

# Nutrición Vegetal

A pair of hands is shown from the bottom, cupping a mound of dark, rich soil. A small, young green plant with several leaves is growing out of the soil. The background is a vibrant, sunlit cornfield with rows of corn plants stretching into the distance under a clear blue sky with some light clouds. The overall scene conveys a sense of care, growth, and agricultural science.

**Dr. Fernando Ramos Gourcy**

<http://www.librosagronicos.blogspot.mx/>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

# ***NUTRICION VEGETAL***

INGENIERO AGRÓNOMO

Dr. Fernando Ramos Gourcy

# Índice

	Página
<u>Unidad I Los nutrientes de las plantas</u>	3
<u>Unidad II Bases ambientales y fisiológicas de la nutrición vegetal</u>	36
<u>Unidad III La fertilización de los cultivos: estimación del requerimiento de fertilizantes</u>	157
<u>Unidad IV Manejo de la fertilización</u>	224
<u>Unidad V Micorrizas, bacterias y minerales</u>	400
<u>Referencias Bibliográficas</u>	458

# *Unidad I*

## *Introducción*

Primera Unidad



***OBJETIVO PARTICULAR: Que el alumno sea capaz de definir los conceptos básicos de la nutrición vegetal.***

### **CONTENIDOS**

1.1 Introducción.

1.2 Historia de la nutrición vegetal.

1.3 La nutrición vegetal en el marco de la fisiología vegetal.

1.4. Definición de nutrición vegetal.

1.5 Definición y clasificación de los nutrientes minerales.

# ¿Fertilización o Nutrición Vegetal?

---

- **FERTILIZACIÓN:** Agregar fertilizantes al suelo para que los cultivos crezcan, se desarrollen y produzcan.

Sin embargo nos estamos olvidando que a la hora de colocar fertilizantes, lo hacemos para potenciar todas las actividades de la planta y que esta se transforme en una máquina eficiente de producir

# ¿Fertilización o Nutrición Vegetal?

---

- **Nutrición Vegetal:** Permite englobar el comportamiento del cultivo respecto de la aplicación de dichos fertilizantes.

Por ejemplo, el maíz cuando absorbe el nitrógeno que se le aplicó previamente en la forma de urea, ¿cómo reacciona esa planta?, ¿qué está pasando internamente y cómo se ve esa reacción desde afuera?.

Es fundamental observar la planta e intentar comprenderla.

# ¿Qué se entiende por Manejo Nutricional?

---

- Manejo Nutricional es conocer las necesidades y comportamientos de nuestros cultivos...
- Manejo Nutricional es, entender como nuestros suelos pueden auxiliarnos...
- Manejo Nutricional es darle en tiempo y forma todos los nutrientes que el cultivo necesita...
- Manejo Nutricional es emplear técnicas de cultivo que permitan aprovechar mejor el agua...

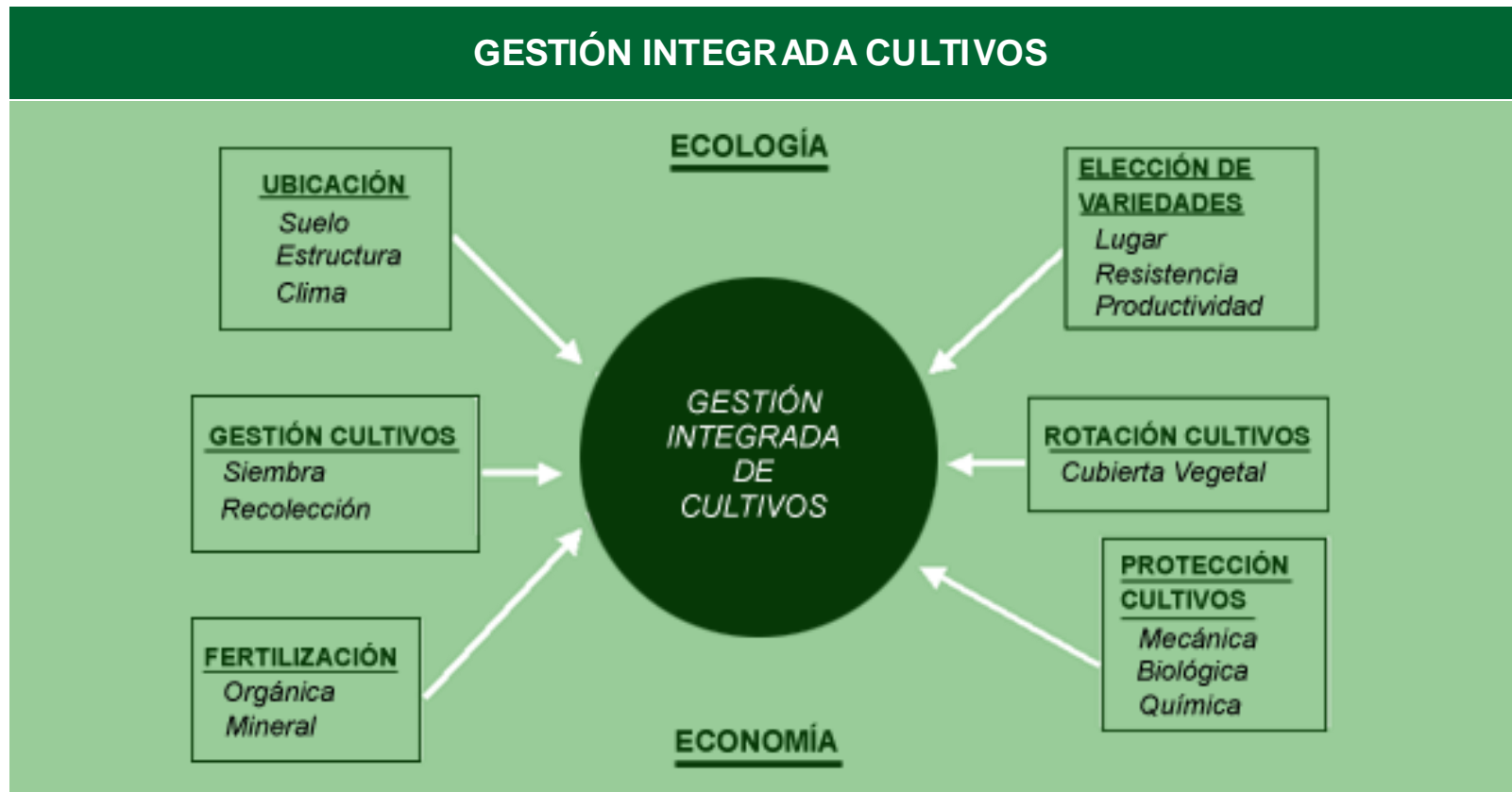


# ¿Qué se entiende por Manejo Nutricional?

---

- Manejo Nutricional es eliminar las malezas que compiten por agua y nutrientes...
- Manejo Nutricional es mantener un buen programa de rotación de cultivos...
- Manejo Nutricional es entender que nuestro cultivo forma parte de un sistema...

# ¿Qué se entiende por Manejo Nutricional?



# ¿Qué se entiende por Manejo Nutricional?

---

- En síntesis, es toda actividad que permita mejorar tanto el aprovechamiento de los nutrientes que dispongamos en el suelo, como el de aquellos que agreguemos con la aplicación de fertilizantes, pero ninguna en forma aislada nos dará los resultados que necesitamos.

# Elementos esenciales

---

- El análisis de la composición mineral de numerosas especies ha permitido concluir que ni la presencia ni la concentración de un elemento mineral son criterios de esenciabilidad. Para que un nutriente mineral sea catalogado de esencial debe cumplir tres criterios:

# Elementos esenciales

---

- 1.- Que la planta sea incapaz de completar su ciclo vital en ausencia del elemento
- 2.- Que posea una acción específica que no pueda ser realizada por otro elemento
- 3.- Que el elemento tenga acción directa bien como componente de una molécula o como cofactor de una enzima.

# Elementos esenciales

---

Además de esto el elemento debe estar disponible en el suelo. Que un elemento este presente en el suelo no significa que este disponible: para su utilización por la planta el elemento debe encontrarse en el estado físico-químico que permita su captación; no puede estar retenido entre coloides, en lugares a donde no lleguen las raíces, etc.

# Elementos esenciales

---

Existen también los elementos denominados beneficiosos, que compensan efectos tóxicos o tienen funciones específicas menores, sin que sean esenciales.

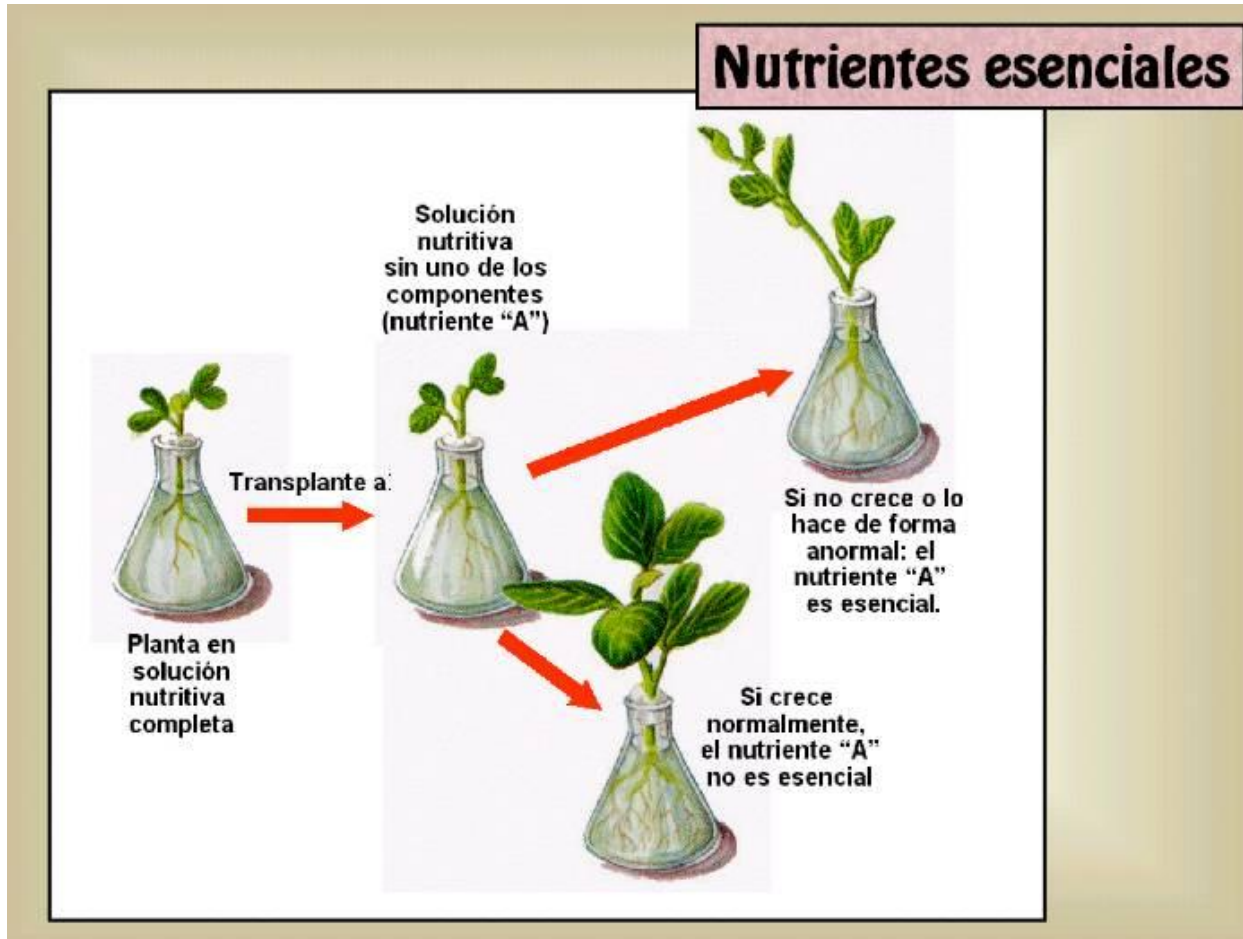
# Elementos esenciales

Tabla 8.1. Elementos químicos esenciales para las plantas.

<b>NUTRIENTES ESENCIALES PARA LAS PLANTAS</b>			
PARA TODAS		PARA ALGUNAS	
En cantidades relativamente grandes		En cantidades relativamente pequeñas	En cantidades relativamente pequeñas
Extraídos por lo general del aire, en forma de CO <sub>2</sub> , o del agua del suelo	De los sólidos del suelo	De los sólidos del suelo	De los sólidos del suelo
1. Carbono 2. Hidrógeno 3. Oxígeno	4. Nitrógeno 5. Fósforo 6. Potasio 7. Calcio 8. Magnesio 9. Azufre	10. Hierro 11. Manganeseo 12. Boro 13. Molibdeno 14. Cobre 15. Cinc 16. Cloro	17. Sodio 18. Silicio 19. Cobalto 20. Vanadio



# Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas



# Desarrollo histórico

---

- ❑ VAN HELMONT, en el año 1600, cultivó un sauce en una maceta a la que sólo añadió agua, observando un gran aumento de peso de la planta y una pequeñísima disminución del peso de la tierra, que utilizó como soporte del cultivo. Concluyó, erróneamente, que el agua era la causa del aumento de peso y no le dio importancia a la pérdida de peso del suelo.

# Desarrollo histórico

---

- ❑ GLAUBER, años más tarde, afirmaba que “el principio de vegetación” era el nitrógeno.
- ❑ WOODWARD, en la misma época, cultivando hierbabuena en agua de diferentes orígenes, concluía que los vegetales se forman de “cierta sustancia térrea particular.

# Desarrollo histórico

---

- En 1804, DE SAUSSURE emplea soluciones minerales o agua destilada, iniciando así la experimentación cuantitativa. Concluyó que la alimentación de las plantas era de naturaleza mineral, resaltando el espectacular efecto de los nitratos y diferenciando claramente la fotosíntesis de la nutrición mineral.

# Desarrollo histórico

---

- ❑ Las primeras leyes sobre nutrición mineral las enuncia LIEBIG en 1840; la Ley de Restitución, que establece el principio de que es necesario devolver al suelo los nutrientes extraídos por los cultivos, y la Ley del Mínimo, que señala que el crecimiento de la planta está en función del nutriente que se encuentra en, relativamente, menor cantidad.

# Desarrollo histórico

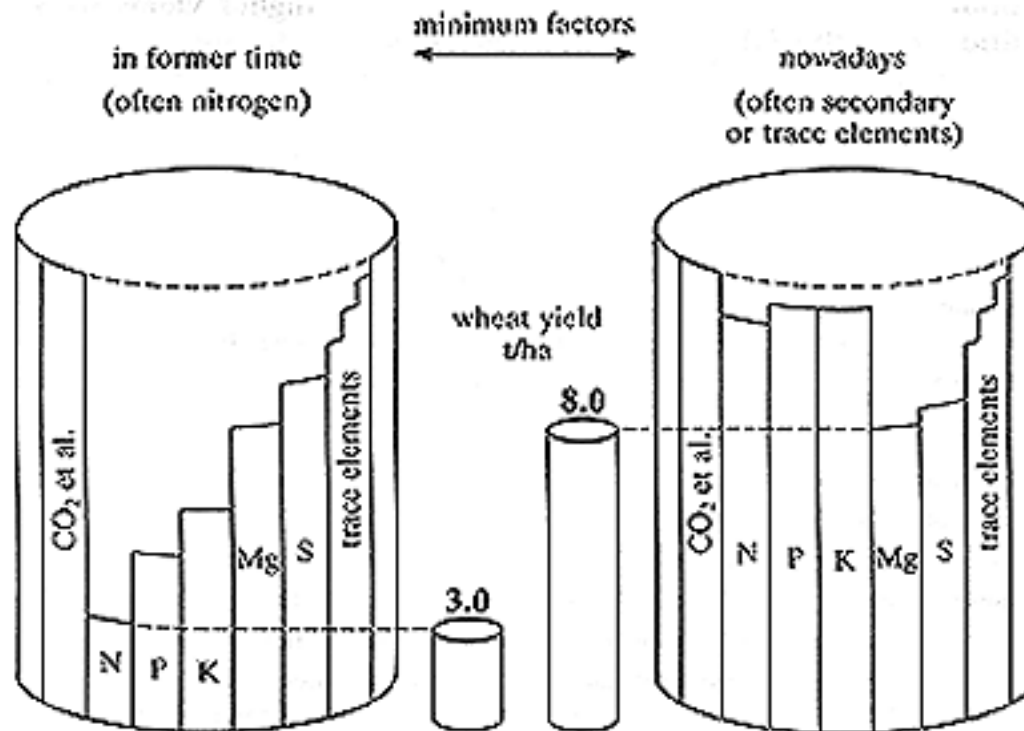
**Para lograr los rendimientos más altos posibles ningún nutriente debe ser limitado**

Los factores interactúan y un cultivo puede hacer mejor uso del factor que limita el crecimiento cuando los otros factores se acercan a su óptimo



# Desarrollo histórico

Examples of yield-limiting minimum factors presented as "minimum barrel"  
(the nutrient in shortest supply limits the yield, here N respectively Mg)



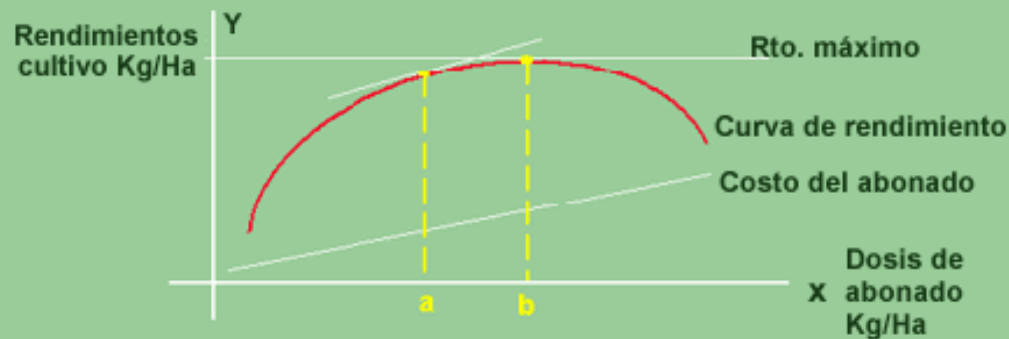
# Desarrollo histórico

## LEY DE LOS RENDIMIENTOS DECRECIENTES (MISTCHERLICHT)

### DEFINICIÓN

A medida que aumentamos las dosis de un elemento fertilizante disminuye el incremento de cosecha que se consigue por cada unidad fertilizante suministrada, hasta llegar un momento en que los rendimientos no solo no aumentan sino que disminuyen.

