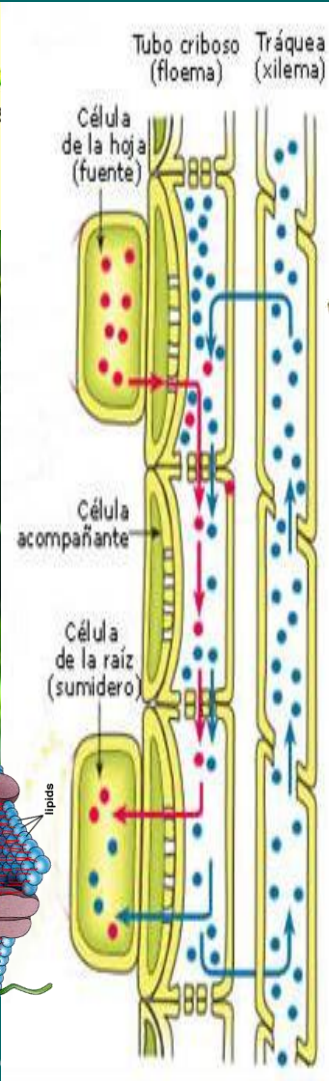
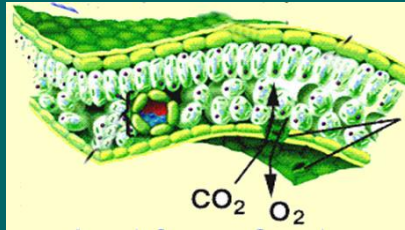
# Elementos esenciales

- ✓ Debe ser requerido para que la planta complete su ciclo de vida.
- ✓ No puede ser reemplazado por ningún otro elemento.
- ✓ Debe tener una función específica dentro del metabolismo vegetal como constituyente o activador enzimático.
- ✓ El elemento debe ser requerido por un gran número de especies.

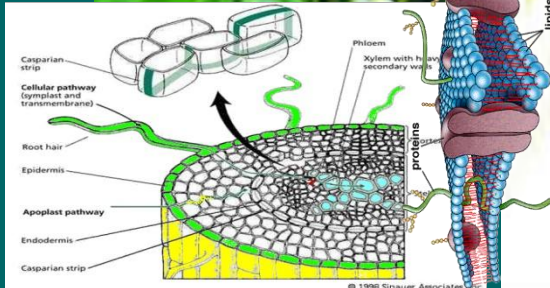
| Elemento  | Absorbido                                       | Elemento  | Absorbido                                   |
|-----------|-------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------|
| Carbono   | $\text{CO}_2$                                   | Azufre    | $\text{SO}_4^{2-}$                          |
| Hidrógeno | $\text{H}_2\text{O}$                            | Hierro    | $\text{Fe}^{2+}$                            |
| Oxígeno   | $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{O}_2$             | Manganeso | $\text{Mn}^{2+}$                            |
| Nitrógeno | $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$               | Zinc      | $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Zn}(\text{OH})_2$ |
| Fósforo   | $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ | Cobre     | $\text{Cu}^{2+}$                            |
| Potasio   | $\text{K}^+$                                    | Boro      | $\text{B}(\text{OH})_3^0$                   |
| Calcio    | $\text{Ca}^{2+}$                                | Molibdeno | $\text{MoO}_4^{2-}$                         |
| Magnesio  | $\text{Mg}^{2+}$                                | Cloro     | $\text{Cl}^-$                               |
|           |                                                 | Nikel     | $\text{Ni}^{2+}$                            |

# NUTRICIÓN VEGETAL

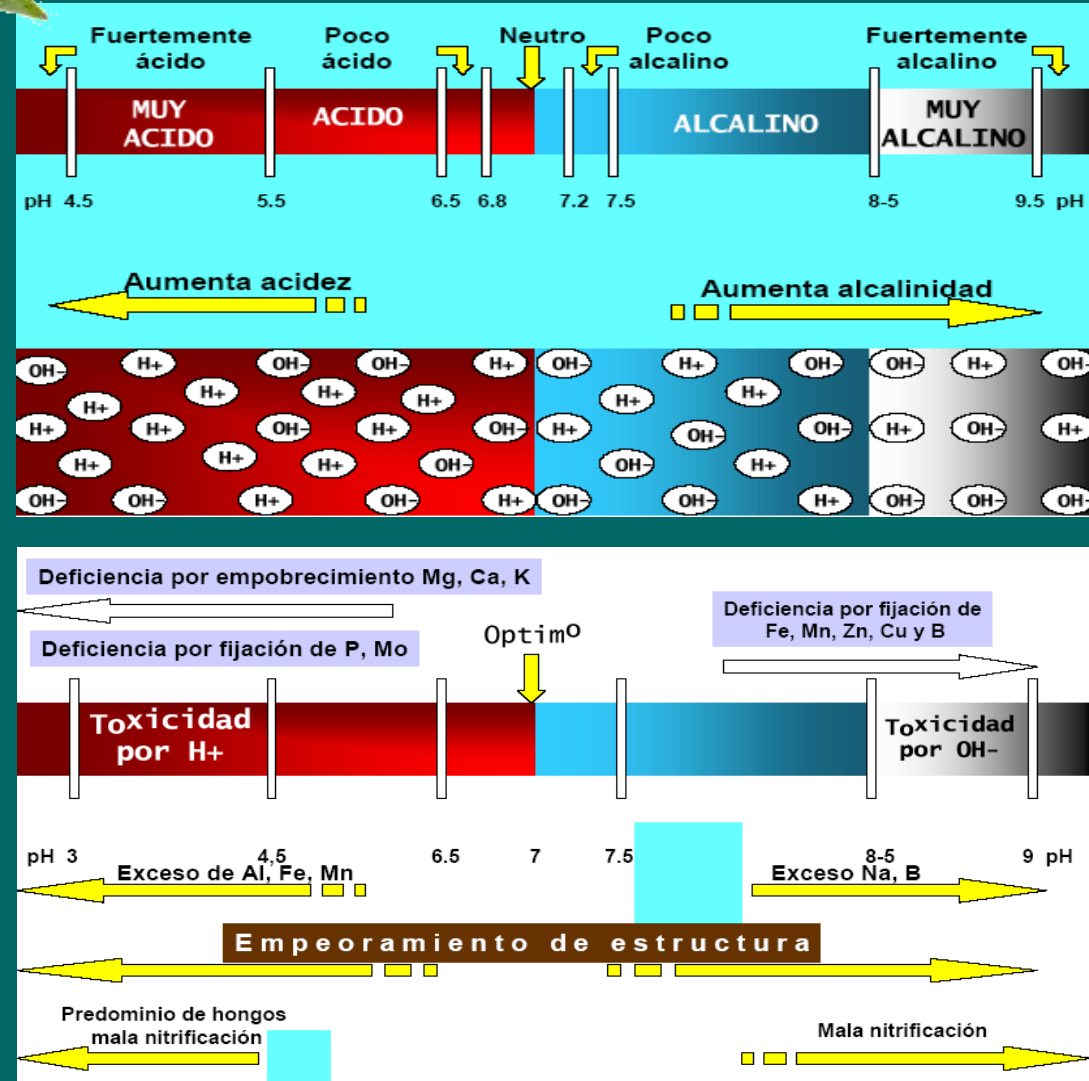
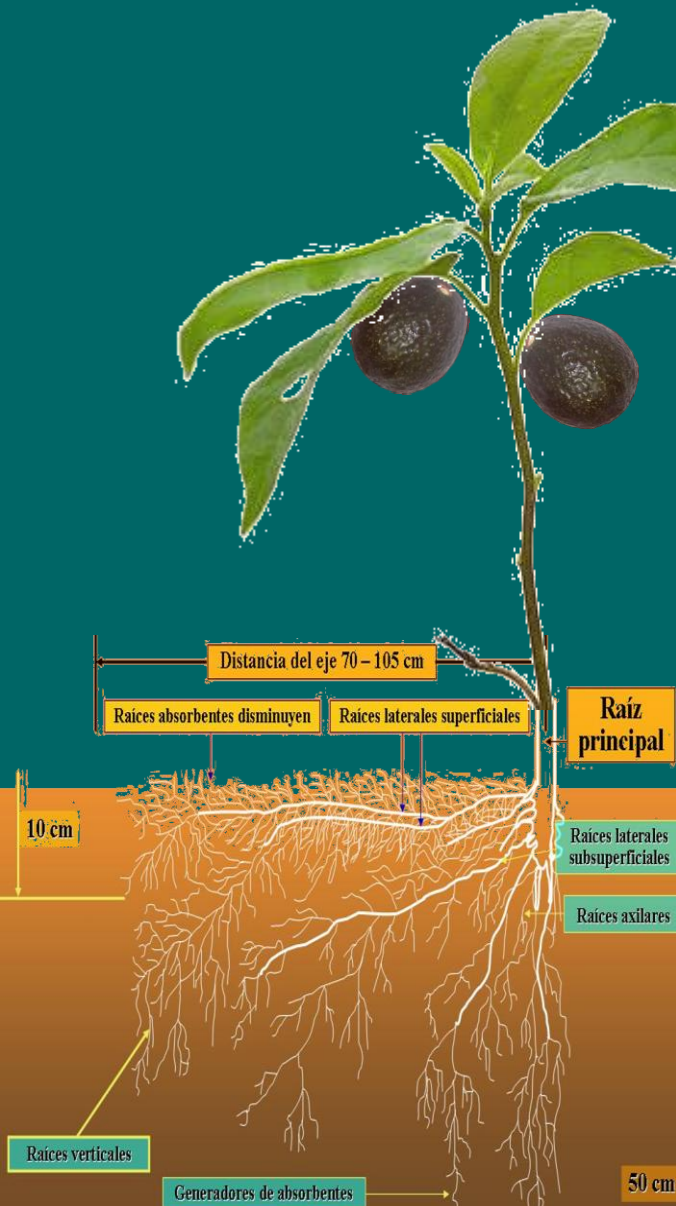
*Ciencia que estudia los procesos que determinan la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, su acceso hacia la raíz, absorción, transporte, asimilación y funciones metabólicas de éstos en las planta.*



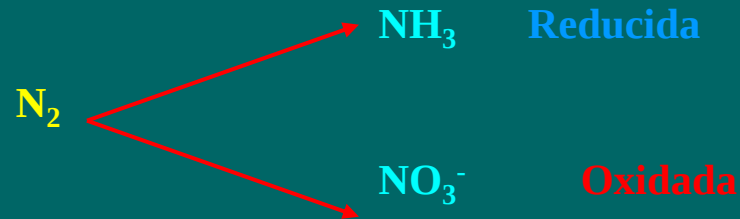
C, H, N, O, S  
P, K, Ca, Mg  
Fe, Mn, Zn, Cu  
B, Mo, Cl



# pH



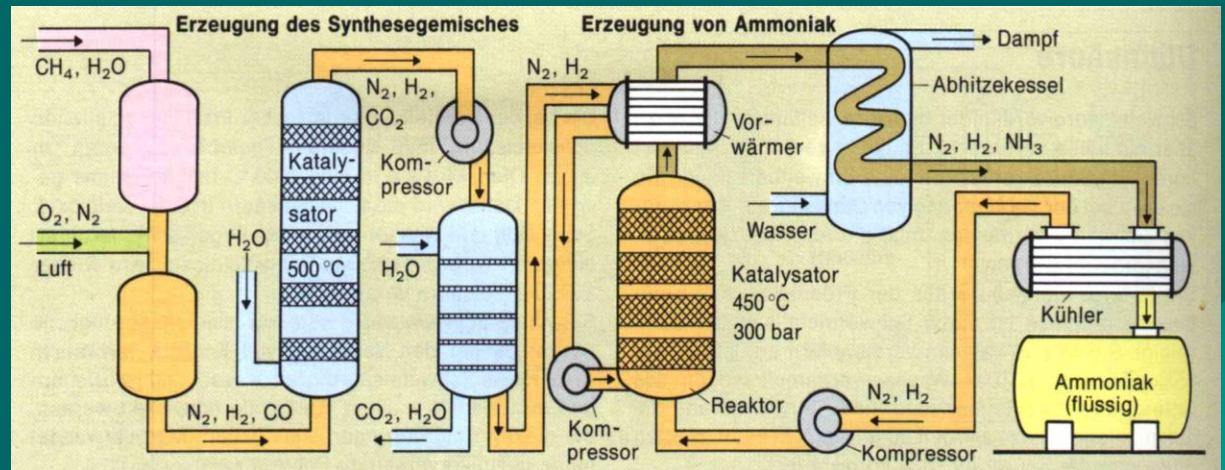
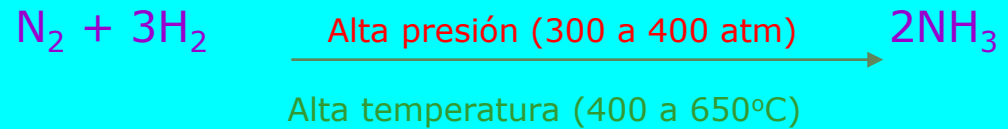
# Fijación de Nitrógeno

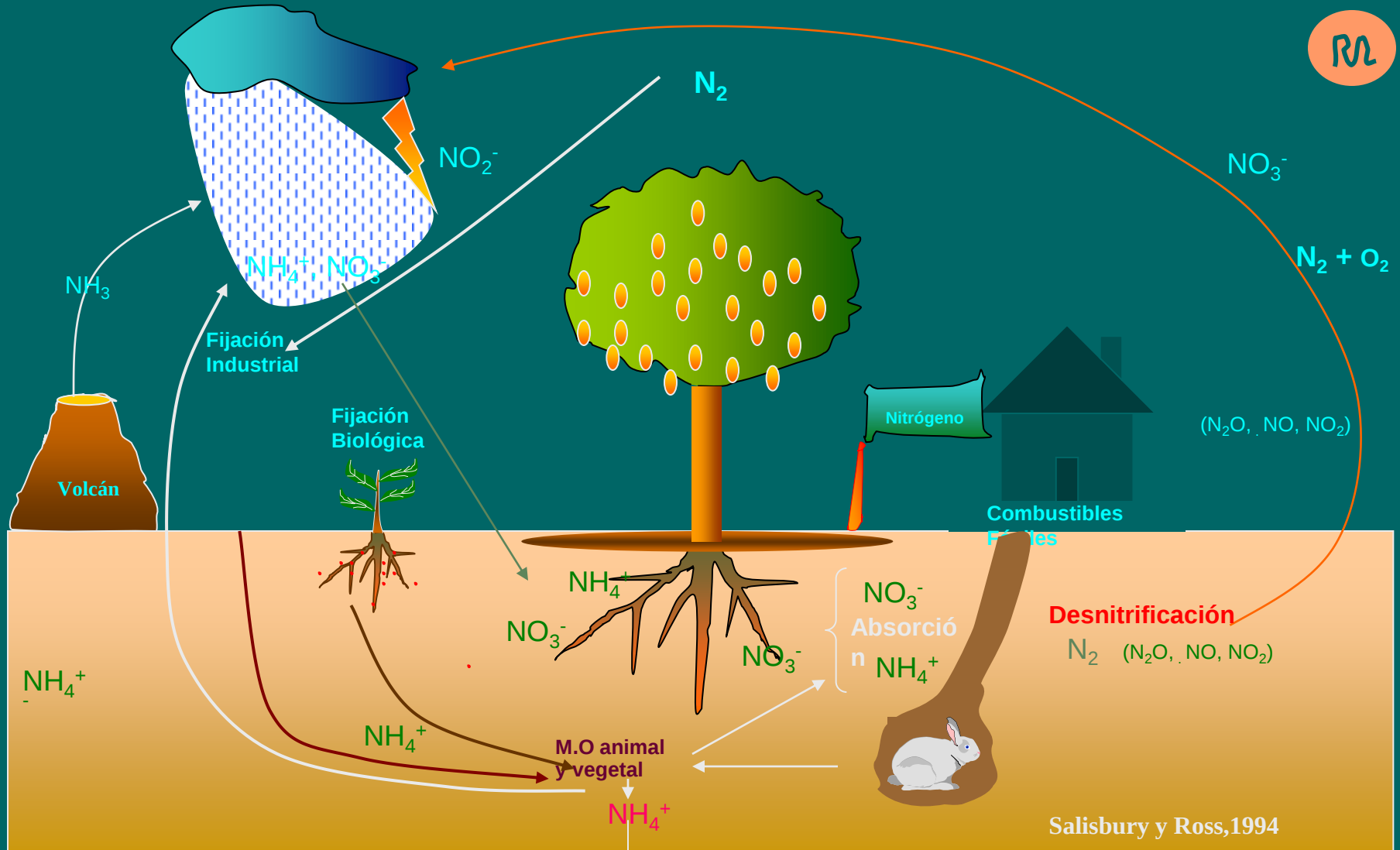


*Fijación Biológica de Nitrógeno*



*Fijación Industrial de Nitrógeno (Haber-Bosch)*





**Ganancias:**  $10^6$  ton/año

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| Fijación Industrial             | 46      |
| Fijación Biológica              | 100-200 |
| Precipitación $NO_3^- / NO_2^-$ | 60      |
| Precipitación $NH_4^+$          | 40      |

Nitrificación

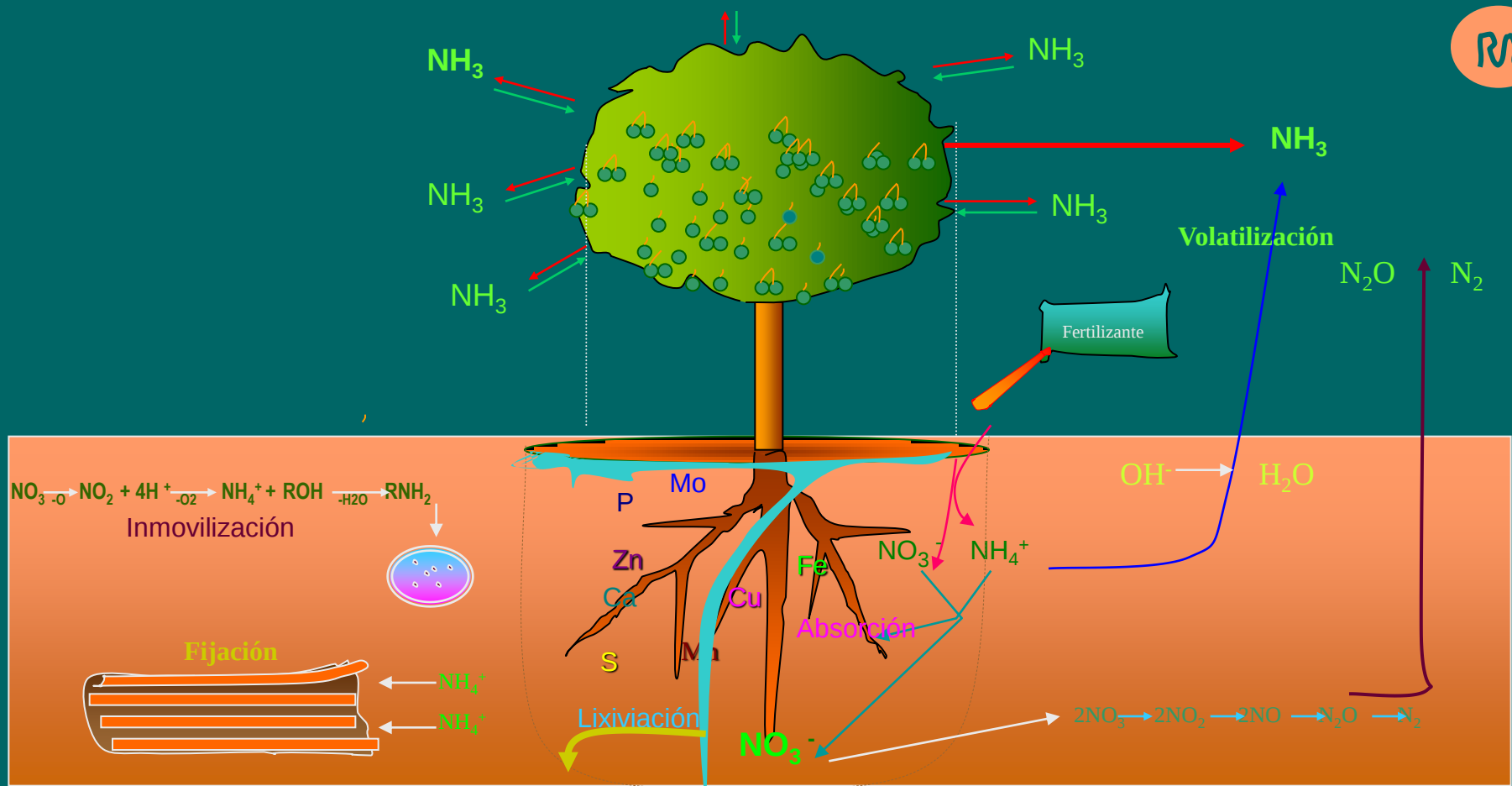
$NO_3^-$

Lixiviación  
(Lagos, ríos, océanos)

**Pérdidas:**  $10^6$  ton/año

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| Denitrificación       | 200-300 |
| Volatilización $NH_3$ | 165     |

Kirkby y Mengel, 1982.



### RUTAS DEL NITRÓGENO APLICADO.

|    |                          |        |
|----|--------------------------|--------|
| ☀️ | ABSORCIÓN POR EL CULTIVO | 50-60% |
| ☀️ | LIXIVIACIÓN              | 0-10%  |
| ☀️ | VOLATILIZACIÓN DEL SUELO | 0-10%  |
| ☀️ | DESNITRIFICACIÓN         | 0-50%  |
| ☀️ | VOLATILIZACIÓN DE PLANTA | 0-21%  |
| ☀️ | INMOVILIZACIÓN           | 0-15%  |
| ☀️ | ADSORCIÓN Y FIJACIÓN     | 0-10%  |

| Especie            | Fórmula              | Valencia |
|--------------------|----------------------|----------|
| Nitrato ión        | $\text{NO}_3^-$      | +V       |
| Nitrito ión        | $\text{NO}_2^-$      | +III     |
| Oxido de nitrógeno | $\text{N}_2\text{O}$ | +I       |
| Óxido nítrico      | $\text{NO}$          | +II      |
| Nitrógeno gas      | $\text{N}_2$         | 0        |
| Amoniac            | $\text{NH}_3$        | -III     |
| Amonio             | $\text{NH}_4^+$      | -III     |
| Amina orgánico     | $\text{RNH}_2$       | -III     |





1. Removilización de materia seca 2.3 a 36.4%
2. Removilización de 61 a 81% de N
3. N movilizado al llenado del grano de trigo 6 al 73%

Papakosta y Gagianas (1991)

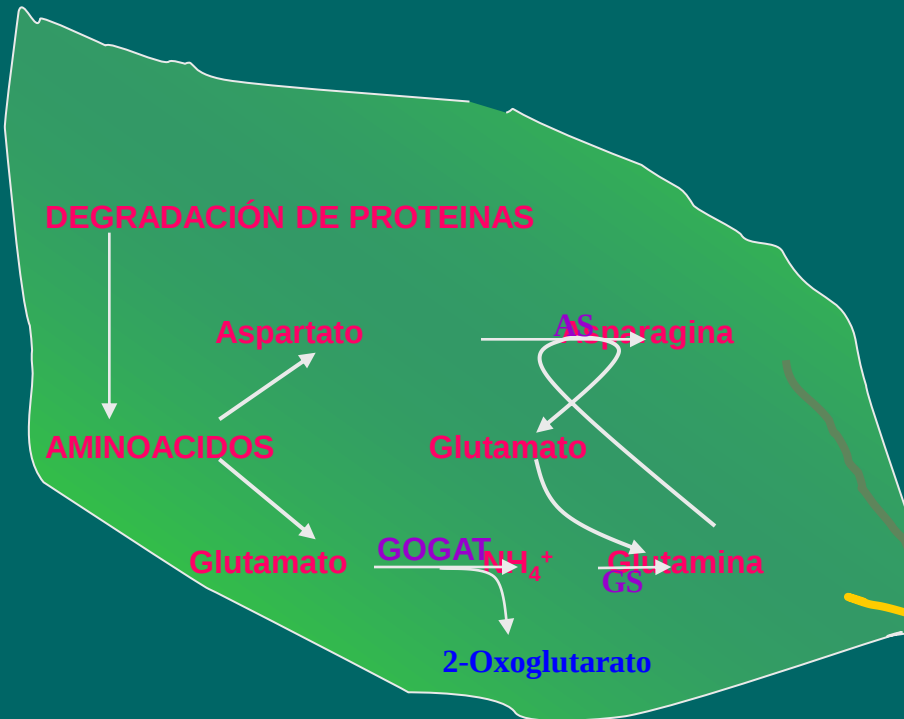
Dependiendo del genotipo y nivel de fertilización N se remueve del 60 al 85% del N foliar hacia la mazorca.