### REPRESENTACIÓN GRÁFICA



**a:** Dosis óptima (optimo económico)

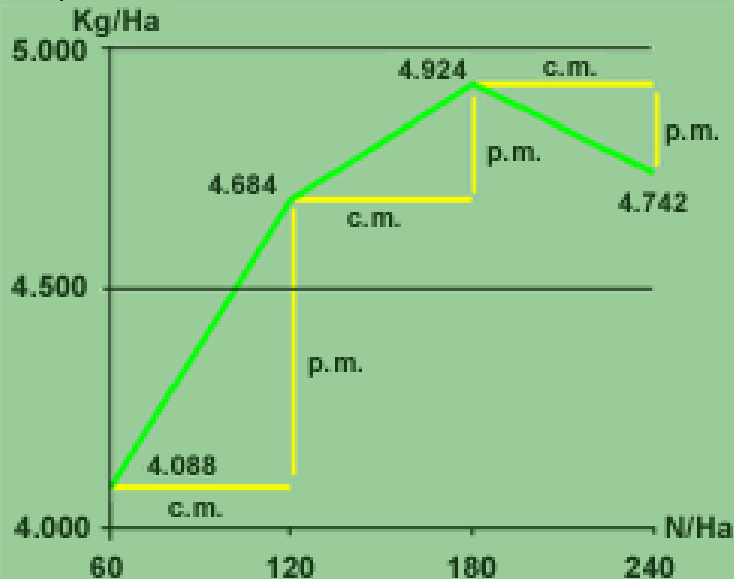
**b:** Dosis máxima (optimo técnico)



# Desarrollo histórico

## DEMOSTRACIÓN PRÁCTICA DE LA LEY DE MISTCHERLICHT

EXPERIENCIA DE ABONADO EN CEREAL - ALCÁZAR DE SAN JUAN (CIUDAD REAL)



EXPERIENCIAS DE FERTILIZACIÓN  
DOSIS DE NITRÓGENO  
TRIGOS DE REGADIO  
VARIEDAD : YECORA  
ALCÁZAR DE SAN JUAN (C.Real)  
p.m. : Productividad marginal (Kg/Ha)  
c.m. : Coste marginal del abono (N/Ha)

# Desarrollo histórico

---

- Otra forma de la Ley del Mínimo la enuncia BLACKMAN en 1905 y le da el nombre de Ley de los Factores Limitantes. El factor limitante impone un límite en el crecimiento, de forma que los demás factores no tienen efecto. El rendimiento o el crecimiento es función de ese factor por debajo de ese valor limitante. Superado el nivel, otro factor actuará como limitante y lo mismo ocurrirá si éste supera el nivel limitante.

# Desarrollo histórico

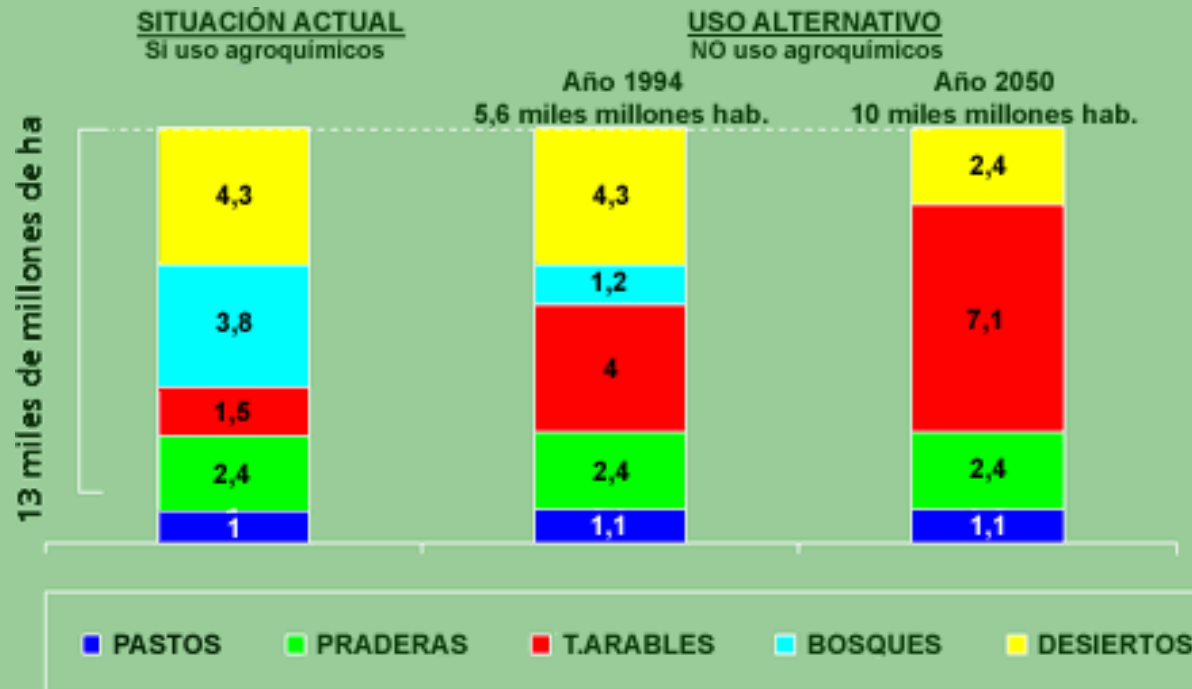
<i>Element</i>	<i>Discoverer</i>	<i>Year</i>	<i>Discoverer of essentiality</i>	<i>Year</i>
C	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>	DeSaussure	1804
H	Cavendish	1766	DeSaussure	1804
O	Priestley	1774	DeSaussure	1804
N	Rutherford	1772	DeSaussure	1804
P	Brand	1772	Ville	1860
S	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>	von Sachs, Knop	1865
K	Davy	1807	von Sachs, Knop	1860
Ca	Davy	1807	von Sachs, Knop	1860
Mg	Davy	1808	von Sachs, Knop	1860
Fe	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>	von Sachs, Knop	
Mn	Scheele	1774	McHargue	1922
Cu	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>	Sommer	1931
			Lipman and MacKinnon	1931
Zn	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>	Sommer and Lipman	1926
Mo	Hzelm	1782	Arnon and Stout	1939
B	Gay Lussac and Thenard	1808	Sommer and Lipman	1926
Cl	Scheele	1774	Stout	1954

<sup>a</sup> Element known since ancient times.

From Glass, A.D.M. 1989. *Plant Nutrition: An Introduction to Current Concepts*. Jones and Bartlett Publishers, Boston, MA. With permission.

# Aportes de la nutrición vegetal

## DISTRIBUCIÓN TIERRAS DISPONIBLES EN EL MUNDO



# Aportes de la nutrición vegetal

## DEMANDAS DE LA SOCIEDAD A LA AGRICULTURA

### PRODUCTOS ABUNDANTES A BAJO COSTE

- Alimentarios . Plantas medicinales
- Fibras textiles . Cultivos energéticos

### PRODUCTOS DE CALIDAD

- Calidad organoléptica
- Presentación

### PRODUCTOS SANOS

- Inocuos



### MEDIO AMBIENTE

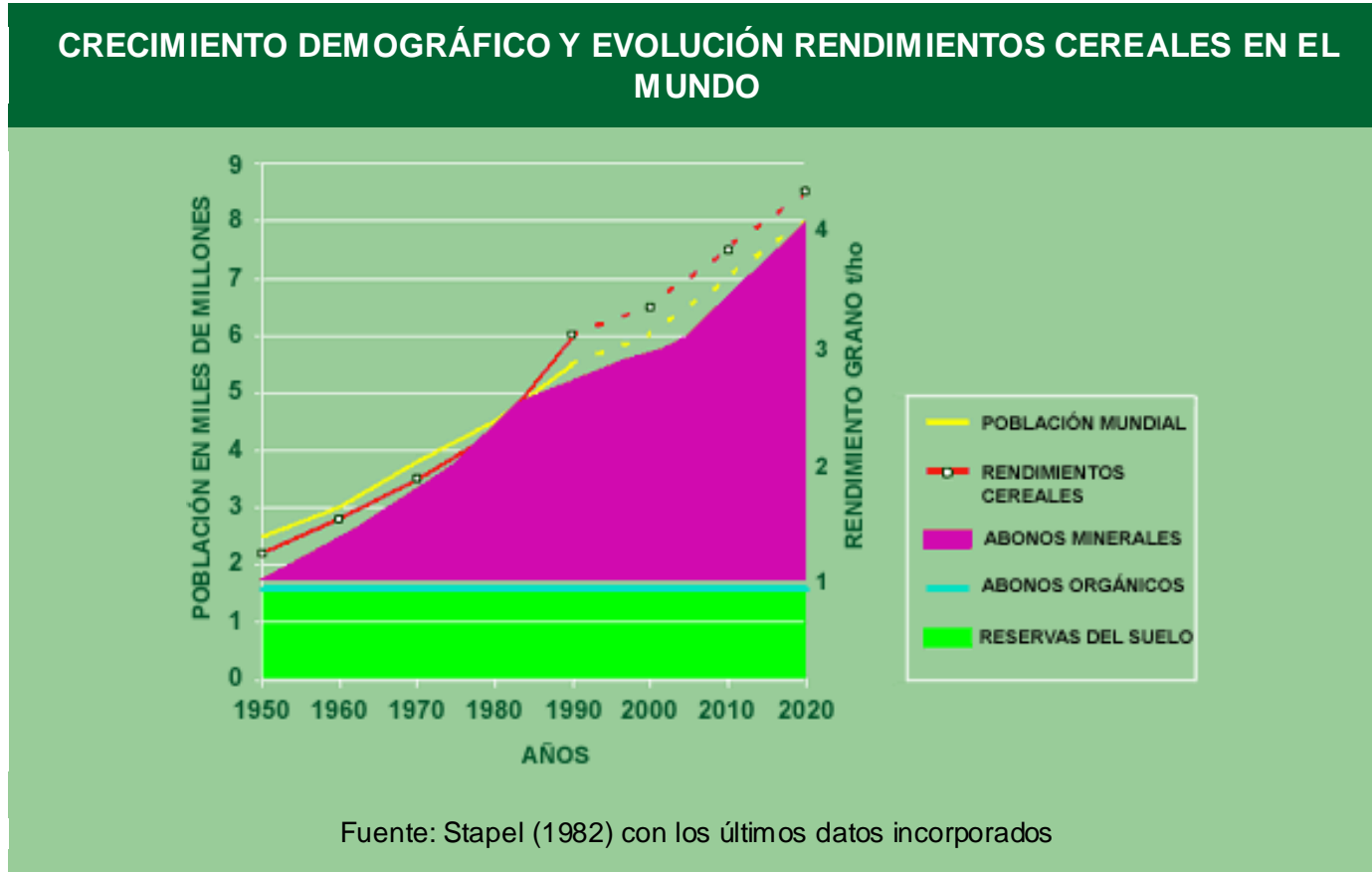
- Diversificando cultivos
- Reciclando residuos
- Conservando la biodiversidad
- Agricultura sostenible



### FERTILIZANTES

- ANÁLISIS FRECUENTES DE SUELOS Y VEGETALES
- APORTACIÓN "RAZONADA" DE LOS NUTRIENTES
- INTEGRACIÓN RECOMENDACIONES "CÓDIGO BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS"
- USO DE RESIDUOS CON VALOR FERTILIZANTE Y NO CONTAMINANTE
- MEJORA DE LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DE LOS ABONOS MINERALES Y DE LOS SISTEMAS PARA SU DISTRIBUCIÓN
- APOYO A NUEVAS TÉCNICAS "AGRICULTURA DE PRECISIÓN"

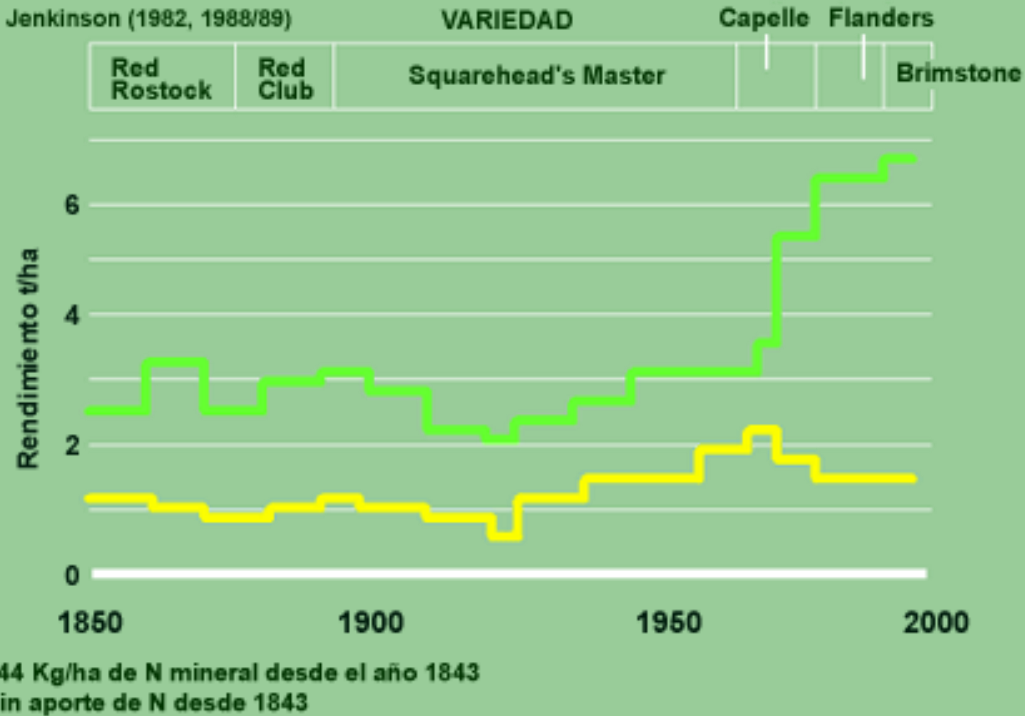
# Aportes de la nutrición vegetal



# Aportes de la nutrición vegetal

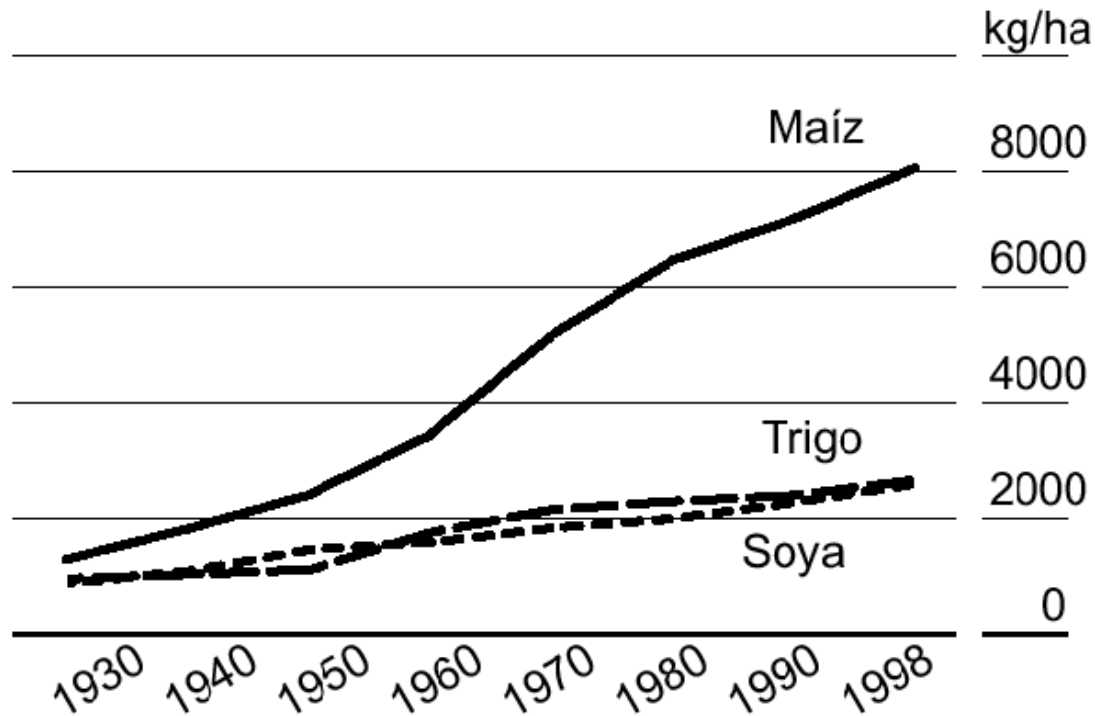
## RENDIMIENTOS DE CEREALES CON/SIN APORTE DE ABONOS MINERALES

Fuente: Jenkinson (1982, 1988/89)