La remoción de N es hojas > tallos > raíz .  
>45% >10%

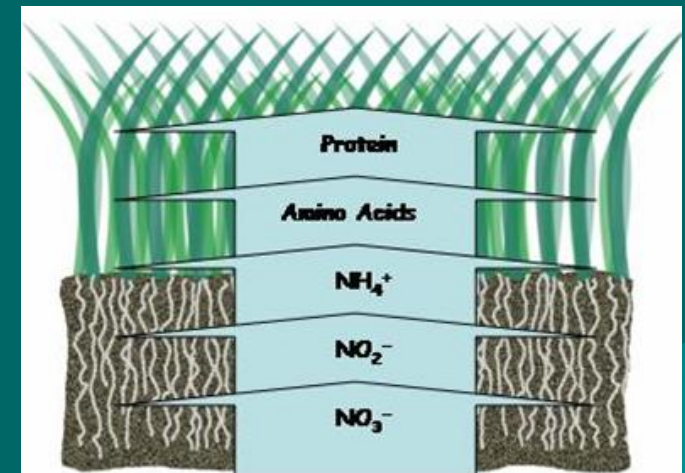
Maíz

Ta y Weiland, 1992.

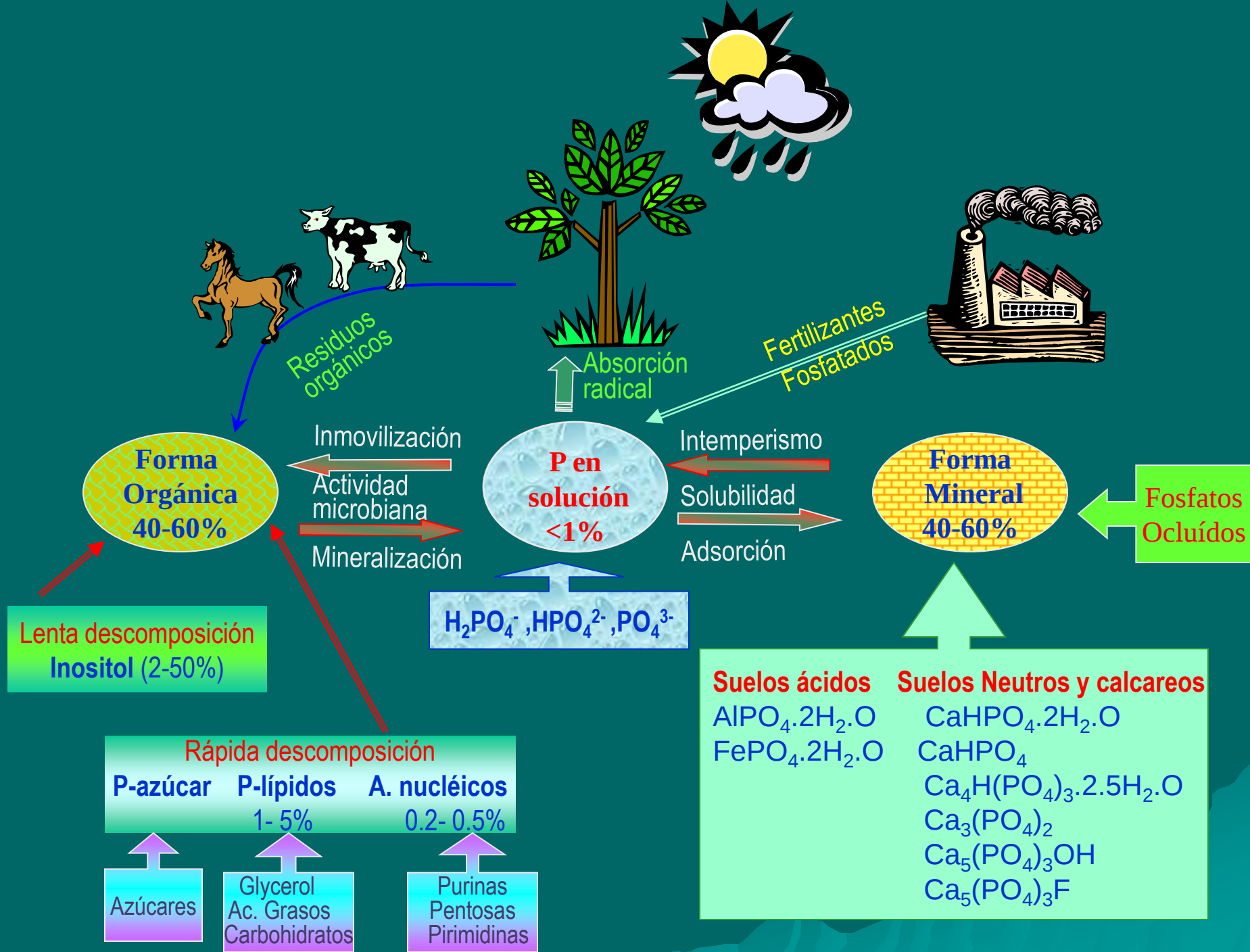
## Organo Senescente



## Organo en Crecimiento

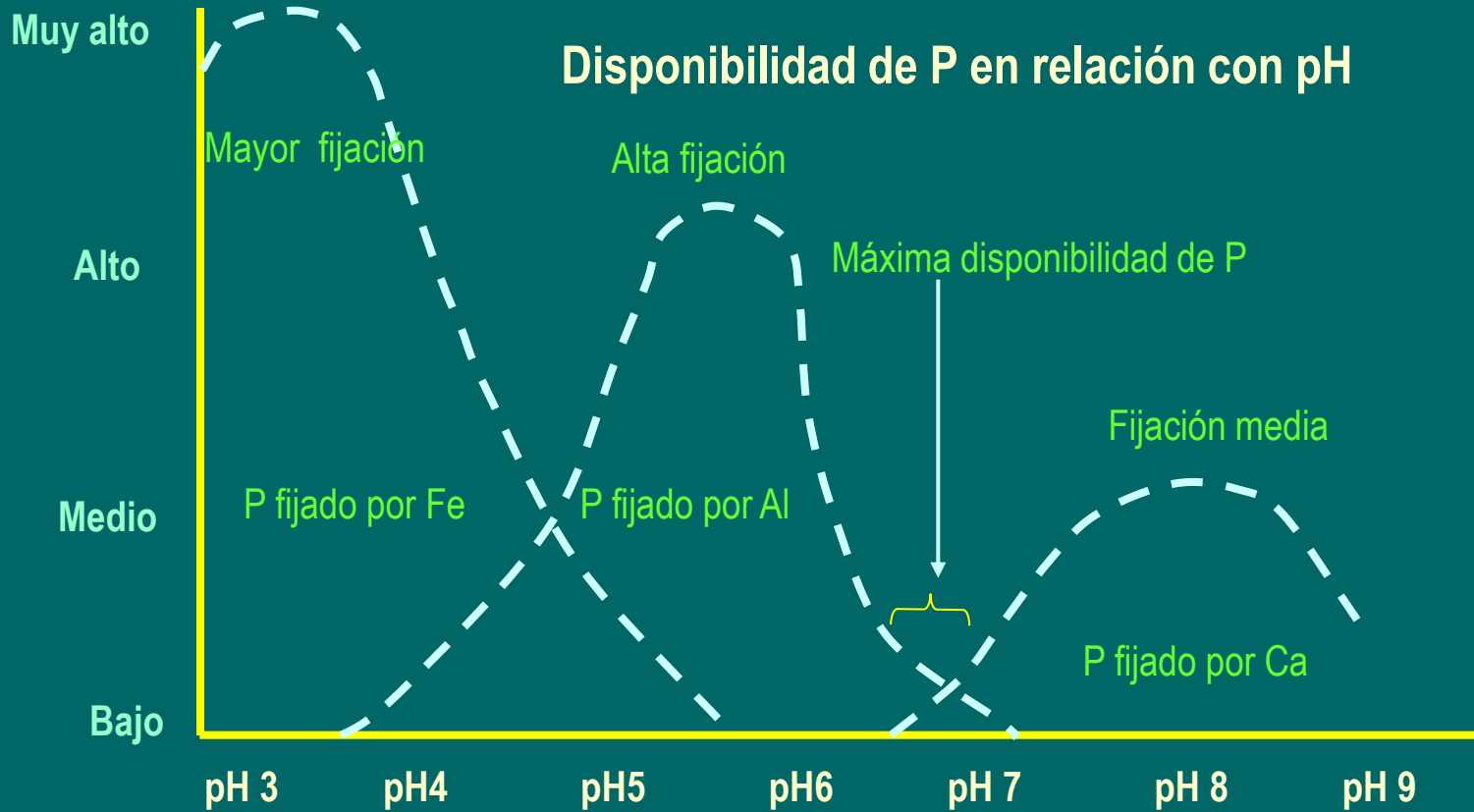


Azcon-Bieto y Talon, 1993.

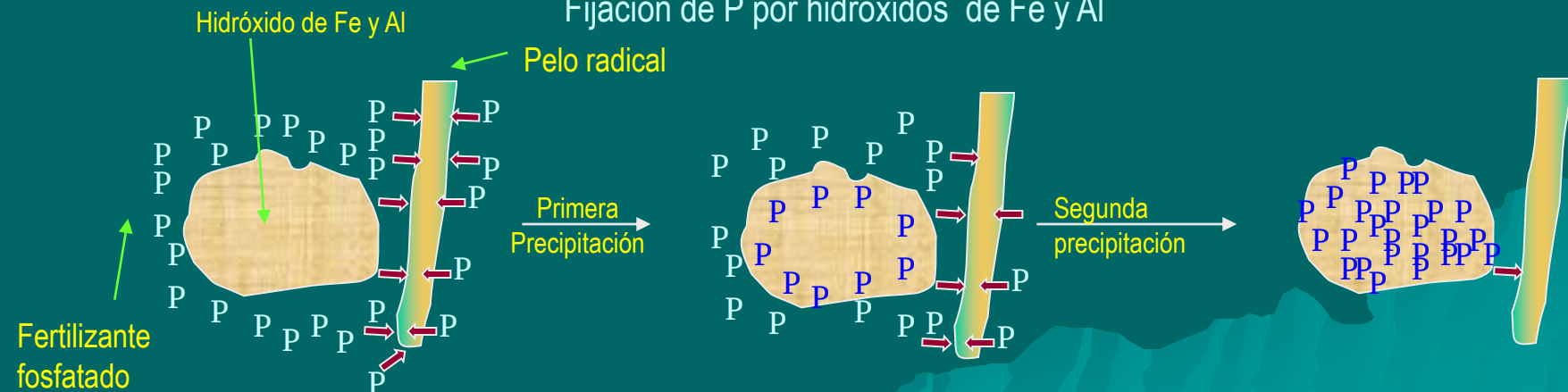


Cantidad de P fijado en el suelo

## Disponibilidad de P en relación con pH

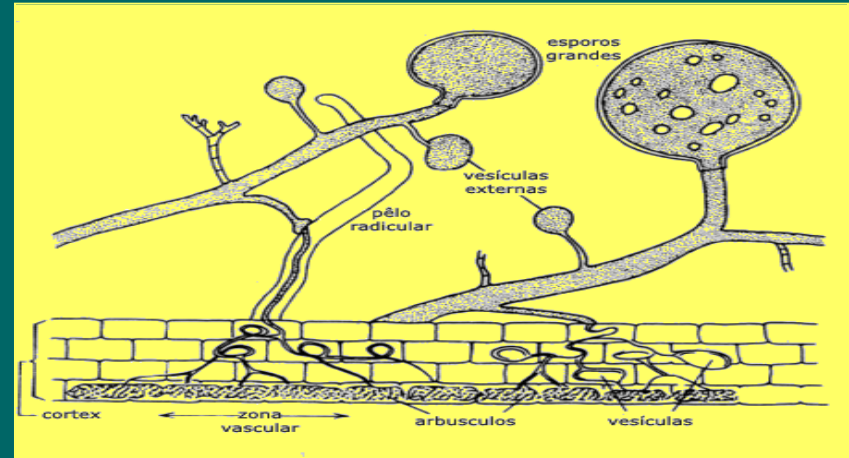
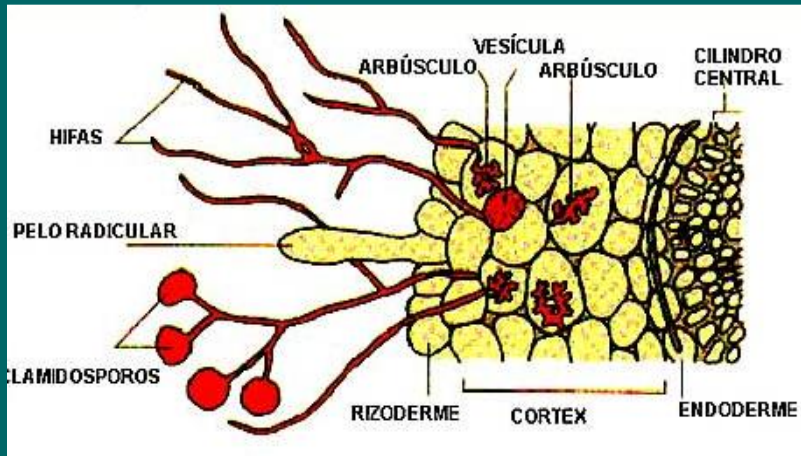


### Fijación de P por hidróxidos de Fe y Al



# LAS MICORRIZAS

- La micorriza es una asociación mutualista entre un hongo del suelo y las raíces de una planta.



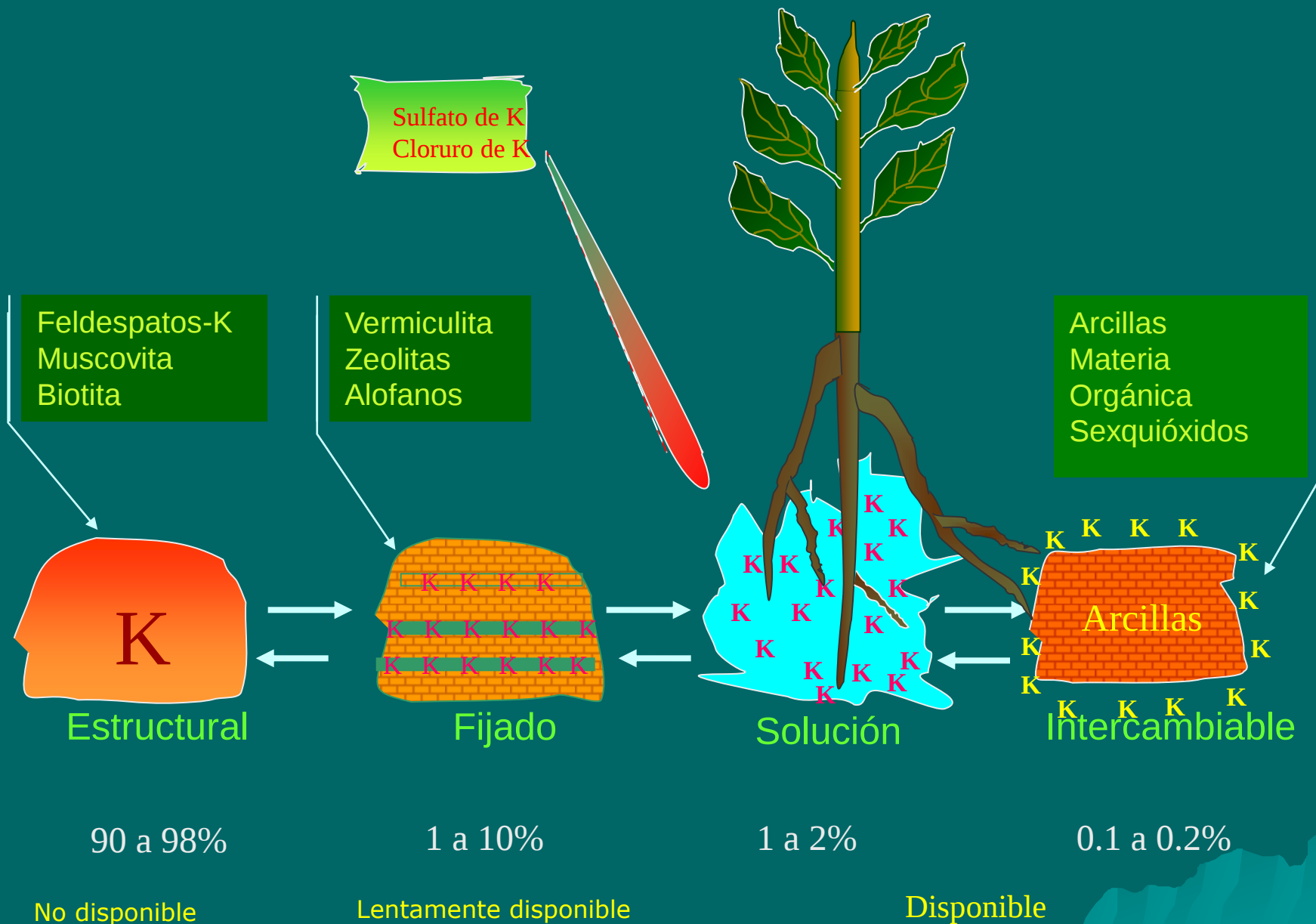
- La mayor parte de las plantas vasculares (> 85%) y hongos de tipo basidiomicetas, ascomicetas y zigomicetas se asocian

• En esta asociación 'la planta recibe elementos minerales mientras que el hongo obtiene compuestos de carbono derivados de la fotosíntesis' (Harley and Smith, 1983).

• El beneficio para la planta es el acceso a una mayor cantidad de agua y nutrimentos del suelo, necesarios para su nutrición, lo que origina un mayor crecimiento

Ranferi Maldonado





# Funciones metabólicas del K

Es muy móvil en la planta y la deficiencia se muestra en hojas viejas.

Es tan abundante como el nitrógeno

No forma parte estructural de la planta pero regula muchos procesos bioquímicos y fisiológicos..

Participa en el proceso Fotosintético.

Activador de más de 60 sistemas enzimáticos (metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas).

Transporta aminoácidos, balance de cargas eléctricas

Regula el intercambio gaseoso, elongación celular y radical.

Transporte de agua y regulación de agua en la planta.

Tolerancia a factores adversos.

El exceso de K, disminuye { Ca, Mg, Mn,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y a.a }

La falta de potasio produce putrescina

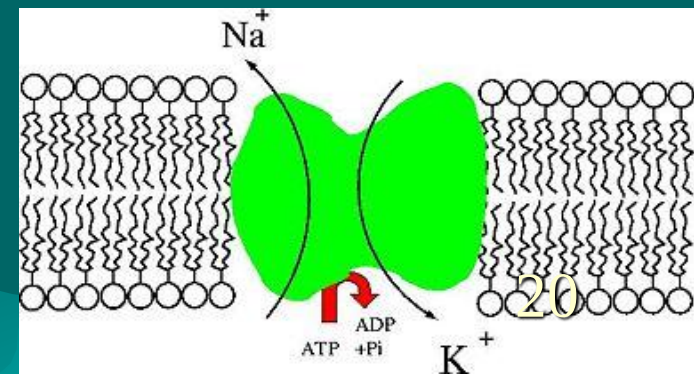
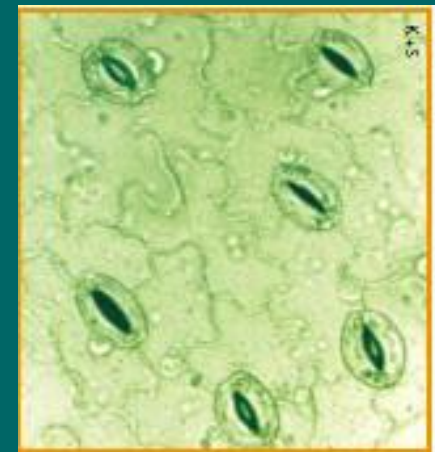
Regula el estado hídrico de la planta.

Mayor tolerancia a temperaturas extremas

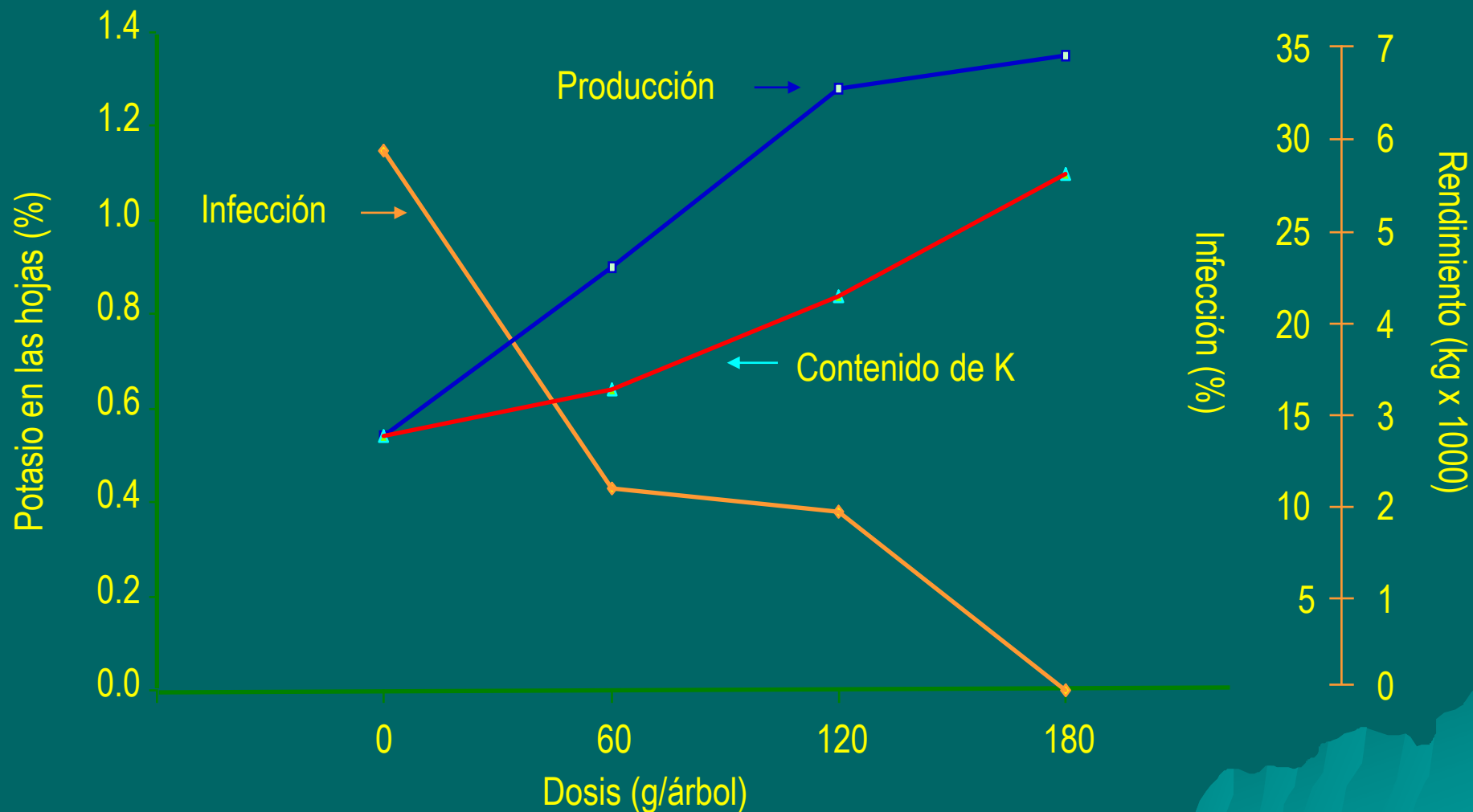
Menores daños causados por el viento.

Regula desordenes nutrimentales.