# Aportes de la nutrición vegetal

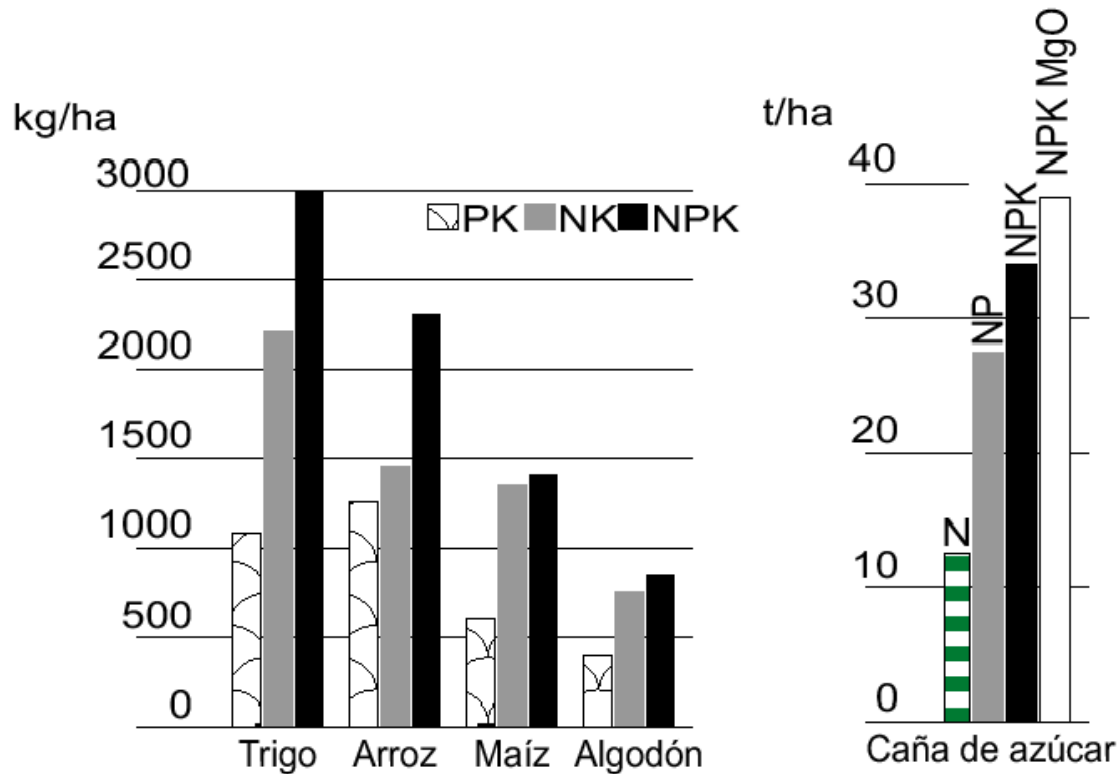
Rendimientos de cultivos en los Estados Unidos de América, de 1930 a 1998





# Aportes de la nutrición vegetal

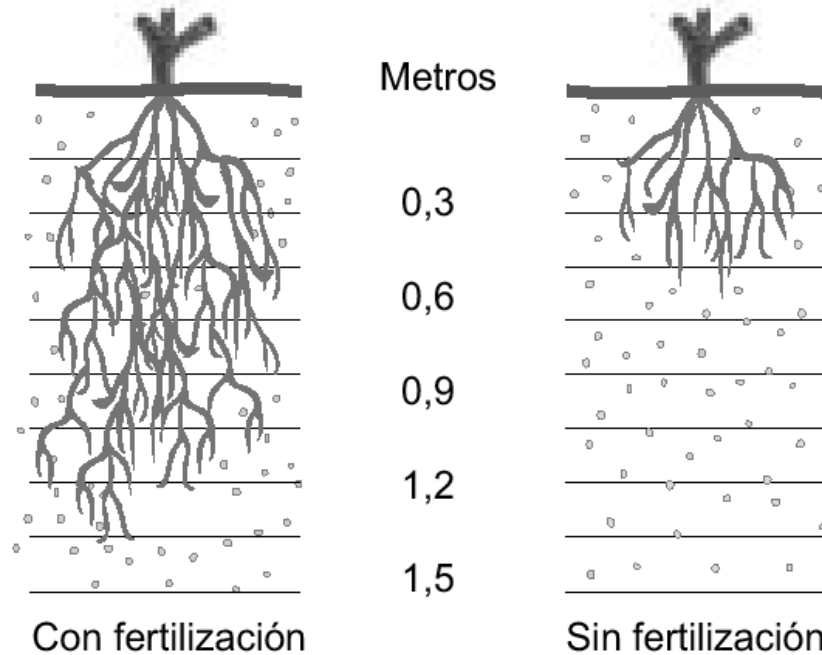
Efecto de la fertilización equilibrada en los rendimientos de cultivos - Pakistán



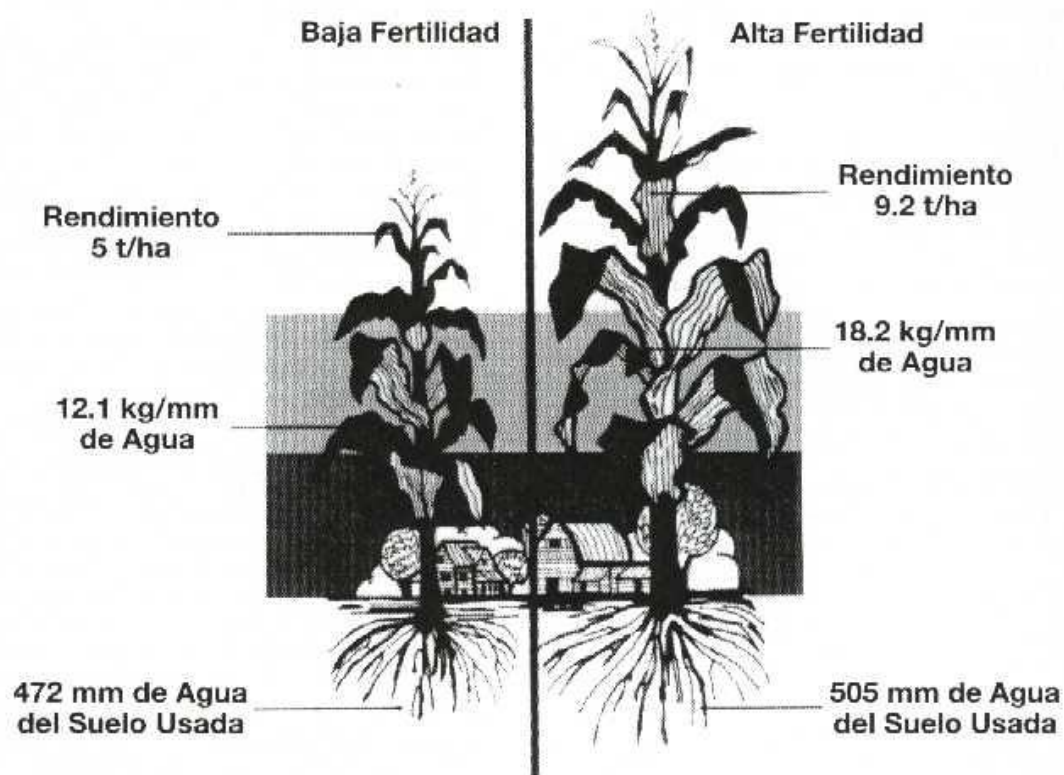
# Aportes de la nutrición vegetal

## Profundidad de las raíces de las plantas con y sin fertilización

En suelos de baja fertilidad, los fertilizantes aumentarán la profundidad a la cual las raíces crecen.



# Aportes de la nutrición vegetal



# Aportes de la nutrición vegetal

## RENDIMIENTOS MEDIOS DE ALGUNOS CULTIVOS EN LA UNIÓN EUROPEA t/ha

Años	Maíz (España)	Trigo Invierno (R. Unido)	Remolacha azucarera (Francia)	Forraje (RFA)
1900	1,4	2,0	26,0	3,9
1930	1,6	2,0	33,0	4,6
1950	1,6	2,6	34,0	4,7
1970	3,4	4,2	45,0	6,8
1988	6,6	6,2	60,0	8,1
1995	9,0	8,0	67,0	9,5

# Aportes de la nutrición vegetal

## CONSUMO DE NUTRIENTES EN LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA 1997 / 98

	CULTIVOS HERBÁCEOS			CULTIVOS LEÑOSOS			SUPERFICIE CULTIVADA		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
BÉLGICA / LUX	110	31	74	50	31	60	114	31	61
DINAMARCA	109	20	42	-	-	-	111	19	40
FRANCIA	120	49	51	33	30	45	86	35	49
ALEMANIA	119	33	53	35	25	60	107	24	39
GRECIA	108	39	24	60	38	13	39	16	9
IRLANDA	120	78	99	-	-	-	91	26	34
ITALIA	76	50	30	70	40	55	48	30	22
HOLANDA	112	45	76	60	41	78	192	34	38
PORTUGAL	96	50	36	48	25	25	33	18	13
<b>ESPAÑA</b>	<b>86</b>	<b>48</b>	<b>35</b>	<b>52</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>51</b>	<b>27</b>	<b>22</b>
REINO UNIDO	145	52	65	44	24	47	84	23	30
AUSTRIA	88	37	18	36	18	22	38	17	18
FINLANDIA	74	29	31	40	50	80	87	27	40
SUECIA	82	20	22	-	-	-	80	19	21
<b>EUROPA UE 15</b>	<b>106</b>	<b>43</b>	<b>45</b>	<b>55</b>	<b>29</b>	<b>34</b>	<b>74</b>	<b>27</b>	<b>32</b>

# ***Bases ambientales y fisiológicas de la nutrición vegetal***

## Segunda Unidad



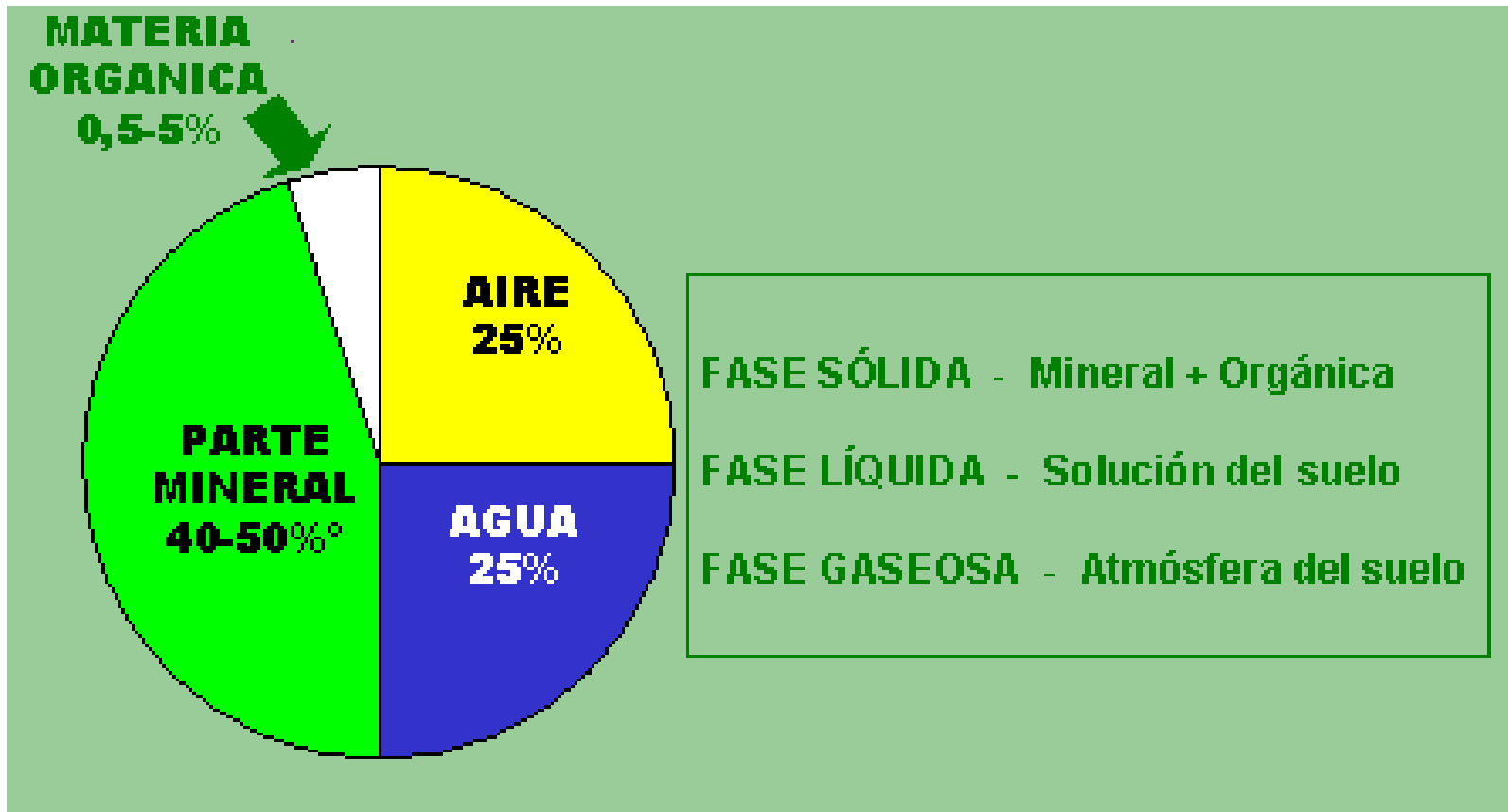
***OBJETIVO ESPECIFICO: Que el alumno sea capaz de relacionar los factores ambientales, bióticos y procesos fisiológicos de las plantas que inciden en la nutrición vegetal.***

#### **CONTENIDOS**

- |   |
|---|
| 2.1 El suelo como medio de crecimiento de las plantas.                          |
| 2.2 Dinámica de los nutrientes y de los fertilizantes en el suelo.              |
| 2.3 Absorción, asimilación y transporte de nutrientes en la planta              |
| 2.4 Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas.         |
| 2.5 Factores ambientales y su influencia en la nutrición vegetal.               |
| 2.5.1 Disponibilidad de nutrientes en el suelo.                                 |
| 2.5.2 Rizosfera.  |
| 2.5.3 Factores climáticos.  |
| 2.6 Relación entre la nutrición mineral y plagas y enfermedades de las plantas. |

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---





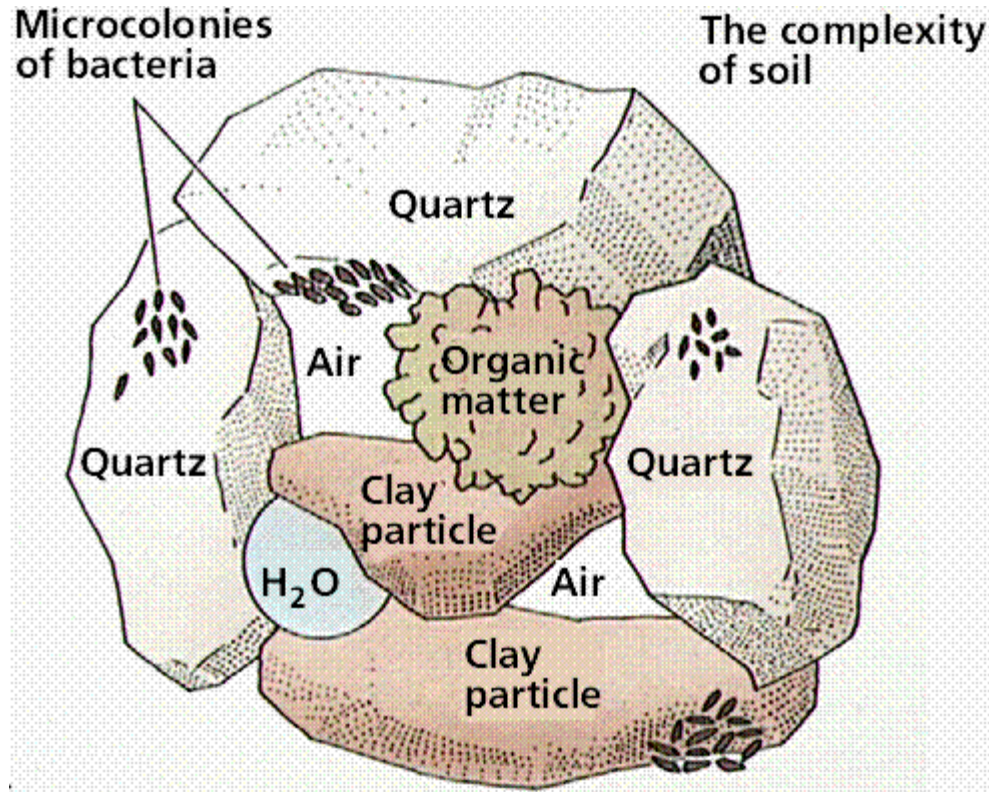
# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

Tabla 2.1. Composición centesimal media aproximada en volumen y peso de un suelo superficial franco en buenas condiciones para el desarrollo vegetal.

COMPONENTE DEL SUELO	% VOLUMEN	% PESO
Materia mineral	45	81
Materia orgánica	5	2
Agua	25	17
Aire	25	-

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

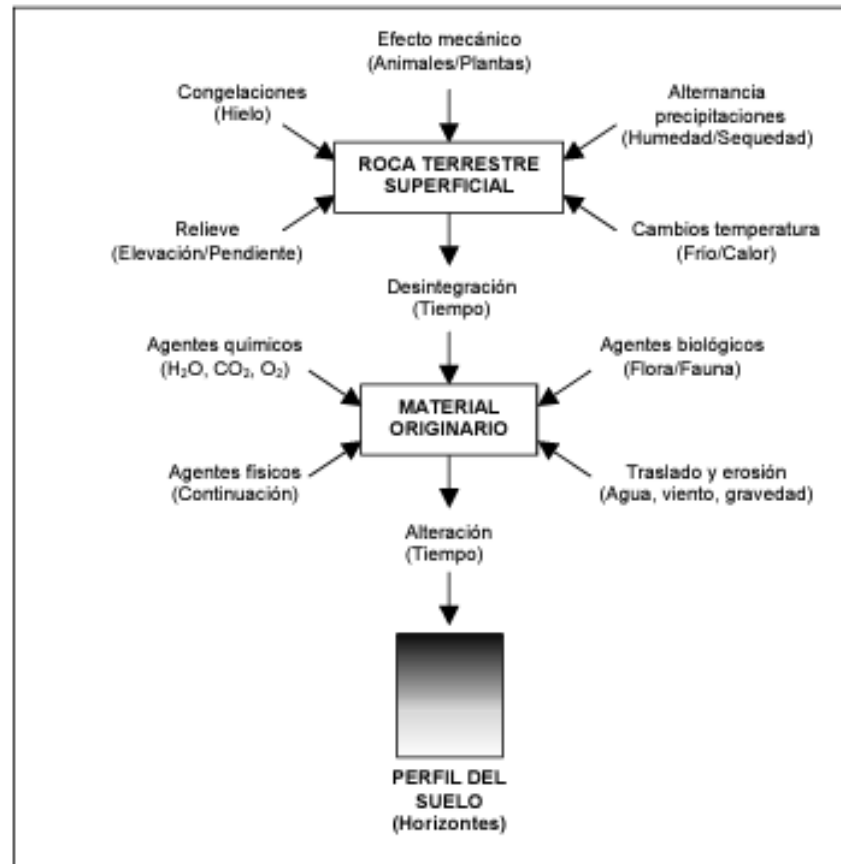
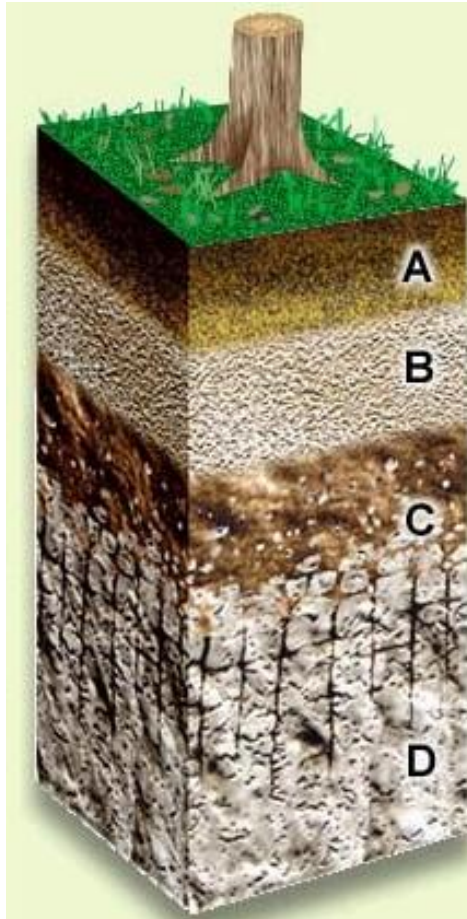


Figura 2.1. Origen y formación del suelo. Factores influyentes.