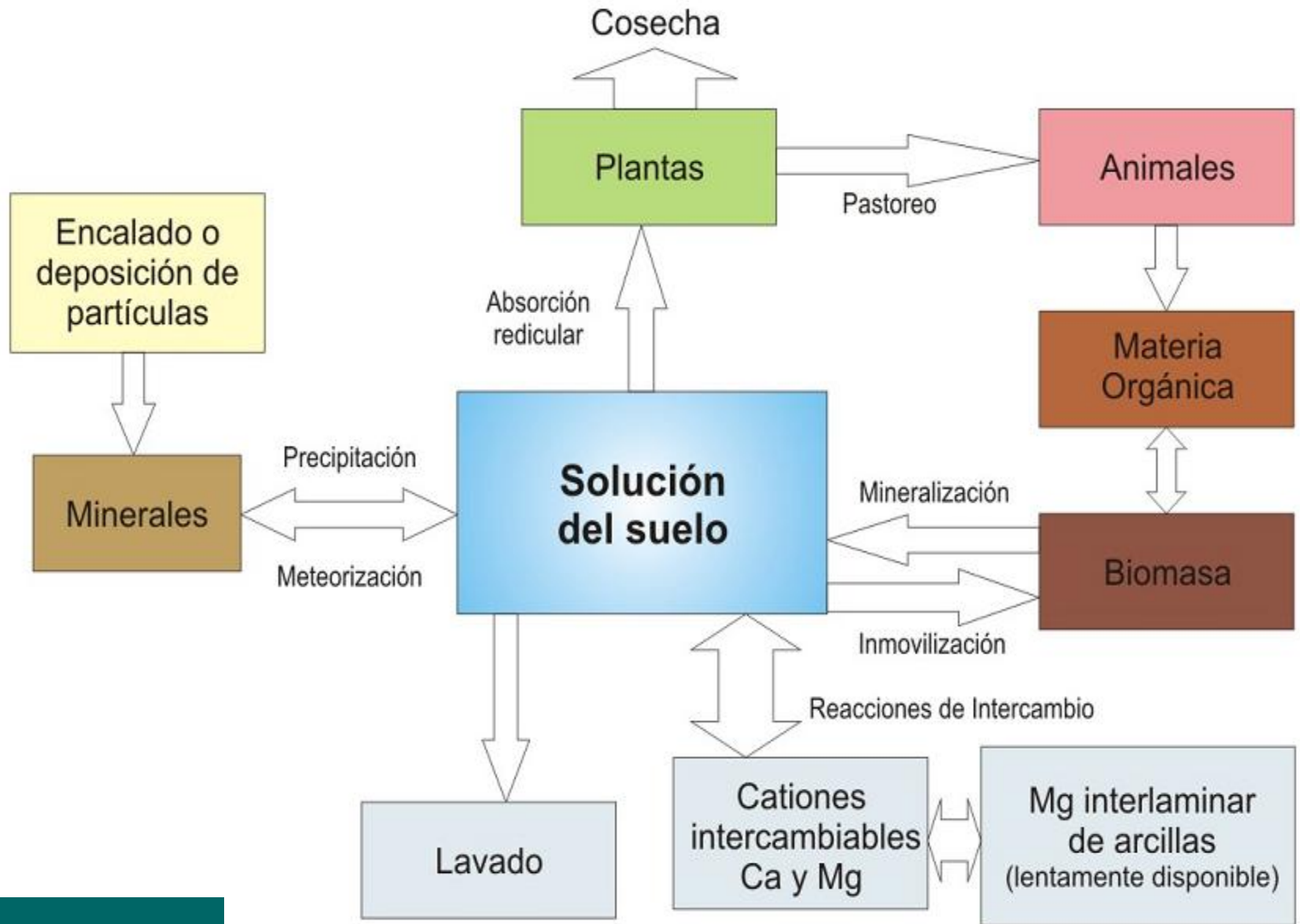
Mayor resistencia a plagas y enfermedades.



Relación entre el potasio foliar y el % de infección de *Cercospora Coffeicola* en el grano y la producción de café

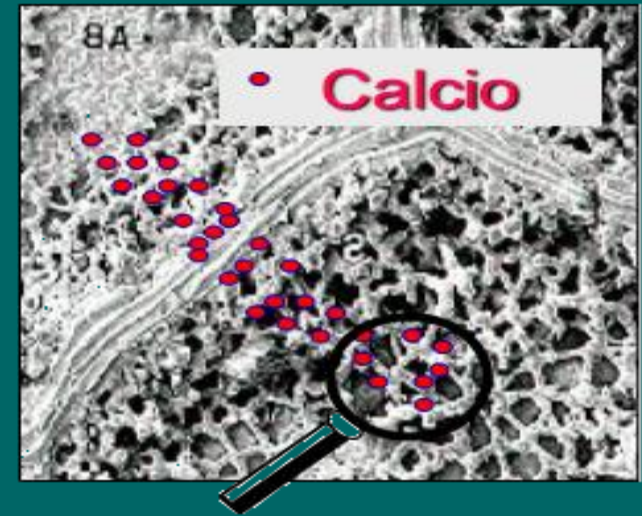


# Ciclo del calcio en la Naturaleza

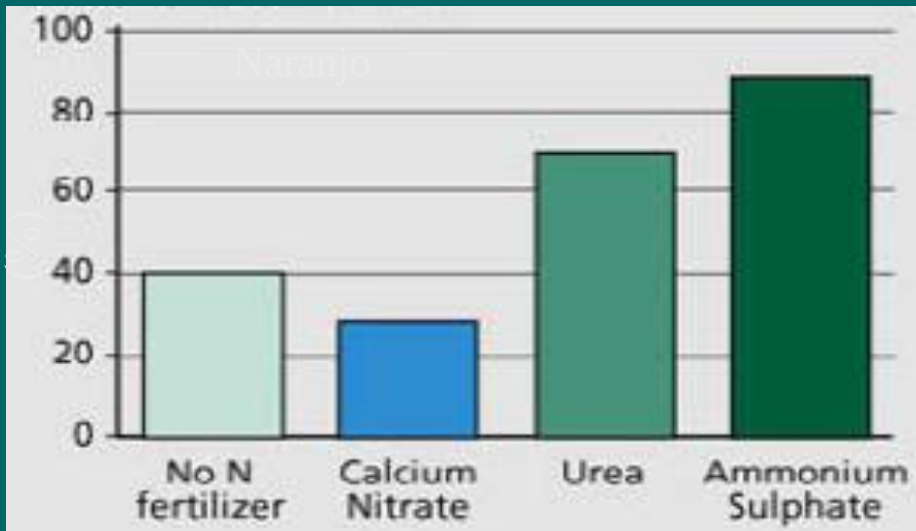


## Funciones del $\text{Ca}^{2+}$

- Constituyente de pectatos en paredes celulares
- Mantiene la integridad de la membrana y pared celular.
- Forma parte de la enzima  $\alpha$ -amilasa
- Estimula el desarrollo de las raíces y hojas.
- Fortalece la estructura de la planta
- Ayuda a reducir los nitratos en la planta.
- Estimula m.o.o y mejora la disponibilidad del Mo.
- Mejora fijación biológica de nitrógeno.
- Regula la absorción de nutrientes.
- Permite a las plantas desencadenar mecanismos de autodefensa.



## Efecto de calcio en el control de enfermedades



Fuentes de Ca y raíces afectadas por Phytophthora.

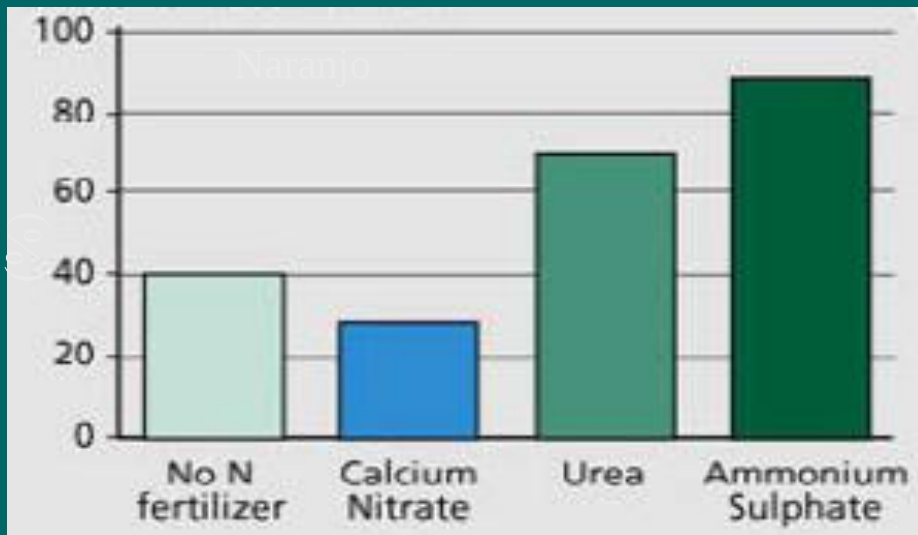
## Efecto del Ca en el control de Botritis

### Concentración $\text{mg kg}^{-1}$

| K    | Ca   | Mg  | Botritis |
|------|------|-----|----------|
| 14.4 | 10.6 | 3.2 | 4        |
| 23.8 | 5.4  | 4.1 | 7        |
| 34.2 | 2.2  | 4.7 | 13       |
| 48.9 | 1.8  | 4.2 | 15       |

Índice de infección: 0-5 infección leve; 6-10 infección moderada; 11-15 infección severa.

# Efecto de calcio en el control de enfermedades



Fuentes de Ca y raíces afectadas por Phytophthora.

## Efecto del Ca en el control de Botritis

### Concentración mg kg<sup>-1</sup>

| K    | Ca   | Mg  | Botritis |
|------|------|-----|----------|
| 14.4 | 10.6 | 3.2 | 4        |
| 23.8 | 5.4  | 4.1 | 7        |
| 34.2 | 2.2  | 4.7 | 13       |
| 48.9 | 1.8  | 4.2 | 15       |

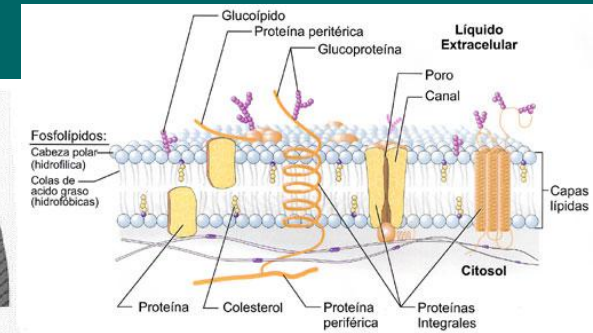
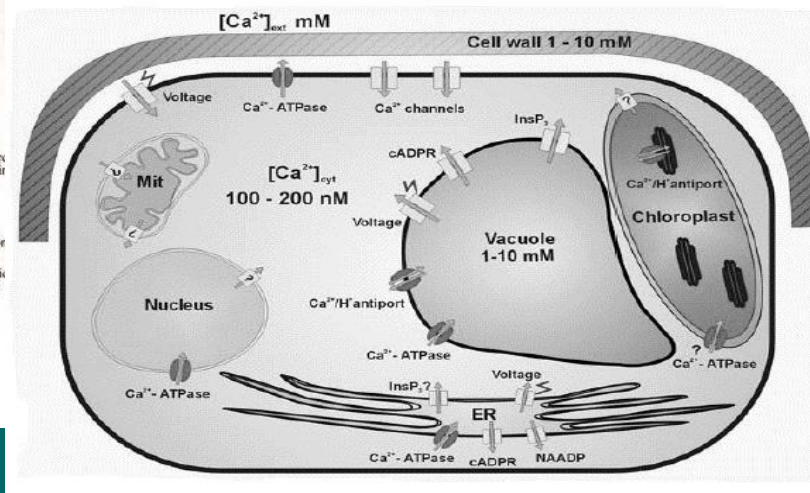
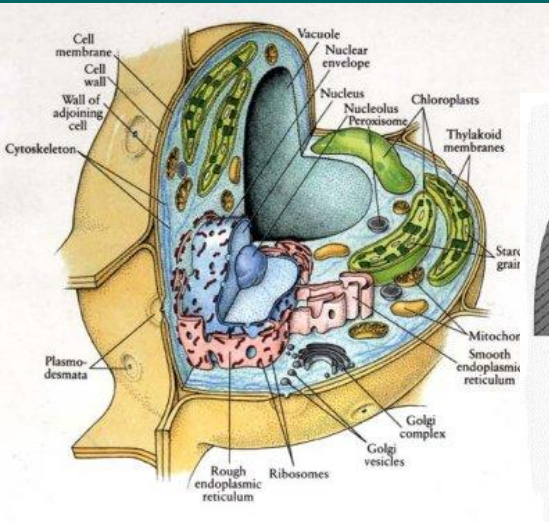
Índice de infección: 0-5 infección leve, 6-10 infección moderada; 11-15 infección severa.

## Severidad del daño por Fusarium y la [Ca] en exudados del xilema de tomate.

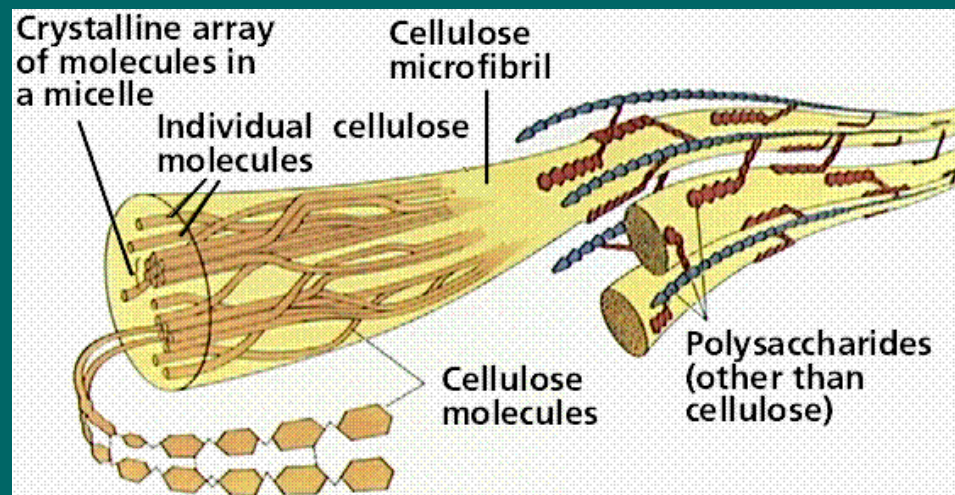
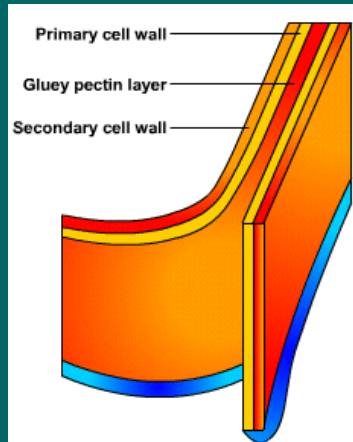
| Aporte de Ca mg L <sup>-1</sup> | Ca en exudado mg kg <sup>-1</sup> | Índice de enfermedad |
|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| 0                               | 73                                | 1.00                 |
| 50                              | 219                               | 0.92                 |
| 200                             | 380                               | 0.80                 |
| 1000                            | 1081                              | 0.09                 |

0 = Plantas saludables; 1 = Plantas infectadas severamente.

# Componente de membrana celular



# Componente de pared celular



# Equilibrio del Fe en el Suelo

## Minerales primarios

|           |     |           |     |
|-----------|-----|-----------|-----|
| Olivino   | 20% | Piroxenos | 12% |
| Amfíbolos | 15% | Biotita   | 15% |
| Arcillas  | 10% | Magnetita | 72% |

Intemperización

## Fe en solución

Quelatación y reducción

Fe en organismos

Aporte m.o.o

Fe en agua de ríos

Quelatación/Hidrólisis

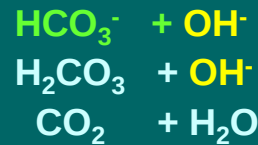
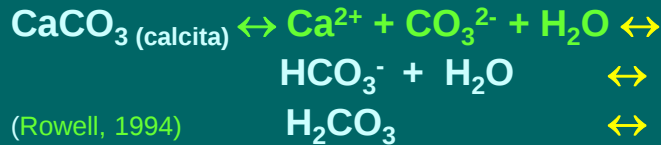
Reducción microbiana

Fe<sup>2+</sup> mineral  
goetita, magemita,  
lepidocrita, ferrinidrita,  
hematita, etc.

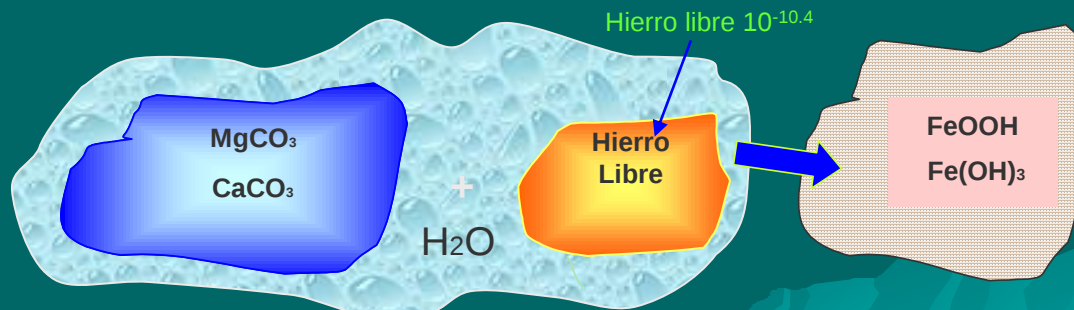
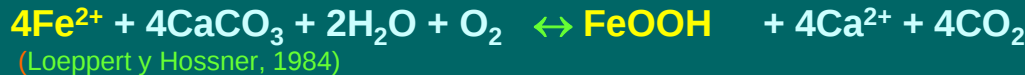
Oxidación

Oxidos de Fe<sup>3+</sup>

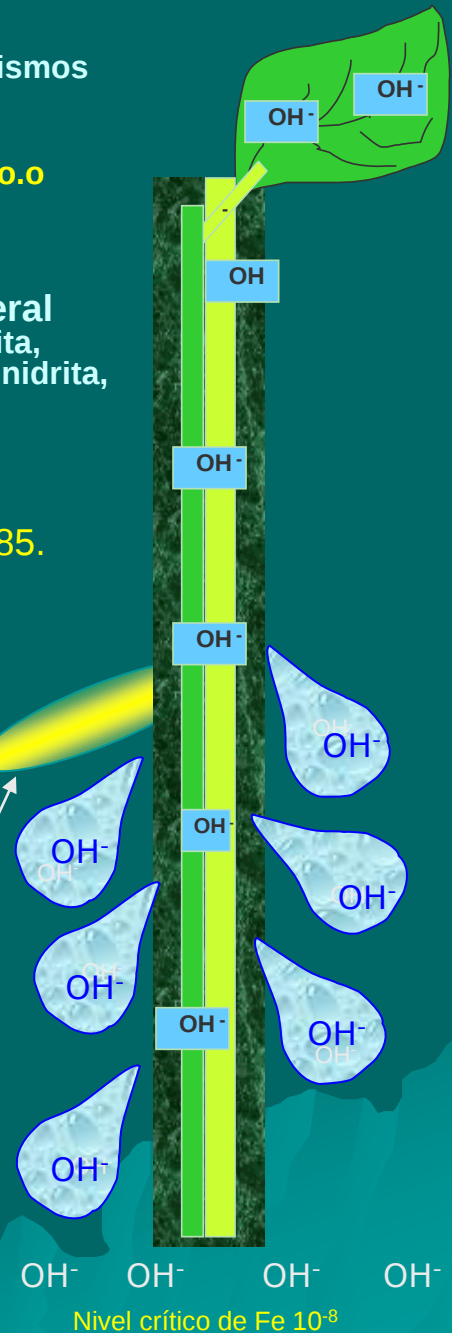
Stucki et al. 1985.



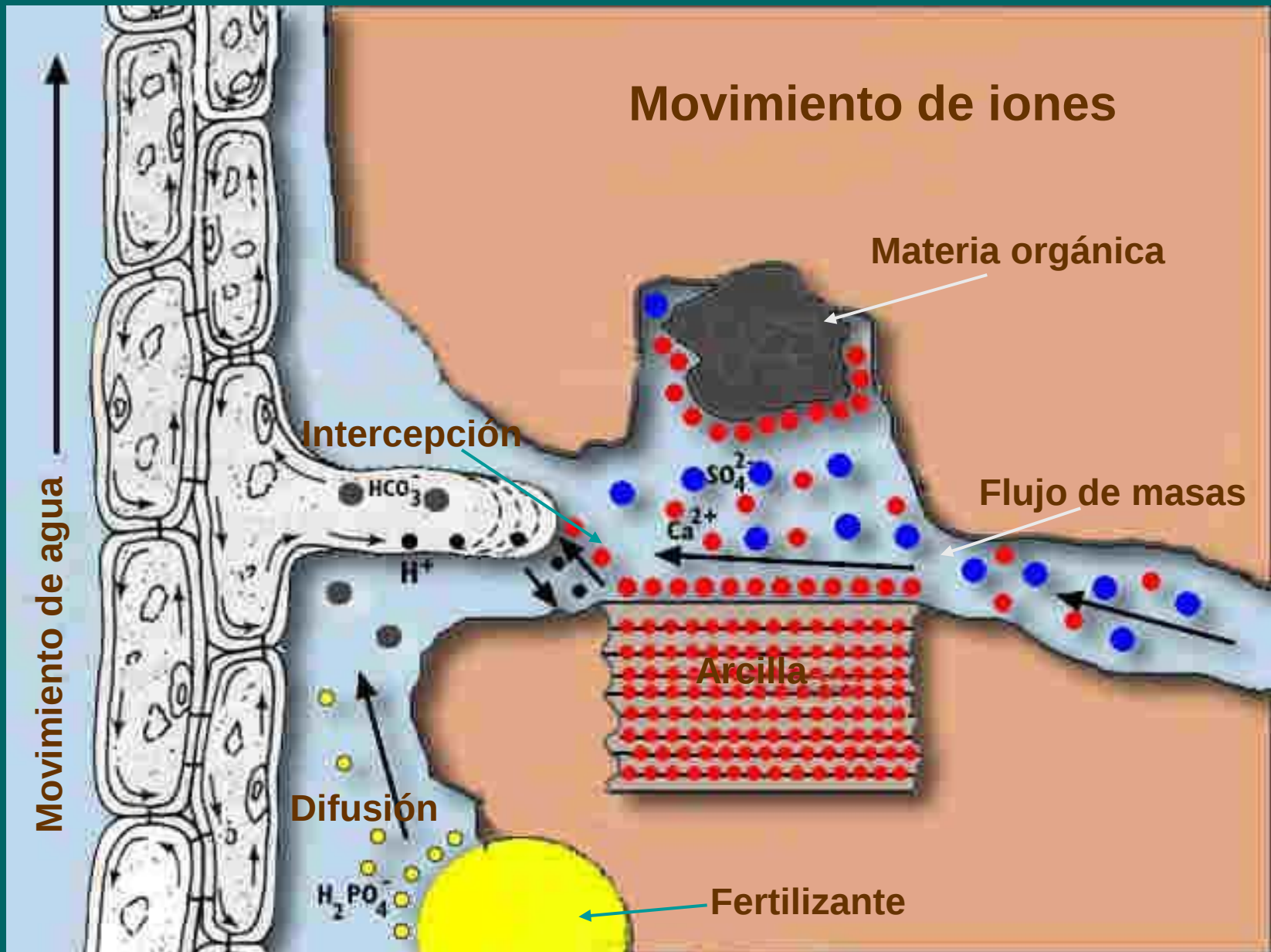
pH 7.0-8.5



Pelo radical



## Movimiento de iones



## Acceso nutrimental y localización del fertilizante (Malavolta et al., 1989)

| Nutriente              | Intercepción | Flujo de masas | Difusión | Aplicación fertilizante |
|------------------------|--------------|----------------|----------|-------------------------|
| -----% del Total ----- |              |                |          |                         |
| N                      | 1            | 99             | 0        | Al voleo                |
| P                      | 2            | 4              | 94       | Localizado              |
| K                      | 3            | 25             | 72       | Localizado              |
| Ca                     | 287          | 760            | 0        | Al voleo                |
| Mg                     | 57           | 375            | 0        | Al voleo                |
| S                      | 5            | 95             | 0        | Al voleo                |
| B                      | 29           | 1000           | 0        | Distante                |
| Cu                     | 70           | 20             | 10       | Localizado              |
| Na                     | 50           | 10             | 40       | Localizado              |
| Mn                     | 15           | 5              | 80       | Localizado              |
| Mo                     | 10           | 200            | 0        | Al voleo                |
| Zn                     | 20           | 20             | 60       | Localizado              |

## Materia Orgánica

El composteo degrada de manera controlada aeróbica y termofílicamente los materiales putrescibles de la materia orgánica por acción de los microorganismos. Para ello es necesario manipular factores como la humedad, temperatura, concentración de  $O_2$ ,  $CO_2$ , relación C/N, etc.