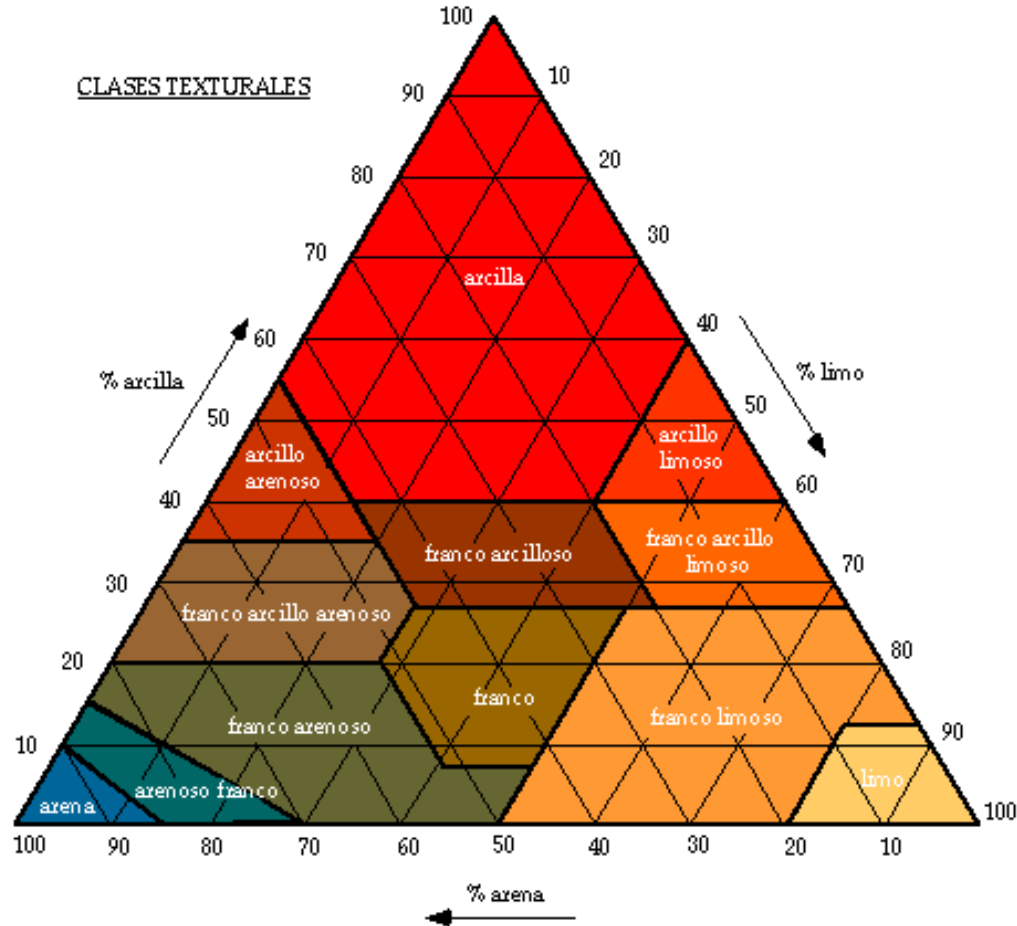
# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



## Horizontes del suelo

<b>A</b>	A00	Hojas y residuos orgánicos sin descomponer
	A0	Residuos parcialmente descompuestos
	A1	Color oscuro por presencia de materia orgánica
	A2	Color claro por efecto del lavado
A3-B1 Transición a A-B		
<b>B</b>	B2	Precipitación de sustancias lavadas de A
	B3	Transición B-C
<b>C</b>	C	Fragmentos y restos de meteorización de la roca madre
<b>D</b>	D	Roca madre sin alterar

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



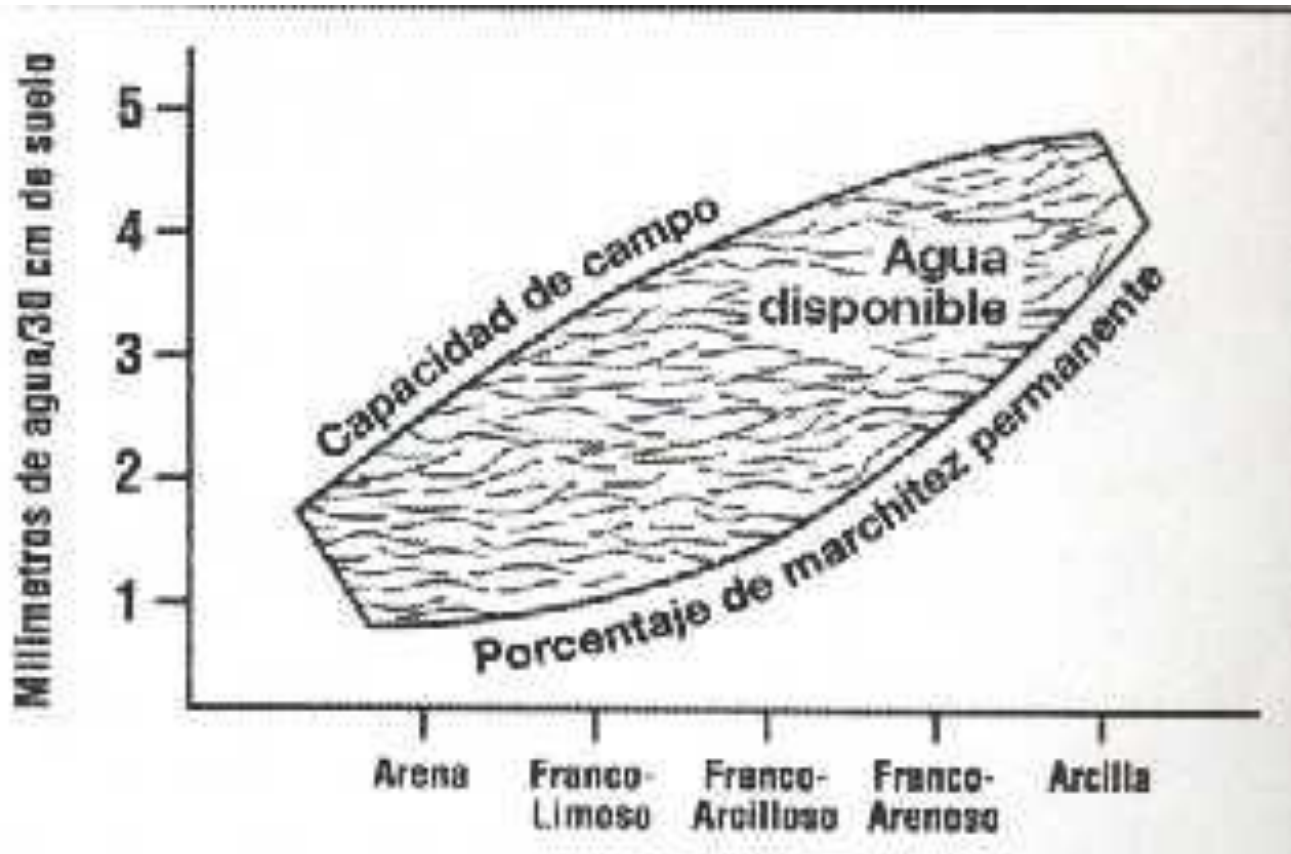
# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

Textura del suelo	Porcentaje de arcilla
Arena Franca	5%
Franco Arenoso	10%
Franco Limoso	20%
Franco Arcillo Limoso	30%
Franco Arcilloso	35%
Arcilloso	45%

---

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

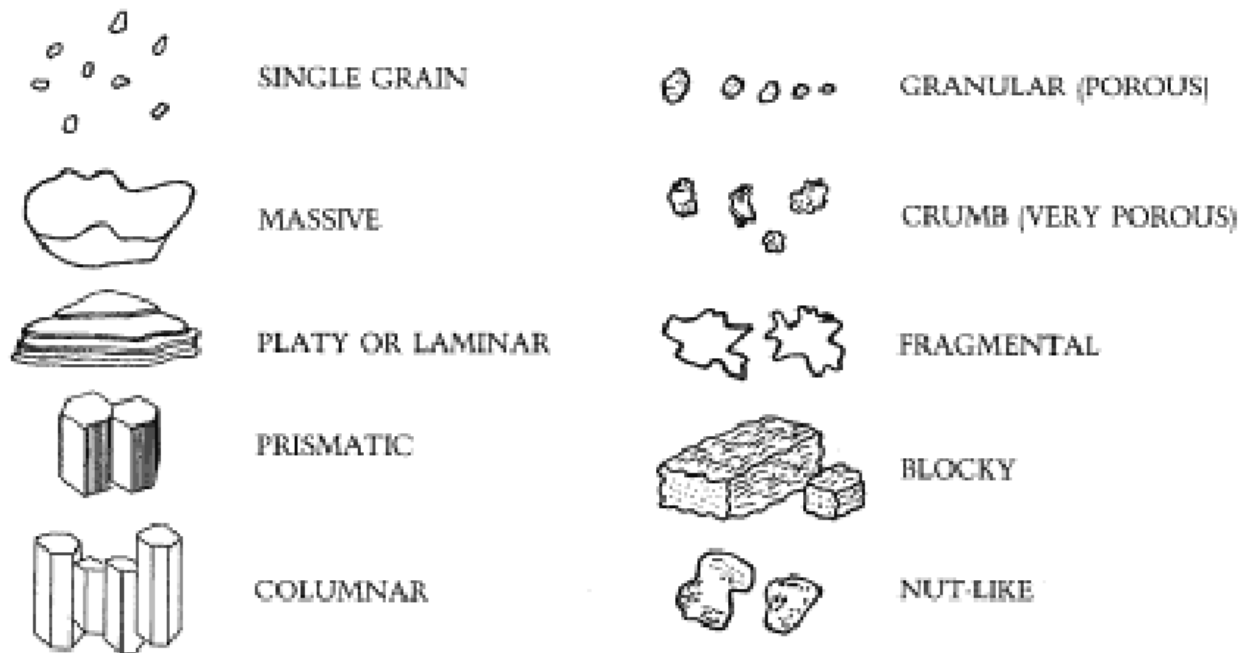
El buen manejo ayuda a mantener o desarrollar una buena estructura en el suelo. La estructura del suelo no es más que la agregación de las partículas individuales (arena, limo y arcilla) en gránulos de mayor tamaño, que permiten el flujo libre de aire y agua.

***La mejor estructura es la de tipo bloque y la granular.***



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

## Soil Structure



Soil Structure

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

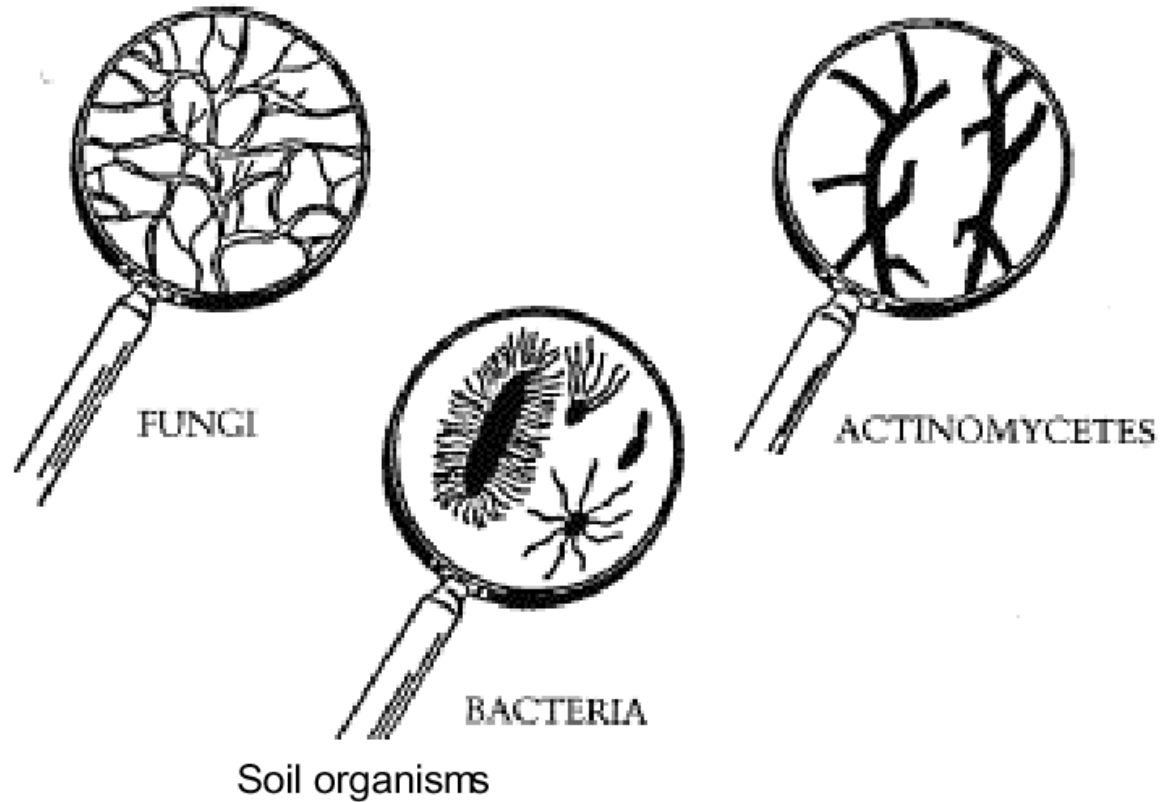
---

## Relationship Between Subsoil Color and Drainage

Subsoil Color	Drainage Condition
RED	EXCELLENT
REDDISH BROWN OR BROWN	GOOD
BRIGHT YELLOW	MODERATELY GOOD
PALE YELLOW	IMPERFECT TO FAIR
GRAY	POOR
DARK (BLACK)	VARIABLE

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

Tabla 2.3. Grupos más importantes de organismos normalmente presentes en el suelo.

ORGANISMOS DEL SUELO			
ANIMALES	Macro	Pequeños mamíferos Insectos Caracoles y babosas Arácnidos Lombrices de tierra	
	Micro	Nemátodos Protozoos Rotíferos	
VEGETALES	Macro	Raíces de plantas superiores	
	Micro	Algas	Verdes Verde-azuladas Diatomeas
		Hongos	Setas Levaduras Mohos
		Actinomicetos	
		Bacterias	Aerobias Anaerobias Autótrofas Heterótrofas

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

## LOSS OF NITROGEN BY DENITRIFICATION.



Loss of Nitrogen by Denitrification

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

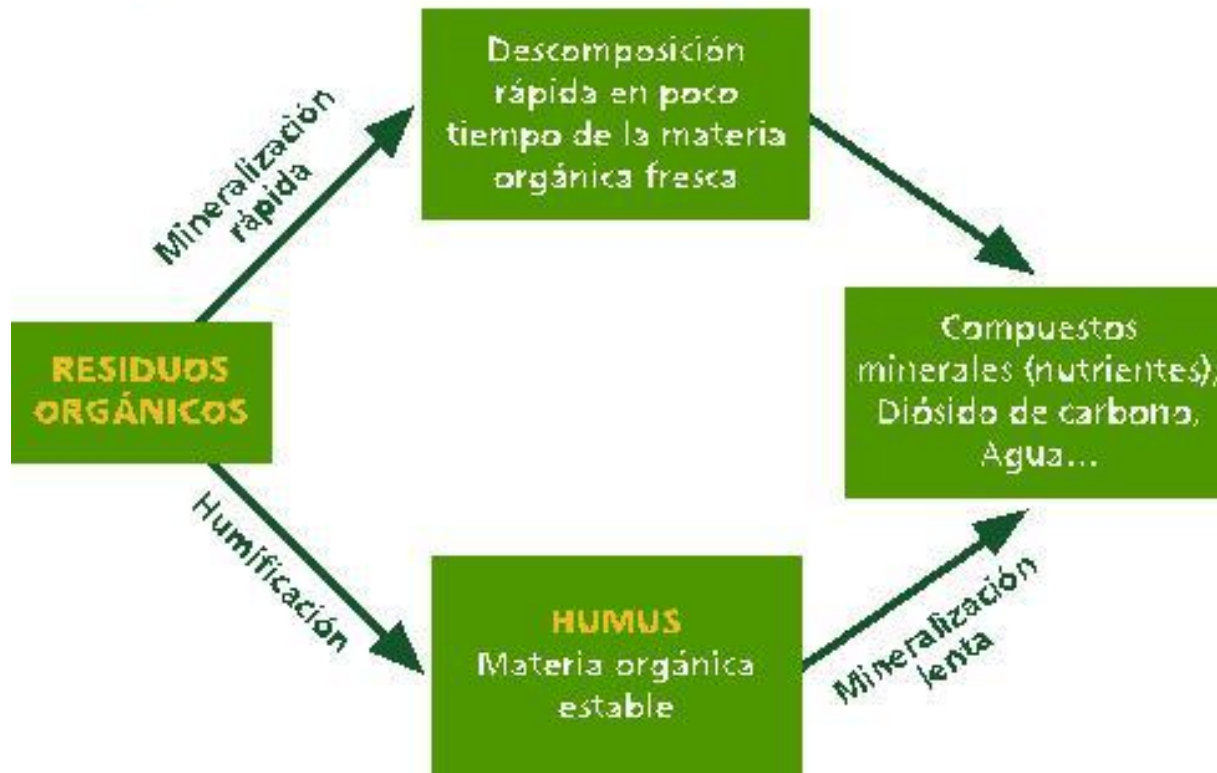
Table 3.3: Nitrogen Fixation by Crop

Crop	lb/acre N Fixed
ALFALFA	196
LADINO CLOVER	178
SWEET CLOVER	116
RED CLOVER	112
WHITE CLOVER	103
SOYBEANS	98
COWPEAS	89
LESPEDEZA	85
VETCH	80
GARDEN PEAS	71
WINTER PEAS	54
PEANUTS	42

Adapted from *Fertilizers and Soil Amendments* by Follett, Murphy and Donahue.