### Beneficios que promueve en el suelo:

- ✓ Mayor actividad microbiana.
- ✓ Formación de ácidos húmicos y fúlvicos
- ✓ Disminuye pérdidas de nutrientes.
- ✓ Disminuye la erosión del suelo.
- ✓ Regula cambios de pH y de  $T^{\circ}C$
- ✓ No contamina el ambiente
- ✓ Aumenta la fertilidad del suelo
- ✓ Suministra nutrientes al cultivo
- ✓ Mayor crecimiento radical de plantas
- ✓ Calidad y rendimiento de cosechas.



# PROCESO DE COMPOSTAJE



Transporte de la materia prima



Formación de pilas



Aireación y control de  $T^{\circ}C$  de pilas

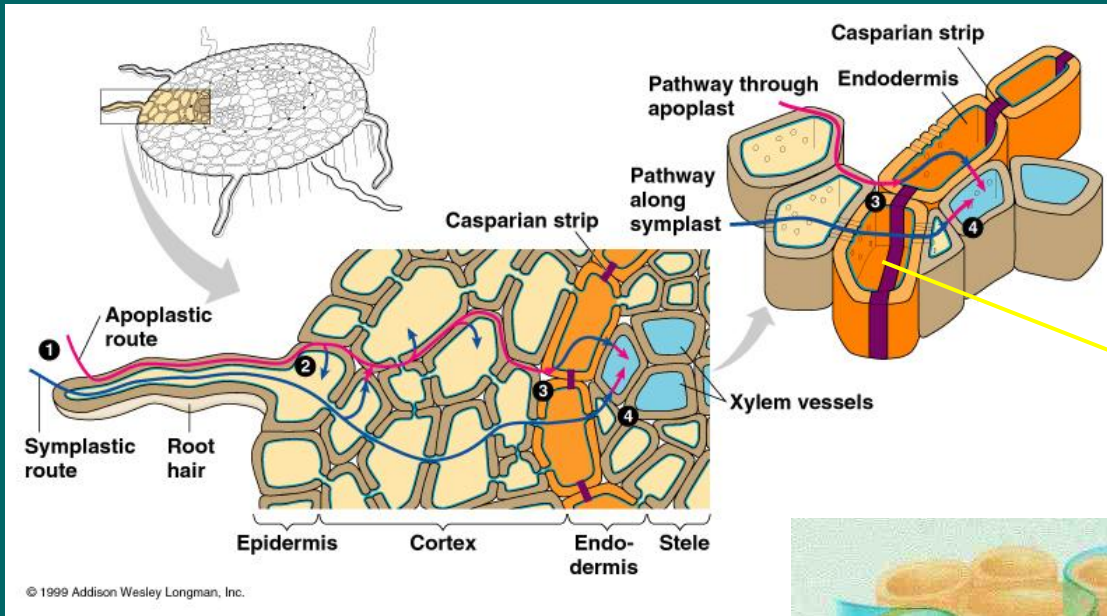


Maduración del proceso

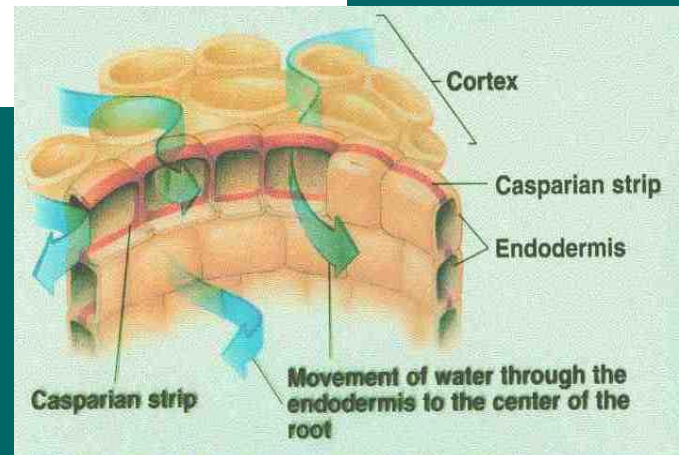
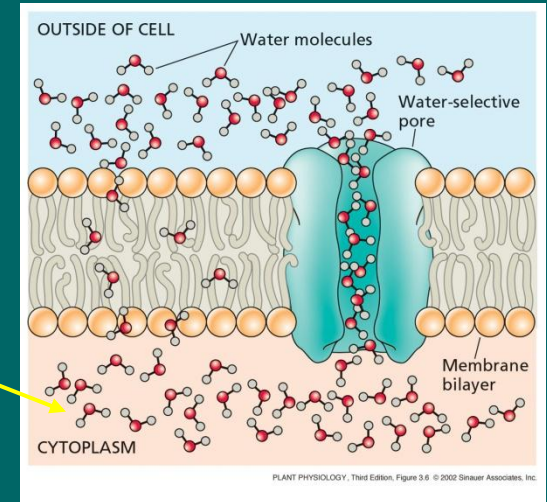
# ENTRADA DE AGUA A RAÍCES

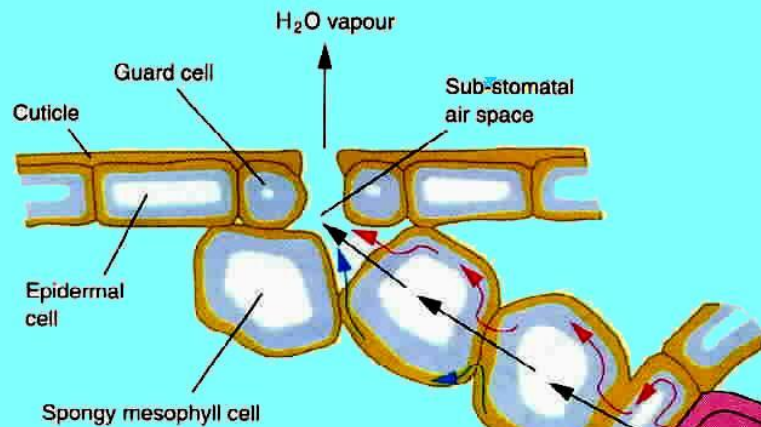
Agua y minerales son absorbidos por pelos radicales y las micorrizas  
Son transportados de epidermis a haces vasculares vía apoplasto y simplasto.

## Movimiento de agua en raíces



## Absorción de agua en membrana





## Componente

## Humedad potencial

Atmósfera

-20.00 MPa

Superficie de la hoja

-5.00 MPa

Hojas de arriba

-0.85 MPa

Hojas de abajo (interior)

-0.75 MPa

Agua del suelo

-0.50 MPa

Bundle sheath cell

Vaso del Xilema

Water is drawn up in the transpiration stream as a result of the cohesive forces between water molecules

Casparian strip – prevents movement of water across the cell wall

- Apoplast pathway
- Symplast pathway
- Vacuole pathway

Pericycle

Endodermal cell

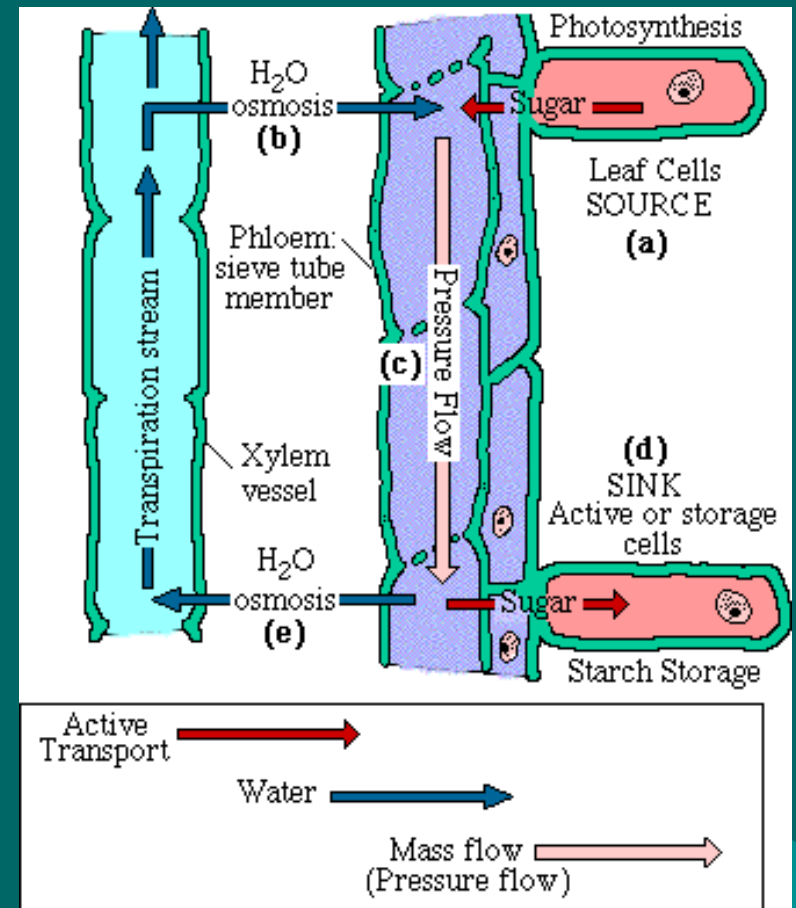
Root cortex cell

Root hair cell

Soil particle

# Transporte

- ✓ Propone que el agua contiene moléculas que fluyen a presión por el floema
- ✓ La presión es creada por diferencia en concentración del agua del floema y xilema
- ✓ La fuente bombea activamente sacarosa a células acompañantes y tubo criboso
- ✓ Como la sacarosa se acumula en el floema el agua entra por osmosis



# Diagnóstico nutrimental

## Análisis de Suelo

Esta operación permite determinar:

- ✓ El nivel de fertilidad del suelo.
- ✓ Seleccionar los mejoradores del suelo.
- ✓ Determinar la dosis de mejoradores.
- ✓ Determinar los productos fertilizantes.
- ✓ Estimar dosis para balancear fertilidad del suelo.
- ✓ Forma de aplicación de los fertilizante.



## Análisis foliar

Permite determinar:

- ✓ Confirmar deficiencias visuales
- ✓ Identificar deficiencias ocultas
- ✓ Evaluar desbalances nutrimentales
- ✓ Absorción de nutrimentos aplicados
- ✓ Control de dosis de fertilización
- ✓ Evaluar antagonismos y sinergismos





# NUTRE\_PLANTAS

ASESORÍA ESPECIALIZADA EN NUTRICIÓN DE CULTIVOS AGRÍCOLAS  
(Análisis de suelo, planta, agua, fertilizantes y enmiendas agrícolas)

## ANÁLISIS DE SUELO

Productor:

Fecha:

18/05/2009

Municipio

Identificación:

LOS TARROS

Cultivo:

Rendimiento (ton/ha):

Muestra:

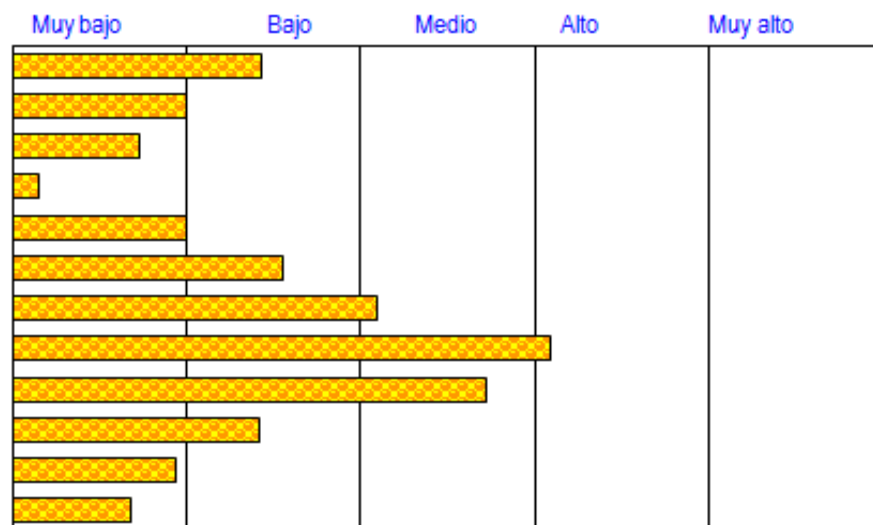
Densidad planta

Edad

10

### CLASIFICACIÓN NUTRIMENTAL

|                  |        |        |
|------------------|--------|--------|
| PH               | 8.20   |        |
| Materia Orgánica | 0.67   | %      |
| Nitrógeno inorg. | 8.23   | mg/kg  |
| Fósforo          | 3.41   | mg/kg  |
| Potasio          | 67.00  | mg/kg  |
| Calcio           | 440.00 | mg/kg  |
| Magnesio         | 75.00  | mg/kg  |
| Hierro           | 17.90  | mg/kg  |
| Manganeso        | 41.10  | mg/kg  |
| Zinc             | 4.18   | mg/kg  |
| Cobre            | 1.24   | mg/kg  |
| Boro             | 0.47   | mg/kg  |
| CIC              | 2.00   | me/100 |



Pedidos: 2do. Retorno No. 30, San Lorenzo, Texcoco, Edo. de México

CP 56190 correo: [nutre\\_plantas@yahoo.com.mx](mailto:nutre_plantas@yahoo.com.mx)

Tel: 01 (595) 95-5-16-95 y Cell: 045 (595) 95-7-49-37

# ANALISIS DE SUELO

Productor:

Fecha:

18/06/2010

Municipio

Uruapan, Mich.