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

## Esquema de la materia orgánica en el suelo

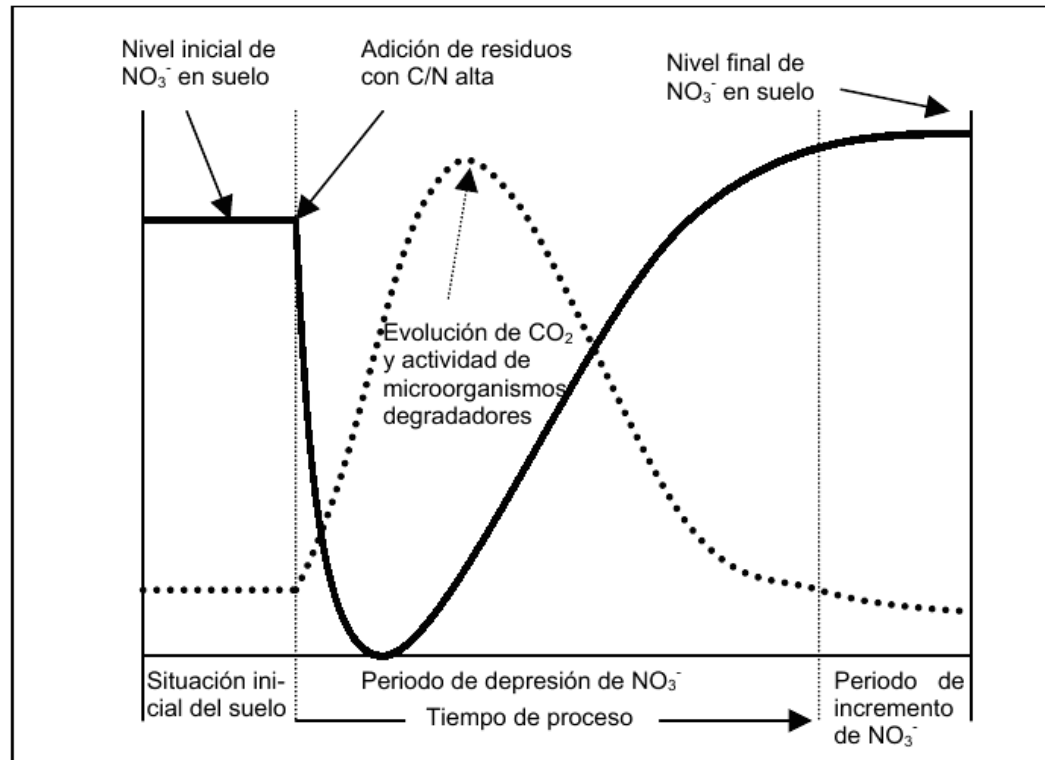


# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

COMPONENTES QUIMICOS DEL MATERIAL ORIGINARIO DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO	
<b>Hidratos de carbono</b>	Monosacáridos: Pentosas, hexosas
	Oligosacáridos: Sacarosa, maltosa
	Polisacáridos: Arabanas, poliurónidos....
<b>Ligninas (*)</b>	Polímeros derivados del fenilpropano
<b>Taninos (*)</b>	Complejos fenólicos
<b>Glucósidos</b>	Compuestos glucosa+alcohol, fenol o aldehidos
<b>Acidos orgánicos, sales y ésteres</b>	Acidos oxálico, cítrico, málico, etc.
<b>Lípidos y afines</b>	Grasas y aceites: Esteres glicéricos
	Ceras: Esteres no glicéricos
	Aceites esenciales: Derivados del terpeno
<b>Resinas (*)</b>	Acidos resínicos
<b>Compuestos nitrogenados</b>	Proteínas, aminoácidos, aminas y bases orgánicas
	Alcaloides
	Purinas, pirimidinas, ácidos nucleicos
<b>Pigmentos</b>	Clorofilas
	Carotenoides
	Antocianinas
<b>Compuestos minerales</b>	Aniones y cationes

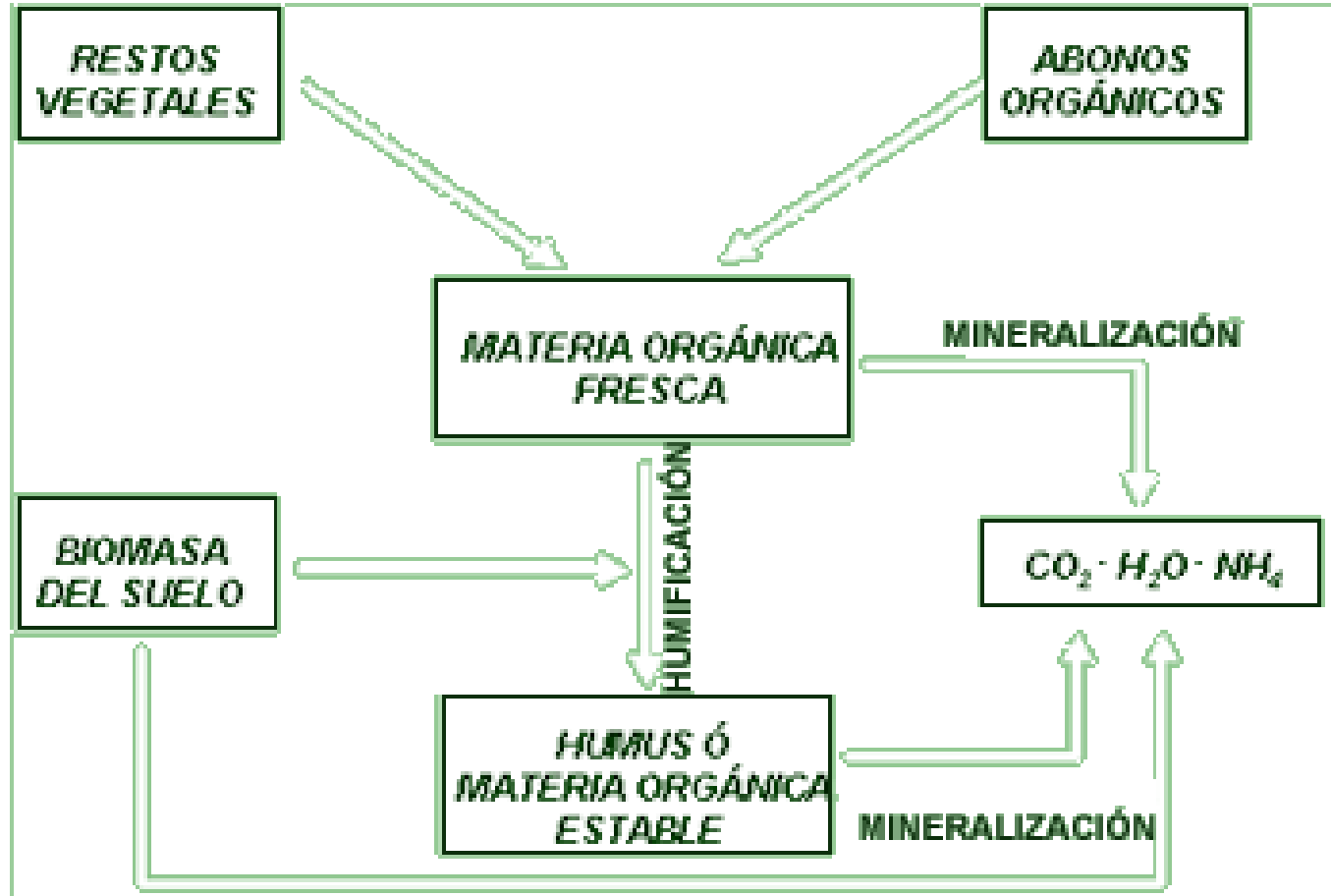


# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



**Figura 4.1.** Representación gráfica del proceso de degradación del material originario de la materia orgánica del suelo e incidencia en la formación de nitratos (H.O. Buckman y N.C. Brady, 1979)

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

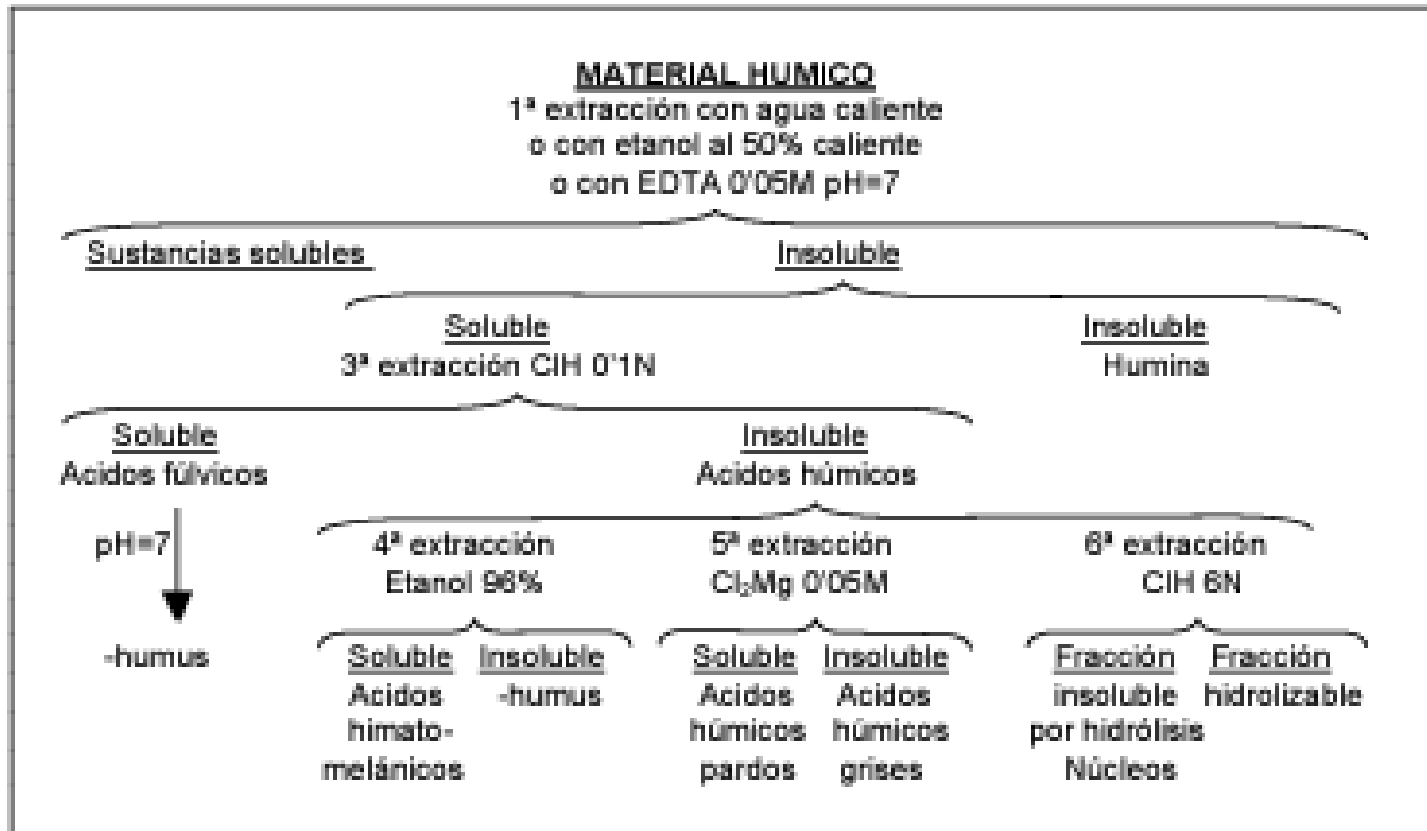


Figura 4.7.- Fraccionamiento de la materia húmica (R.A. Prevot, 1968).

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

Tabla 4.2. Algunas características analíticas de los ácidos húmicos y fúlvicos (M. Schnitzer, 1978).

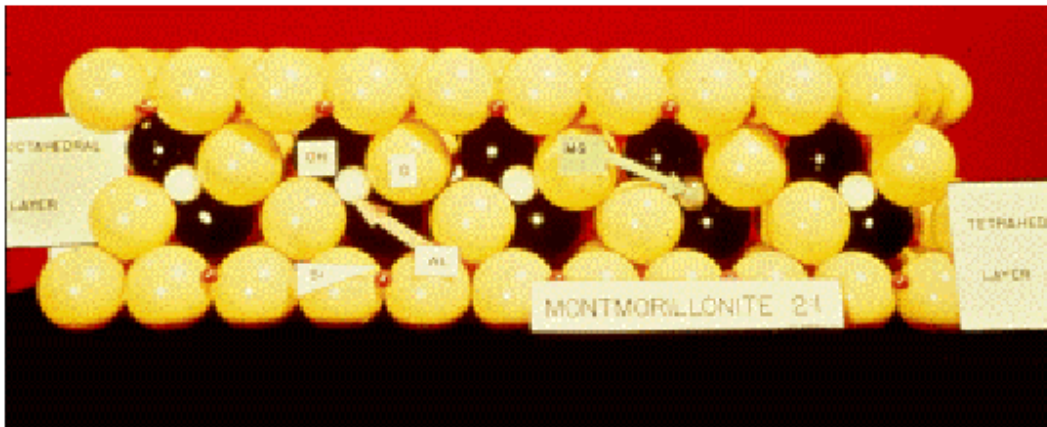
CARACTERISTICAS	AC. FULVICOS	AC. HUMICOS
Grado de polimerización		Aumenta
Peso molecular	669	1648
Acidez total /me/g)	10'3	6'7
Carbono (%)	45'7	56'2
Hidrógeno (%)	5'4	4'7
Oxígeno (%)	44'8	35'5
Nitrógeno (%)	2'1	3'2
Azufre (%)	1'9	0'8

Estas diferencias son:

- 1.- Un mayor grado de polimerización.
- 2.- Pesos moleculares más elevados.
- 3.- Menor acidez total.
- 4.- Porcentajes de C y N superiores.
- 5.- Menor porcentaje de H, O y S.

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

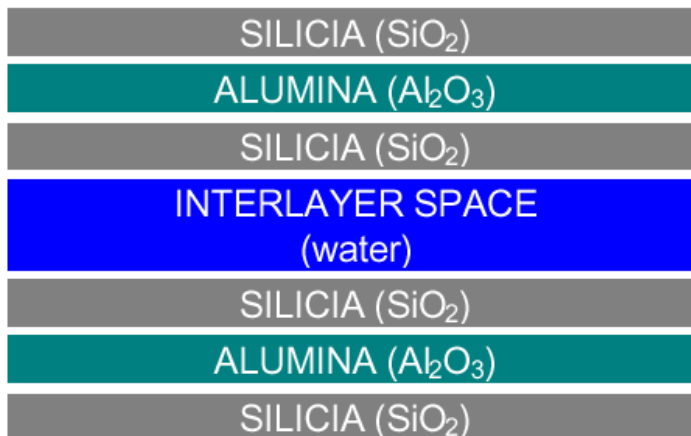


**Figure 3.6** Monmorillonite clays are composed of three layers, one alumina layer between two silica layers.

Montmorillonitic clays are less weathered than kaolinitic clays and, therefore, found largely in arid regions and in colder climates such as the western and Midwestern states. They are composed of three layers or sheets, two of silica and one of alumina.

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

The layers of silica and alumina are not held together tightly and they tend to expand when wet and contract upon drying. Soils containing large amounts of this type of clay are very difficult to cultivate when wet, being sticky and difficult to manage.



Expands and Contracts

When these soils dry, cracks appear on the surface. However, because of the tremendous amount of surface area exposed and

Negative charges on particle surfaces, interlayers and edges.

**Figure 3.7** Diagram of a Montmorillonite clay colloid

because of their expanding structural lattice, they have a much higher cation exchange capacity and will hold more water than kaolinitic type soils.

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

Kaolinite clays are more weathered than montmorillonite clays and are found generally in the more humid and temperate climates, such as the southeastern U.S. These clays are composed of one layer of silica and one layer of alumina and are referred to as a 1:1 type clay.



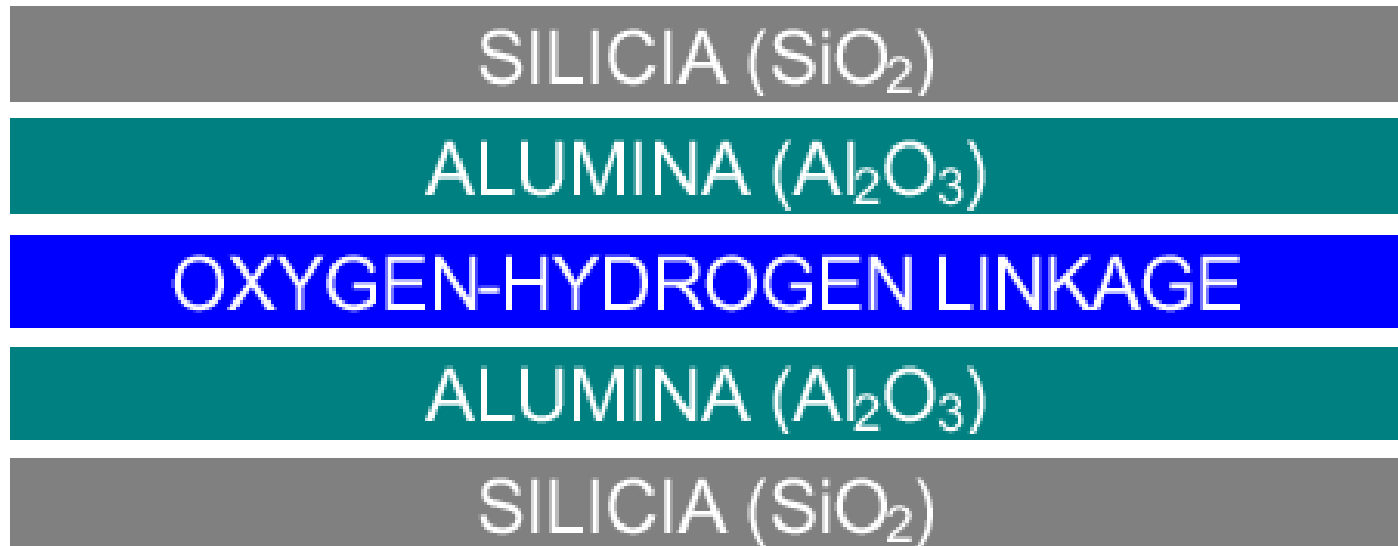
**Figure 3.8** Kaolinite clays are composed of one layer of silica and one layer of alumina.

The layers are held together more tightly than montmorillonite and, therefore, do not tend to expand when wet and contract upon drying. As a result, kaolinitic type clay soils are easier to cultivate than montmorillonitic type soils. However, since less

surface area is exposed by these clay particles, kaolinite clays have lower cation exchange capacity (CEC) values. They also hold less water than montmorillonite clays.

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

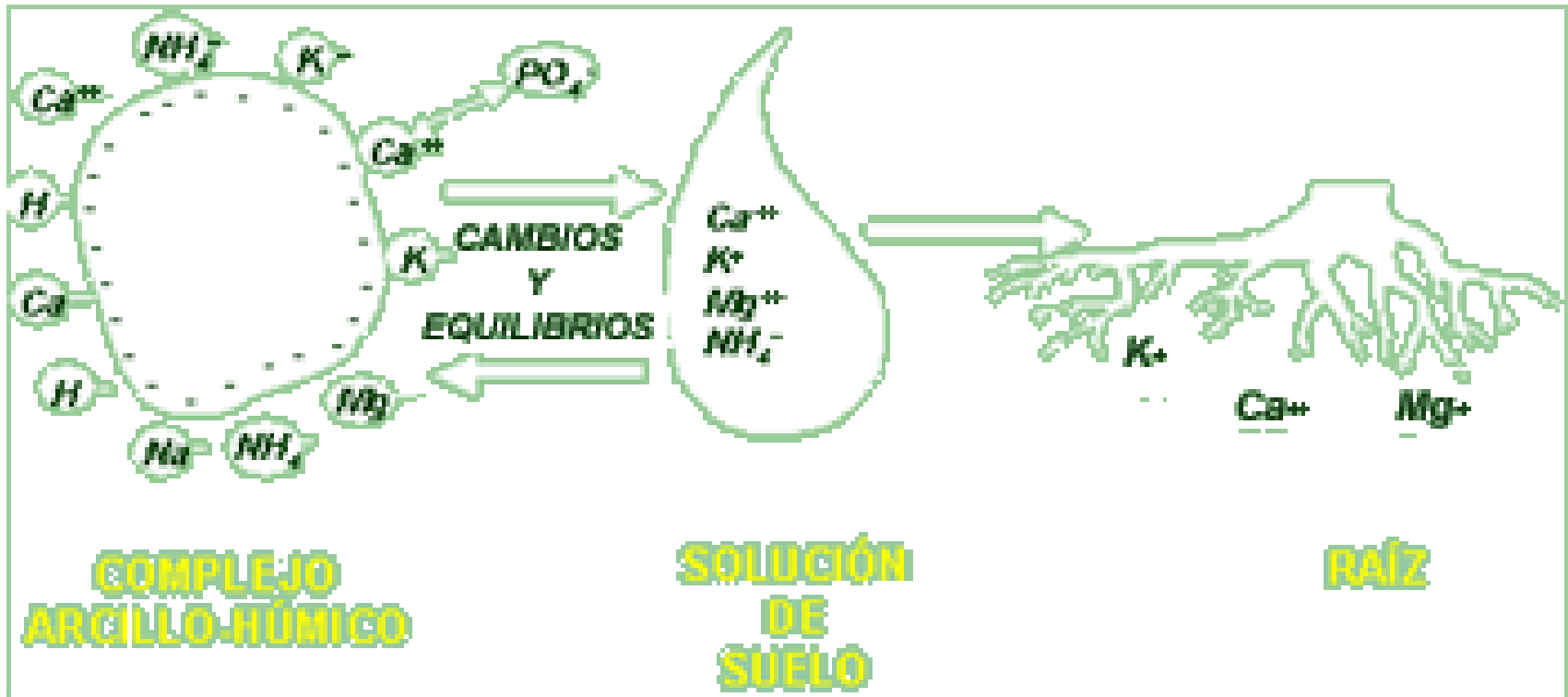


Negative charges mainly on broken edges.

Diagram of a Kaolinite clay colloid



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

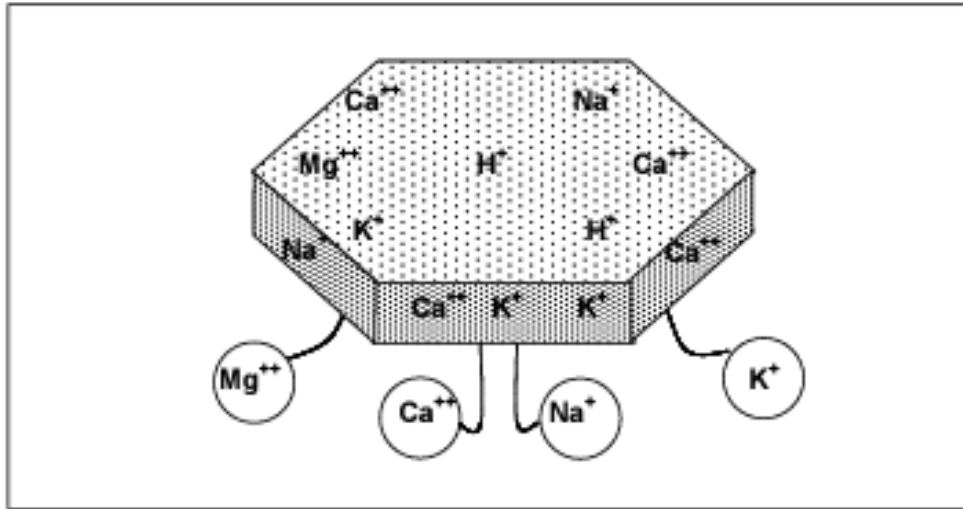
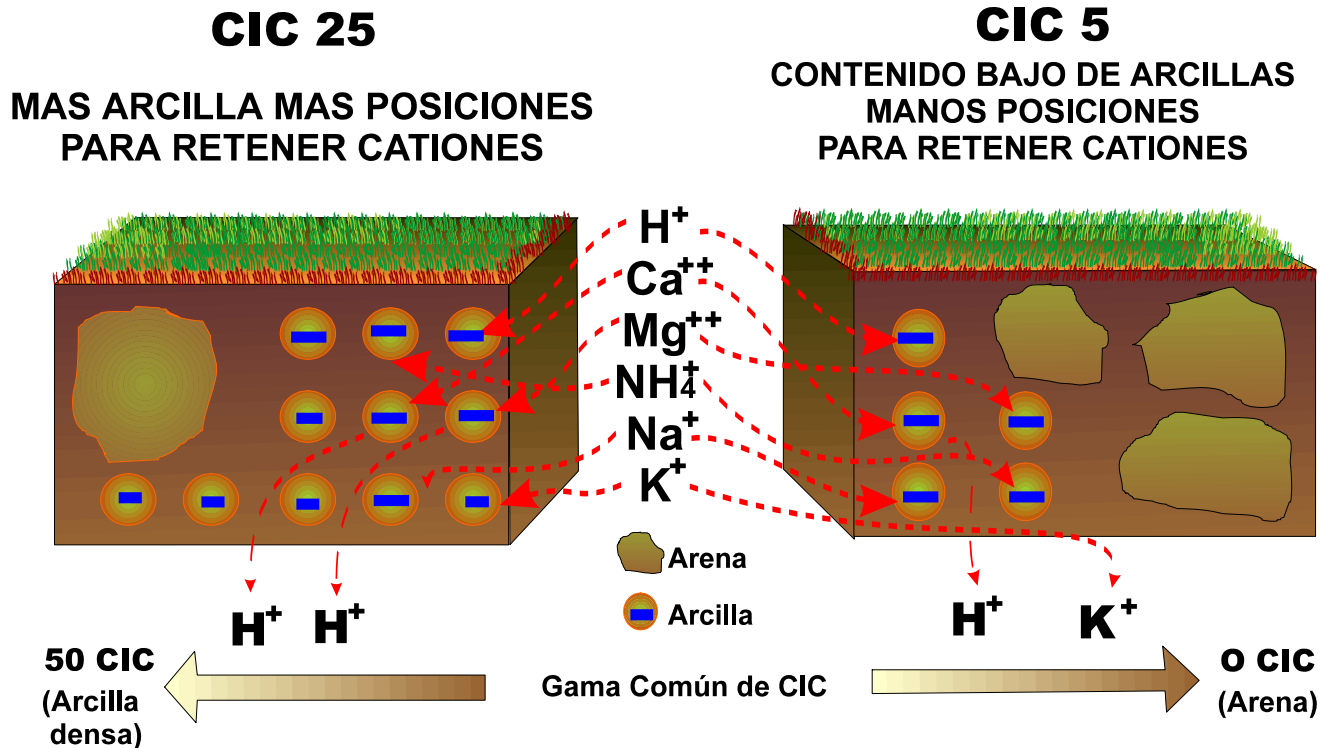


Figura 3.3.- Esquema de un cristal de arcilla coloidal, con su estructura laminar, cargas negativas y cationes adsorbidos.

Este enjambre de cationes que acompaña a la partícula coloidal arcillosa en su movimiento está integrado por  $\text{H}^+$  o por cationes metálicos,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  principalmente, y en menor proporción por  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$ . Todos ellos son llamados "de cambio", ya que pueden participar en un proceso de cambio reversible con cationes que se encuentran en la disolución del suelo.

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

## VISTA ESQUEMATICA DEL INTERCAMBIO CATIONICO



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

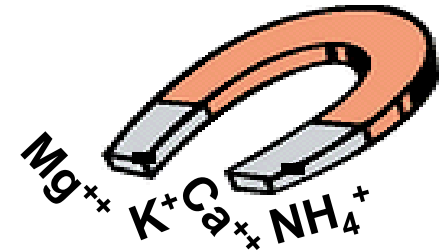
*CIC es la suma de los cationes intercambiables que el suelo puede absorber por unidad de peso, expresado en meq/100g*

**NEGATIVO**

*Arcillas y MO tienen cargas negativas*

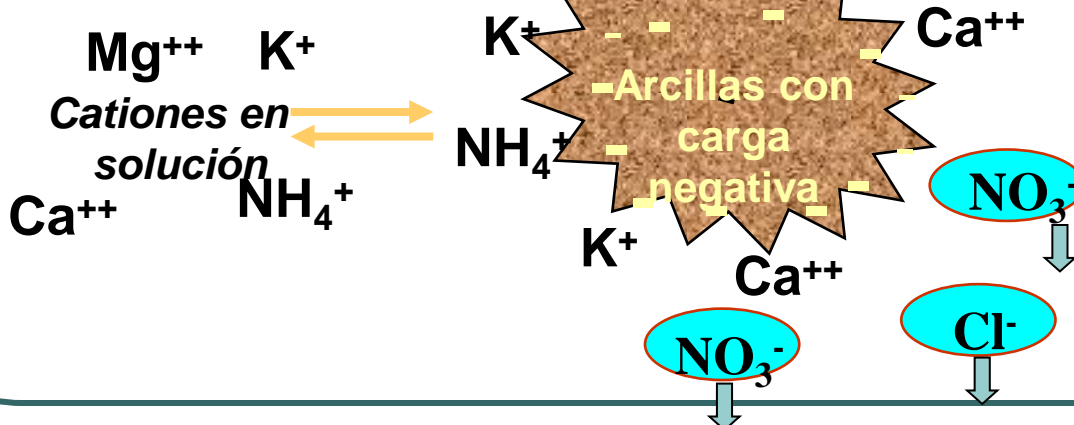
**POSITIVO**

*Cationes ( $\text{NH}_4$ , K, Ca, Mg) tienen carga positiva*



*Cationes adsorbidos*

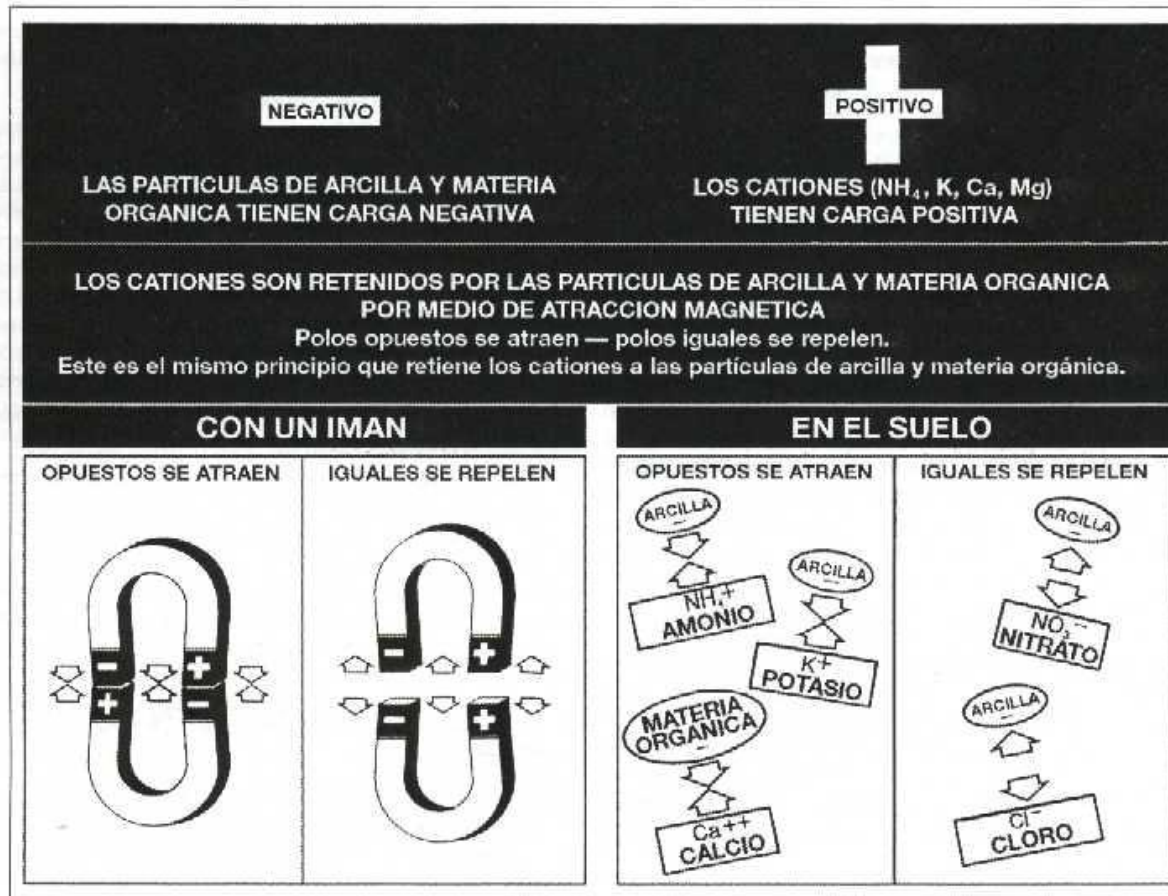
*Mg<sup>++</sup> positiva*



*Los cationes son adsorbidos por las arcillas*

*Los aniones son móviles y son lixiviados*

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

---

## Suelos con CIC de 11 a 50

- Alto contenido de arcilla
- Requieren más cal para corregir acidez
- Mayor capacidad de retener nutrientes
- Conducta física asociada a contenidos altos de arcilla
- Alta capacidad de retener agua

---

## Suelos con CIC de 1 a 10

- Alto contenido de arena
  - Mayor probabilidad de pérdidas de nitrógeno y potasio por lixiviación
  - Conducta física asociada a contenidos altos de arena.
  - Requieren menos cal para corregir acidez
  - Baja capacidad de retener agua
-

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

## CEC Values for Representative Soils

Soil or Soil Component	Location	CEC m.e./100 grams
GRUNDY SILT LOAM	IL	23.6
CLARION LOAM	IA	19.1
SAC SILTY CLAY LOAM	IA	35.1
DELTA LIGHT SILT LOAM	MS	9.4
CECIL SANDY LOAM	SC	5.5
NORFOLK SANDY LOAM	SC	3.0
LAKELAND SAND	FL	1.5
KAOLINITE CLAY	--	5-15
ILLITE CLAY	--	10-45
MONTMORILLONITE CLAY	--	60-150
HUMUS	--	140