Identificación:

Cultivo:

Aguacate

Rendimiento (ton/ha):

Muestra:

810

## CLASIFICACIÓN NUTRIMENTAL

Muy bajo

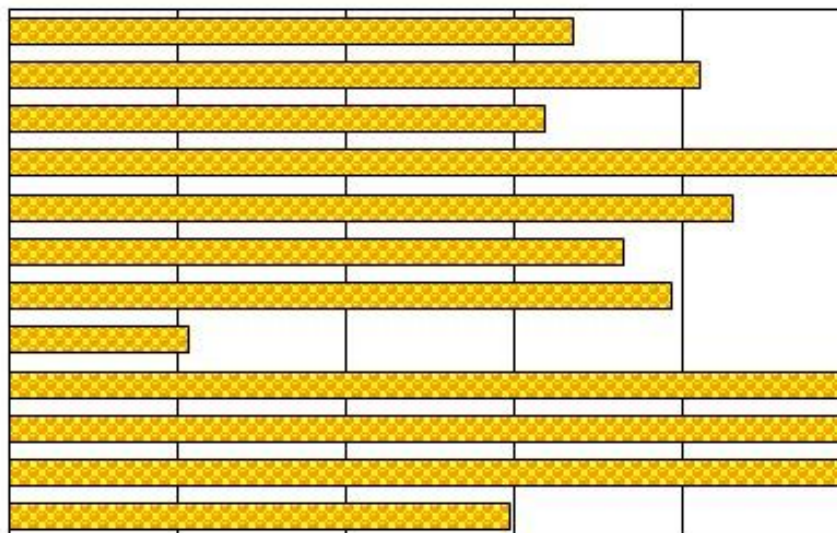
Bajo

Medio

Alto

Muy alto

|                  |         |        |
|------------------|---------|--------|
| Materia Orgánica | 4.71    | %      |
| Nitrógeno inorg. | 59.36   | mg/kg  |
| Fósforo          | 21.27   | mg/kg  |
| Potasio          | 1872.00 | mg/kg  |
| Calcio           | 2509.00 | mg/kg  |
| Magnesio         | 288.00  | mg/kg  |
| Hierro           | 47.08   | mg/kg  |
| Manganeso        | 10.97   | mg/kg  |
| Zinc             | 10.38   | mg/kg  |
| Cobre            | 15.80   | mg/kg  |
| Boro             | 4.64    | mg/kg  |
| CIC              | 23.70   | me/100 |



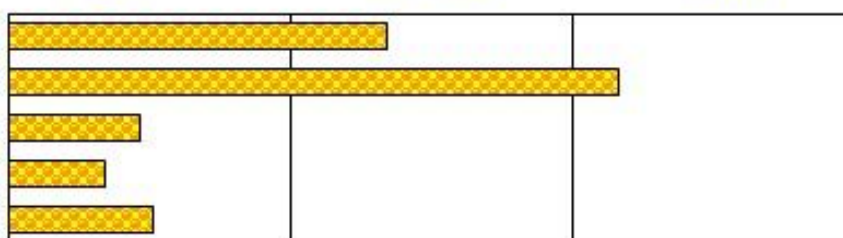
## RELACIONES DE BASES INTERCAMBIABLES

BAJO

OPTIMO

ALTO

|           |       |         |
|-----------|-------|---------|
| pH        | 5.85  |         |
| Ca/Mg     | 5.29  | me/100g |
| Ca/K      | 2.61  | me/100g |
| Mg/K      | 0.494 | me/100g |
| Ca + Mg/K | 3.107 | me/100g |



# Balance Nutricional Foliar.

Nombre:

Domicilio:

Cultivo: **Aguacate**

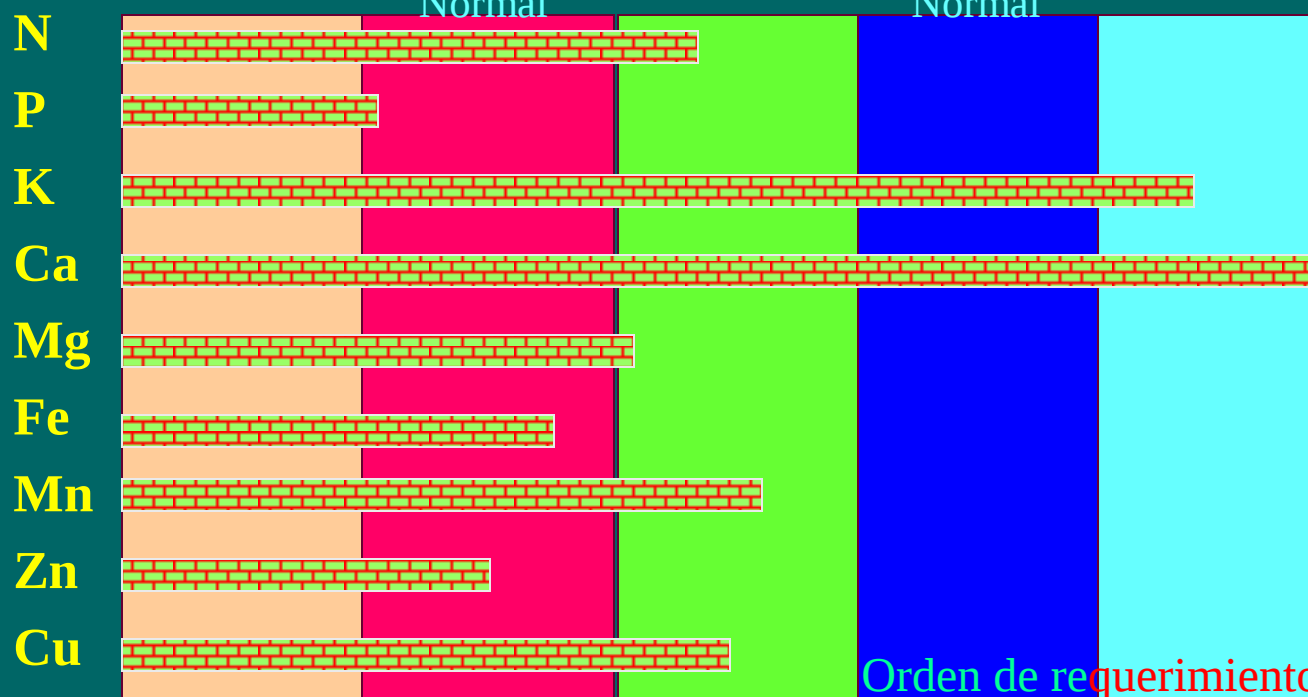
Rendimiento: **80 kg/árbol**

Etapa Fenológica: **Floración**

Fecha: 12/03/89

Fertilización: Básica + encalado.

| N          | P    | K    | Ca           | Mg     | Fe              | Mn            | Zn | Cu     |
|------------|------|------|--------------|--------|-----------------|---------------|----|--------|
| -----%     |      |      |              |        | -----mg/kg----- |               |    |        |
| 2.1        | 0.07 | 0.95 | 3.93         | 0.48   | 51              | 267           | 32 | 35     |
| 91         | 53   | 161  | 191          | 85     | 69              | 108           | 64 | 105    |
| Deficiente |      |      | Abajo Normal | Normal |                 | Arriba Normal |    | Exceso |



Orden de requerimiento Nutricional  
**P > Zn > Fe > Mg > N > Cu > Mn > K > Ca**  
 Abajo del Normal      Normal      Exceso

# Balance Nutricional Foliar.

Nombre:

Cultivo: **Aguacate**

Etapa Fenológica: **Floración**

Fertilización: Básica + encalado.

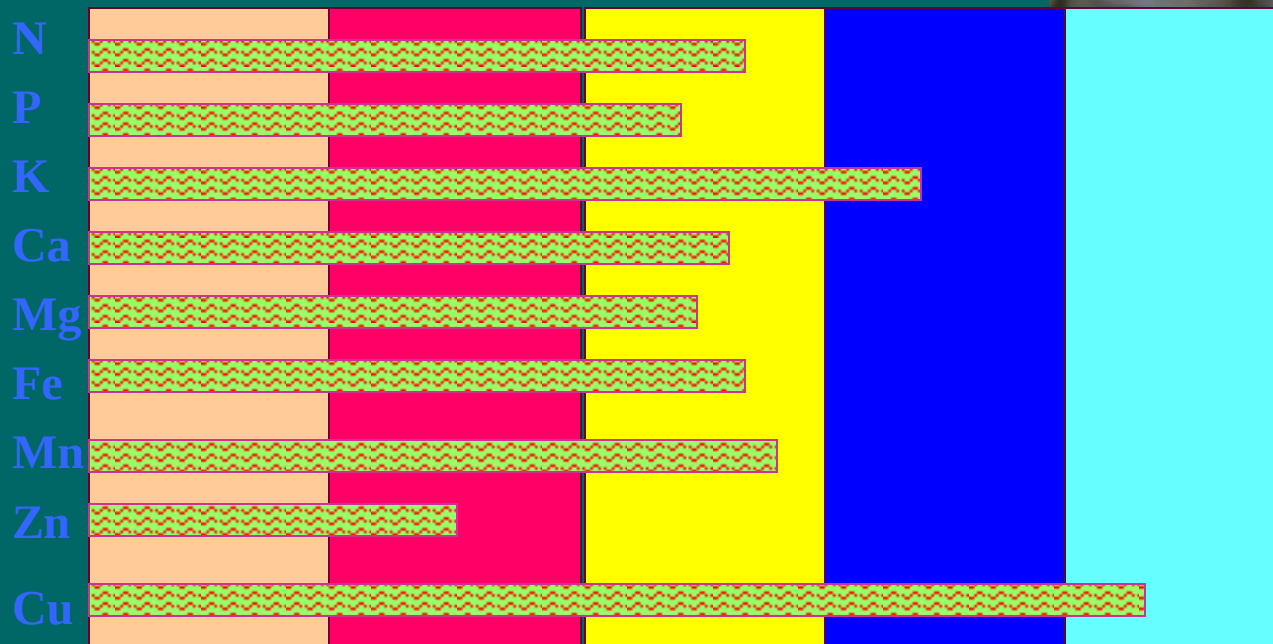
Domicilio:

Rendimiento: **182 kg/árbol**

Fecha: 12/03/2002



| N          | P    | K            | Ca   | Mg     | Fe              | Mn            | Zn | Cu     |
|------------|------|--------------|------|--------|-----------------|---------------|----|--------|
| -----%     |      |              |      |        | -----mg/kg----- |               |    |        |
| 2.5        | 0.12 | 0.75         | 1.74 | 0.52   | 100             | 279           | 31 | 129    |
| 108        | 89   | 130          | 94   | 91     | 109             | 111           | 64 | 167    |
| Deficiente |      | Abajo Normal |      | Normal |                 | Arriba Normal |    | Exceso |



Orden de requerimiento Nutricional

**Zn>>>P>Mg>Ca>N>Fe>Mn>K>Cu**  
 Abajo del Normal      Normal      Exceso





La verdadera medida de nuestra valía se compone de todos los beneficios que los demás han obtenido de nuestro éxito.

**Gracias.....**