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

## CAPACIDAD INTERCAMBIO CATIONICO(C.I.C.)

CATIONES	CONCENTRACIÓN NORMAL % S/TOTAL
CALCIO (Ca)	60 / 80
MAGNESIO (Mg)	15 / 25
POTASIO (K)	3 / 5
SODIO (Na)	0 / 3

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

<b>Parámetro</b>	<b>Arcilloso</b>	<b>Arenoso</b>
<b>CIC</b>	<b>Alta (25-50 meq/100 g)</b>	<b>Baja (5-15 meq/100 g)</b>
<b>Poder Buffer</b>	<b>Alto</b>	<b>Bajo</b>
<b>Capacidad de retener nutrientes (adsorción)</b>	<b>Alta</b>	<b>Baja</b>
<b>Riesgo de lixiviado</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>
<b>Frecuencia de fertilización</b>	<b>Menor</b>	<b>Mayor</b>
<b>Dosis de fertilización</b>	<b>Mayor</b>	<b>Menor</b>

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

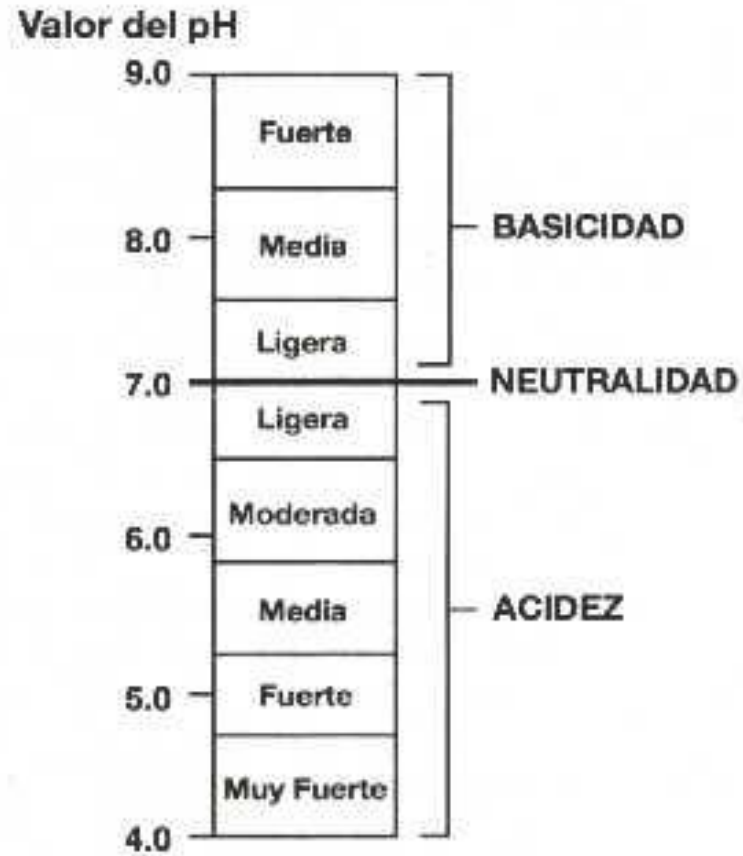
## Anion Adsorption

Anions are the opposite of cations in that they contain a net negative charge. The most common anions in soils are chloride, sulfate, phosphate and nitrate.

In addition to cation adsorbing capacity, soils also have the ability to adsorb anions, but to a lesser extent than cations. Anion adsorption is pH dependent and increases with a decrease in soil pH. Phosphate and sulfates are adsorbed more strongly than nitrates and chlorides. Anion adsorption is not as important agriculturally as cation adsorption. Most agricultural soils have a pH higher than that at which anion adsorption is at its maximum strength and with the exception of phosphate, and to a lesser degree sulfate, anions are largely lost from the soil by leaching.

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

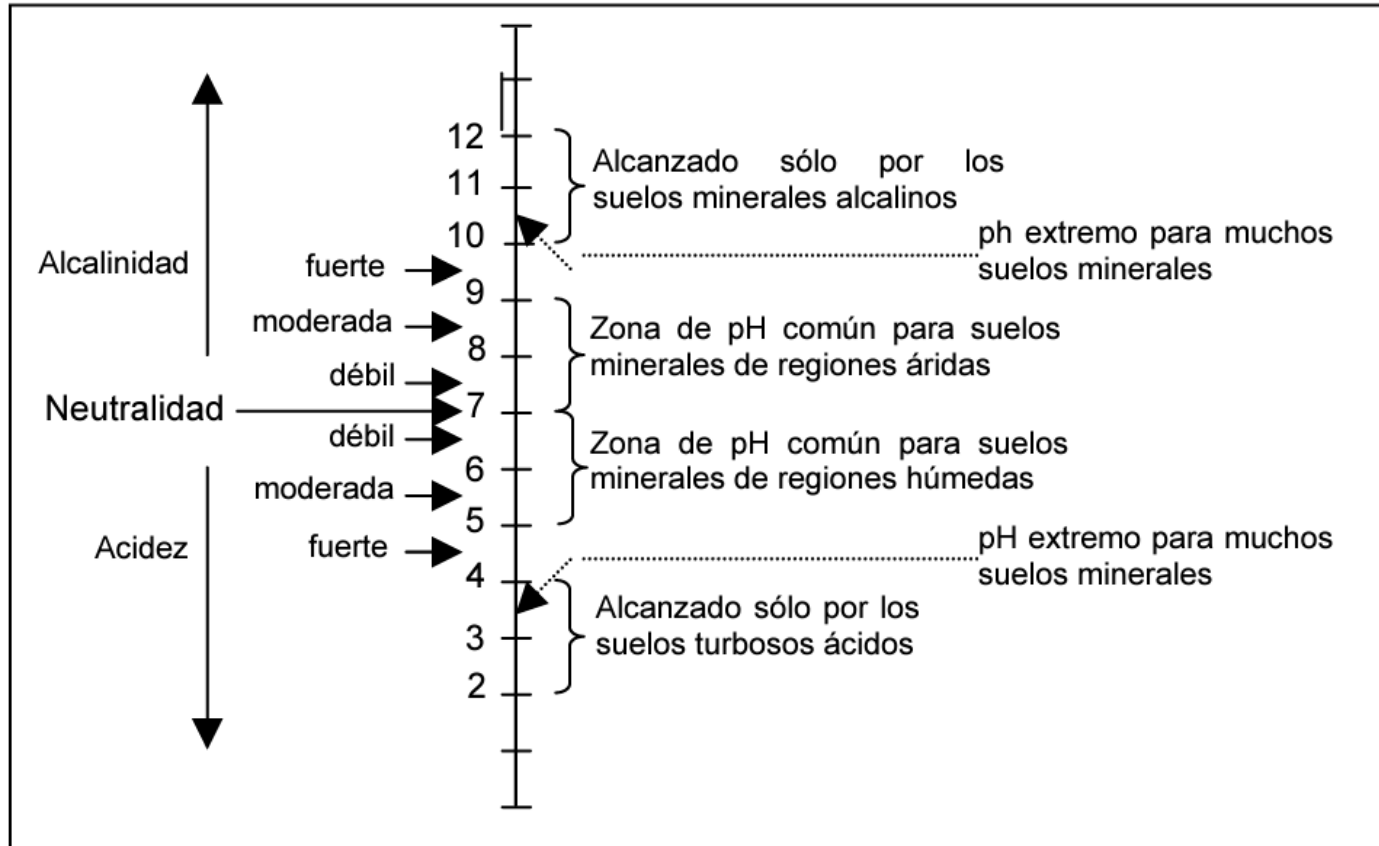


Figura 7.2. pH extremos para la mayoría de los suelos minerales de regiones húmedas y áridas.

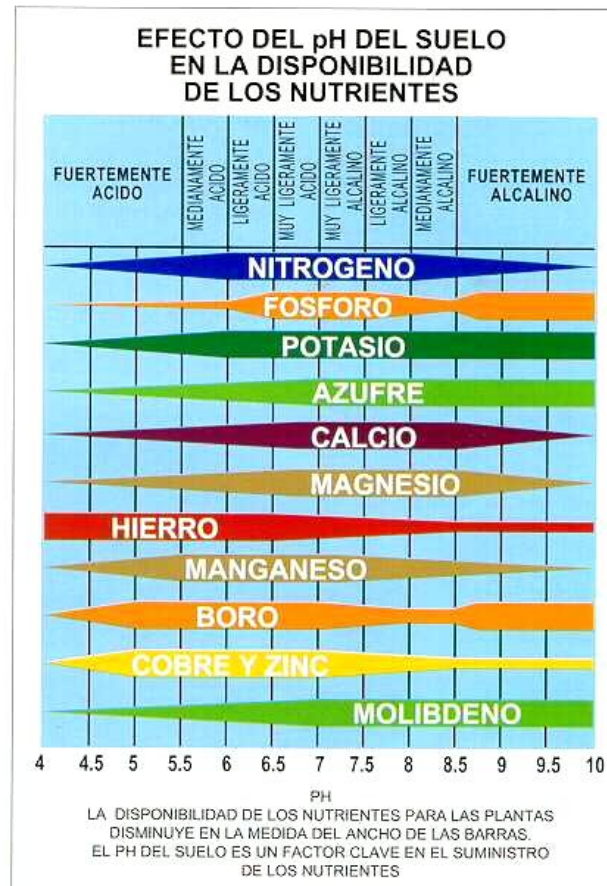
# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

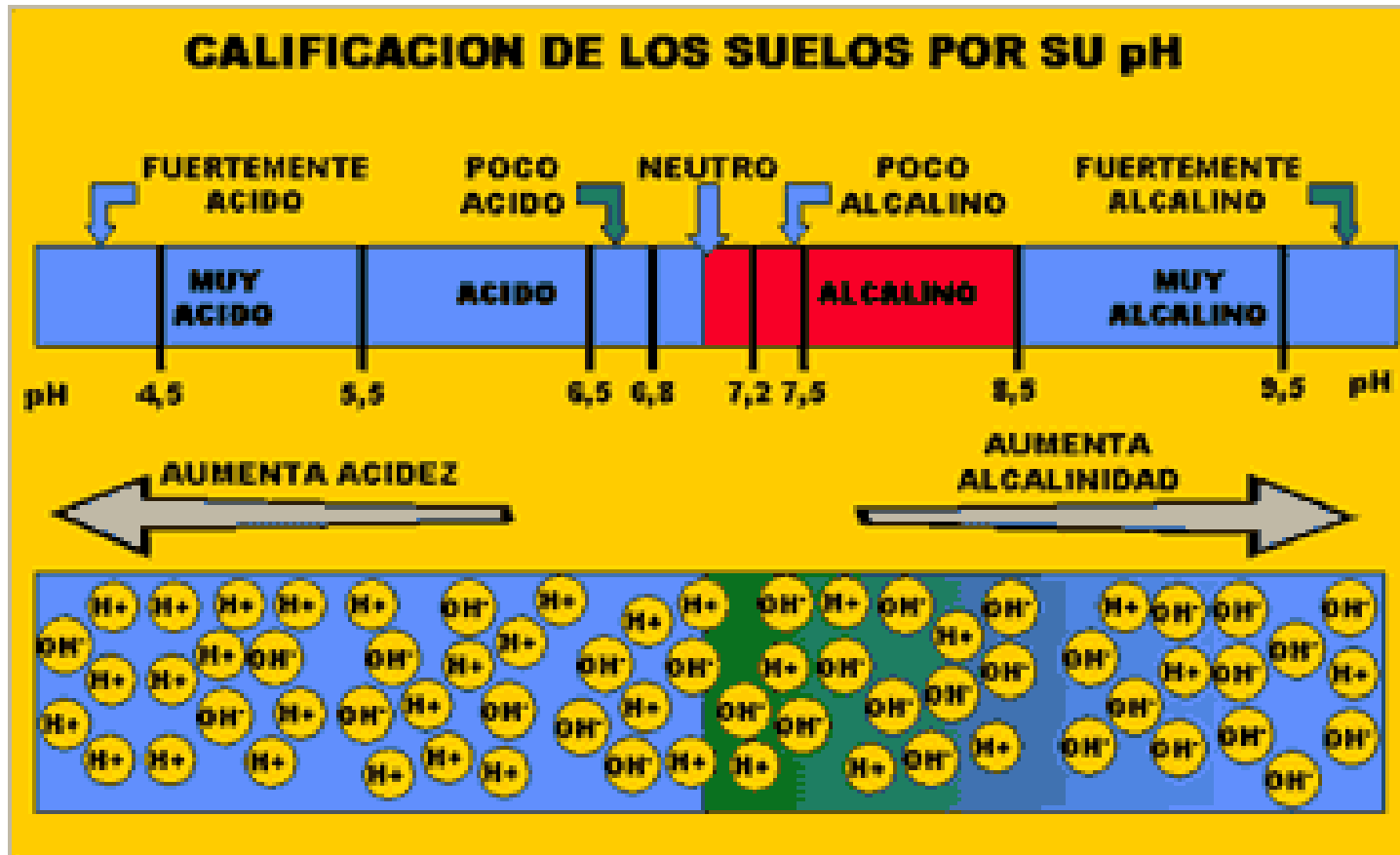
pH 5.0 - 6.0	pH 6.0 - 6.5	pH 6.5 - 7.0
Arándano	Pasto bermuda	Alfalfa
Papa	Maíz	Algunos tréboles
Papa dulce	Algodón	
Sandía	Sorgo	
	Maní	
	Soya	
	Trigo	

---

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

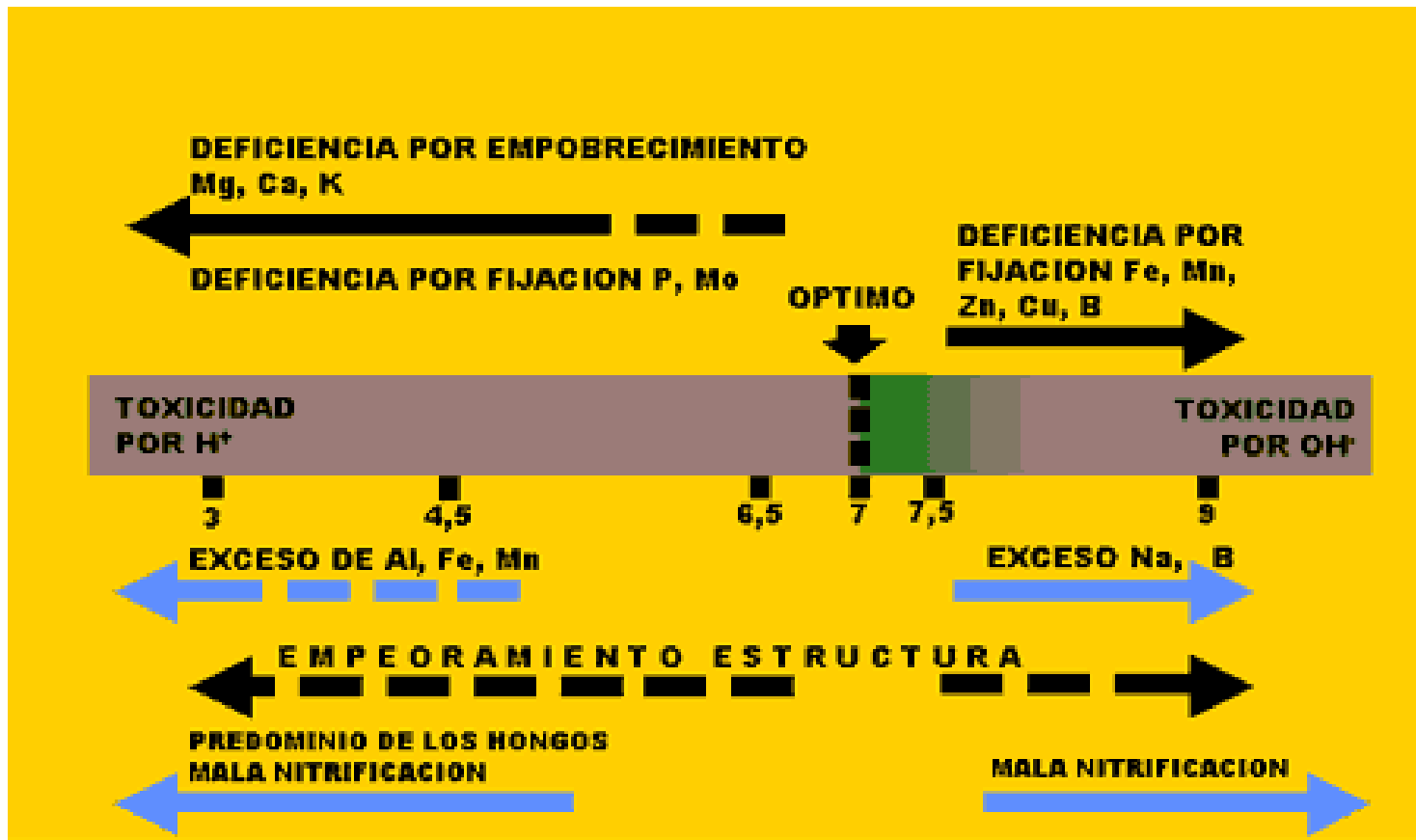


# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



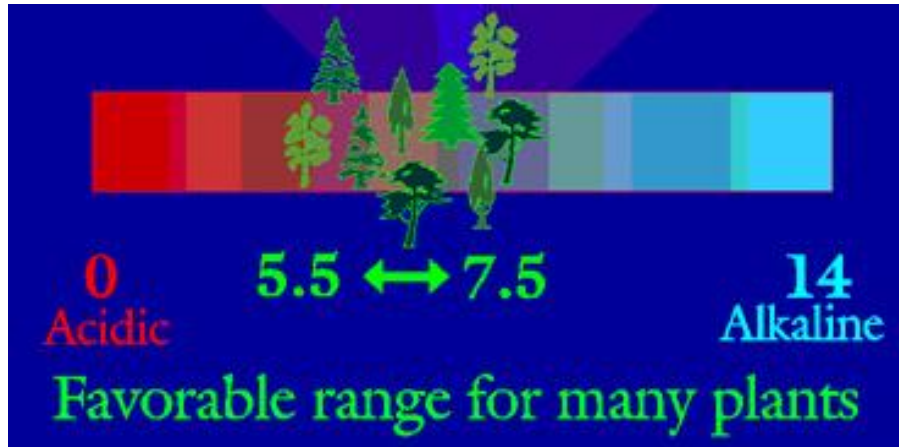


# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---



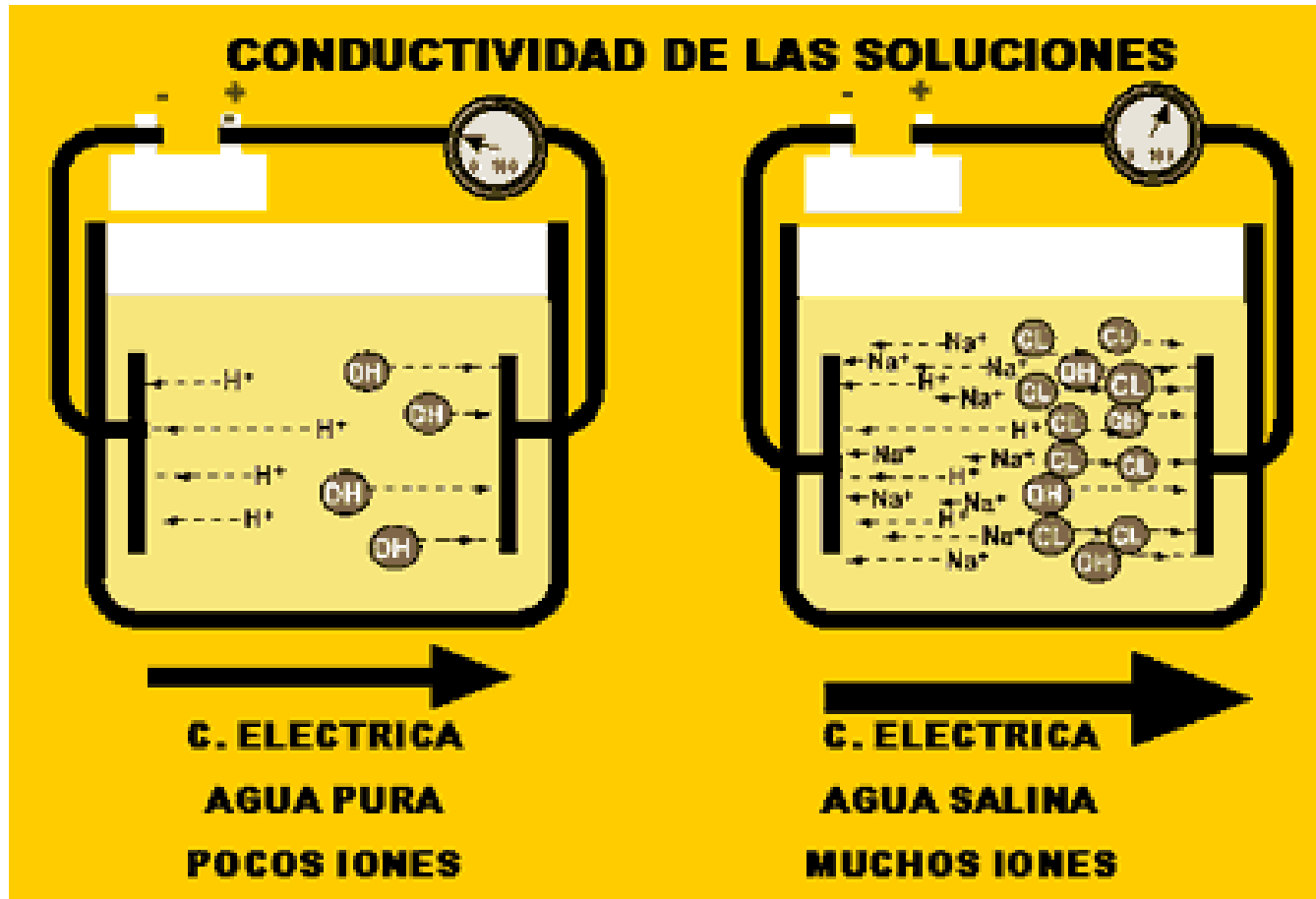
- ❑ Valor óptimo de pH: 5 – 6
  - ❖ Máxima disponibilidad de nutrientes
- ❑ Valores altos de pH:
  - ❖ Disponibilidad reducida de nutrientes
- ❑ Valores bajos de pH:
  - ❖ Disponibilidad reducida de nutrientes
  - ❖ Niveles tóxicos de Al, Mn

# El suelo como medio de crecimiento de las plantas

---

Factor	Efecto
Disponibilidad de fósforo	Máxima entre pH 5.5-7.0
Disponibilidad de micronutrientes	Todos los micronutrientes, excepto el Mo, están más disponibles a pH 5.5-6.0
Toxicidad de aluminio	Disminuye a medida que el pH aumenta
CIC	Aumenta a medida que el pH aumenta (mayor retención de Ca, Mg y K, menos lixiviación)
Mineralización de N	pH 6.0-6.5 óptimo para la actividad de los nitrificadores
Fijación de N	La nodulación disminuye a pH < 5.5

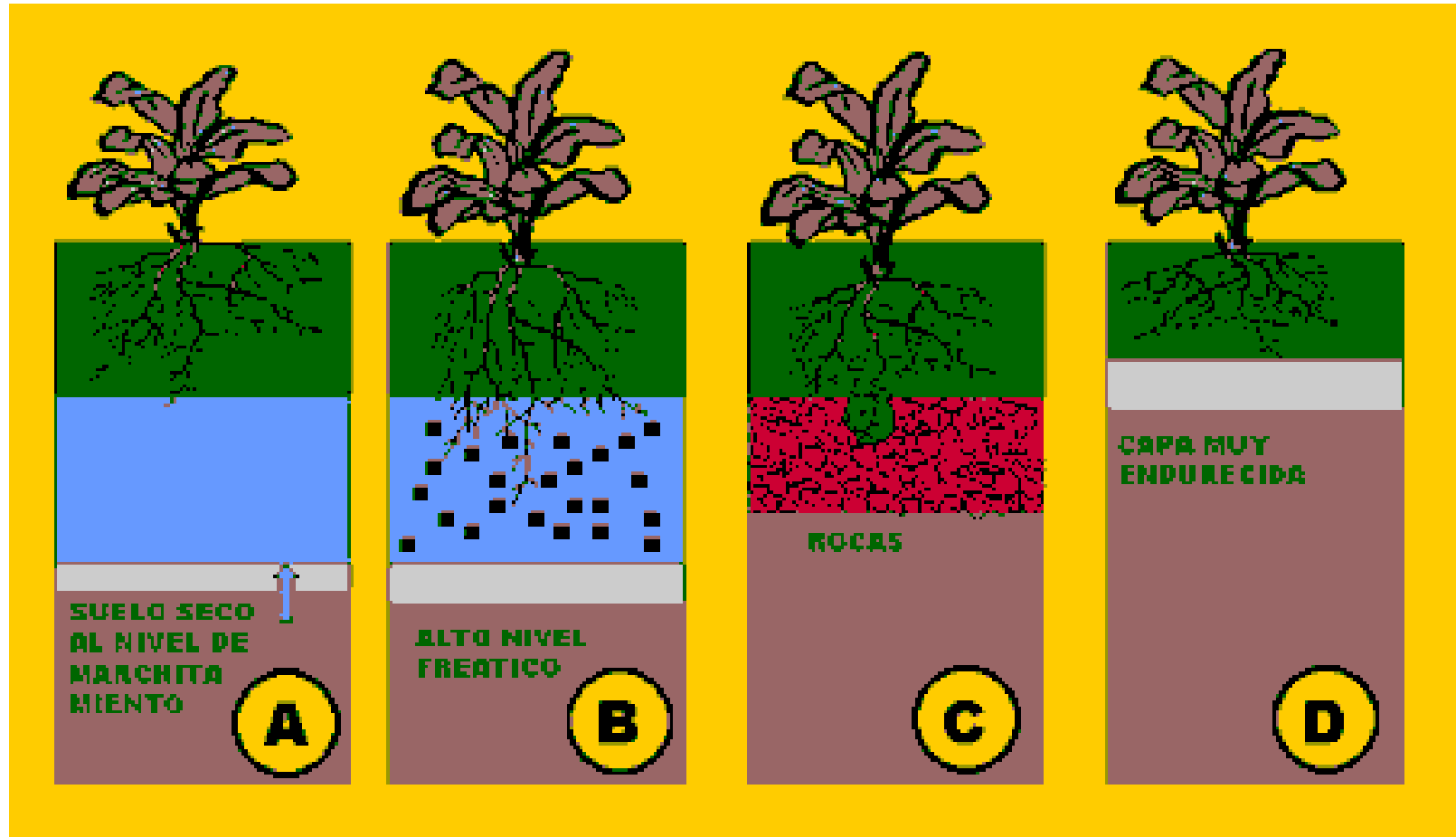
# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



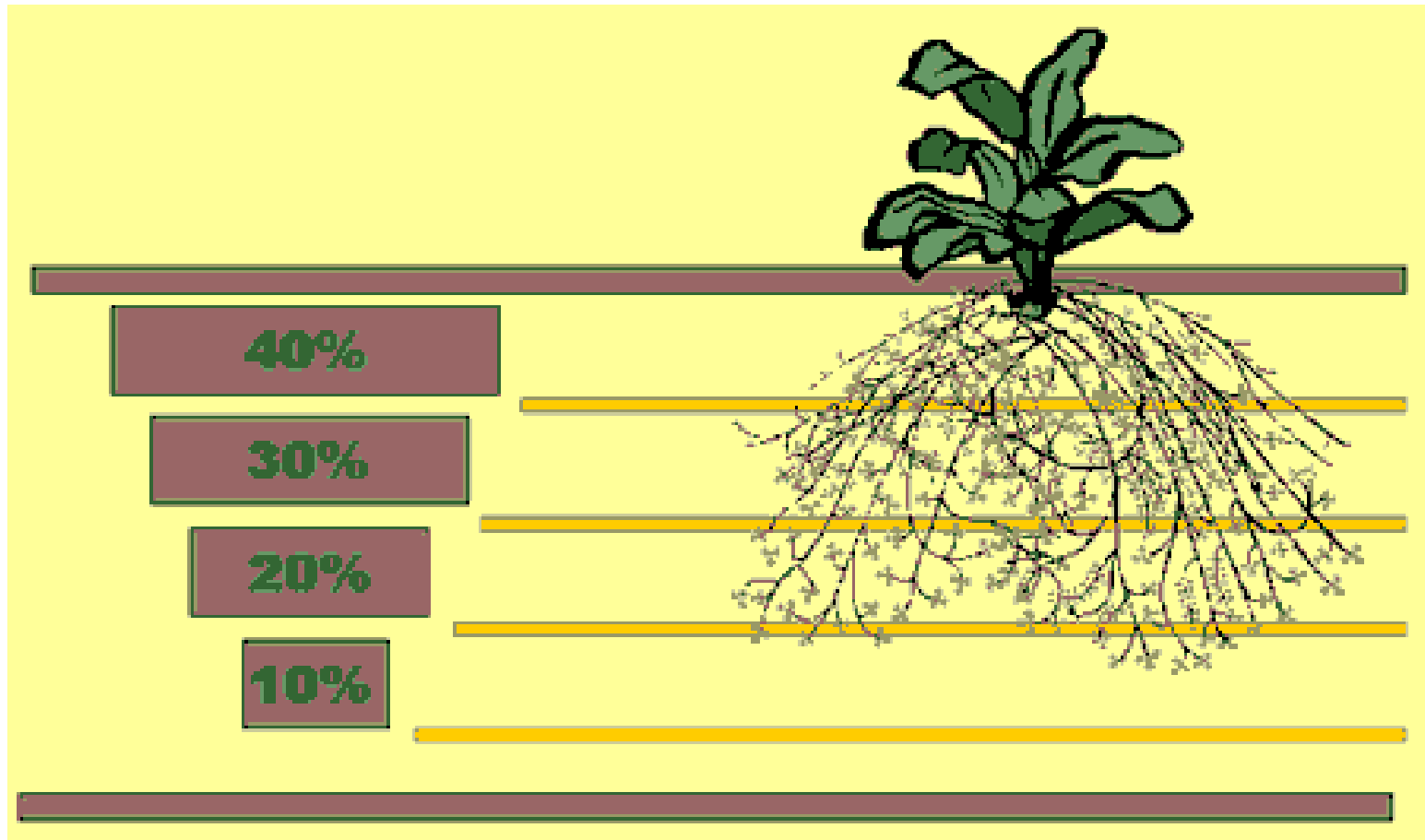
# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



# El suelo como medio de crecimiento de las plantas



# **Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas**

---

Essential mineral nutrients (13) required for growth (of equal importance physiologically):

**Macronutrients** (6) of which the critical contents in plants are 2-30 g/kg of dry matter:

**Major nutrients** (3), applied in fertilizers for almost all crops on most soils:



# Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas

---

N = nitrogen (taken up as  $\text{NO}_3^-$  or  $\text{NH}_4^+$ )

P = phosphorus (taken up as  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  etc.)

K = potassium (taken up as  $\text{K}^+$ )

**Secondary nutrients** (3), applied in fertilizers mainly for certain crops on some soils:

S = sulphur (taken up as  $\text{SO}_4^{2-}$ )

Ca = calcium (taken up as  $\text{Ca}^{2+}$ )

Mg = magnesium (taken up as  $\text{Mg}^{2+}$ )

# **Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas**

---

**Micronutrients (7)** of which the critical contents in plants are 0.3-50 mg/kg of dry matter:

**Heavy metals (5):**

Fe = Iron

Mn = manganese

Zn = zinc

Cu = copper

# Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas

---

Fe, Mn, Zn, Cu taken up as divalent cation or chelate

Mo = molybden, taken up as molybdate  $\text{MoO}_4^{2-}$

**Non-metals (2):**

Cl = chlorine, taken up as  $\text{Cl}^-$

B = boron, taken up as  $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ , etc...

Some **beneficial nutrients** useful for some plants:

# Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas

---

Na = sodium, taken up as  $\text{Na}^+$ ; can partly replace K for some crops.

Si = silicon, taken up as silicate, etc., e.g. for strengthening cereal stems to resist lodging.

Co = cobalt, mainly for N-fixation of legumes

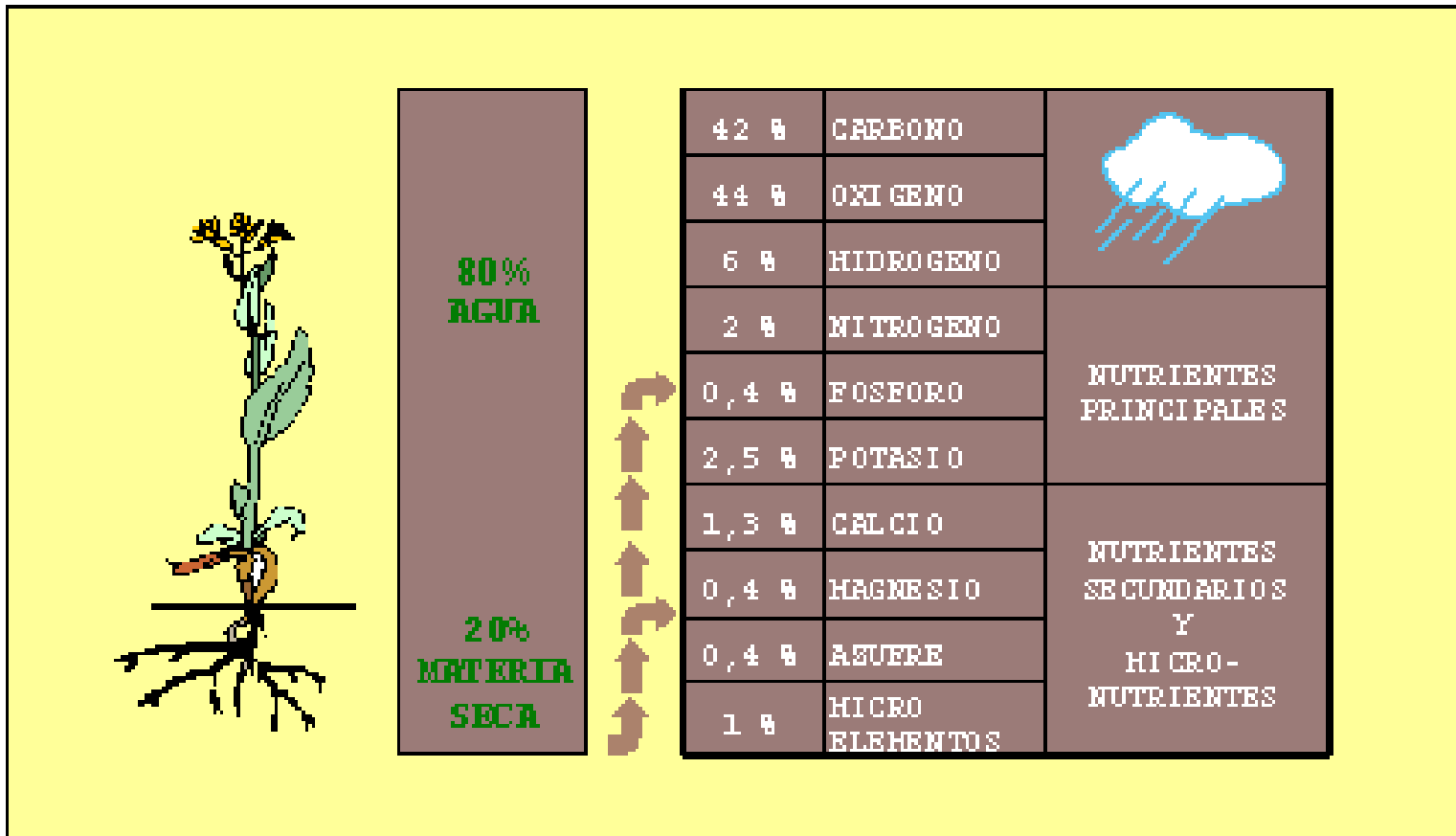
Cl = chlorine, useful for some crops in greater than essential amounts, for osmotic regulation and improved resistance to some fungi.

# **Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas**

---

Al = aluminium, perhaps beneficial for some plants, e.g. tea?

# Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas

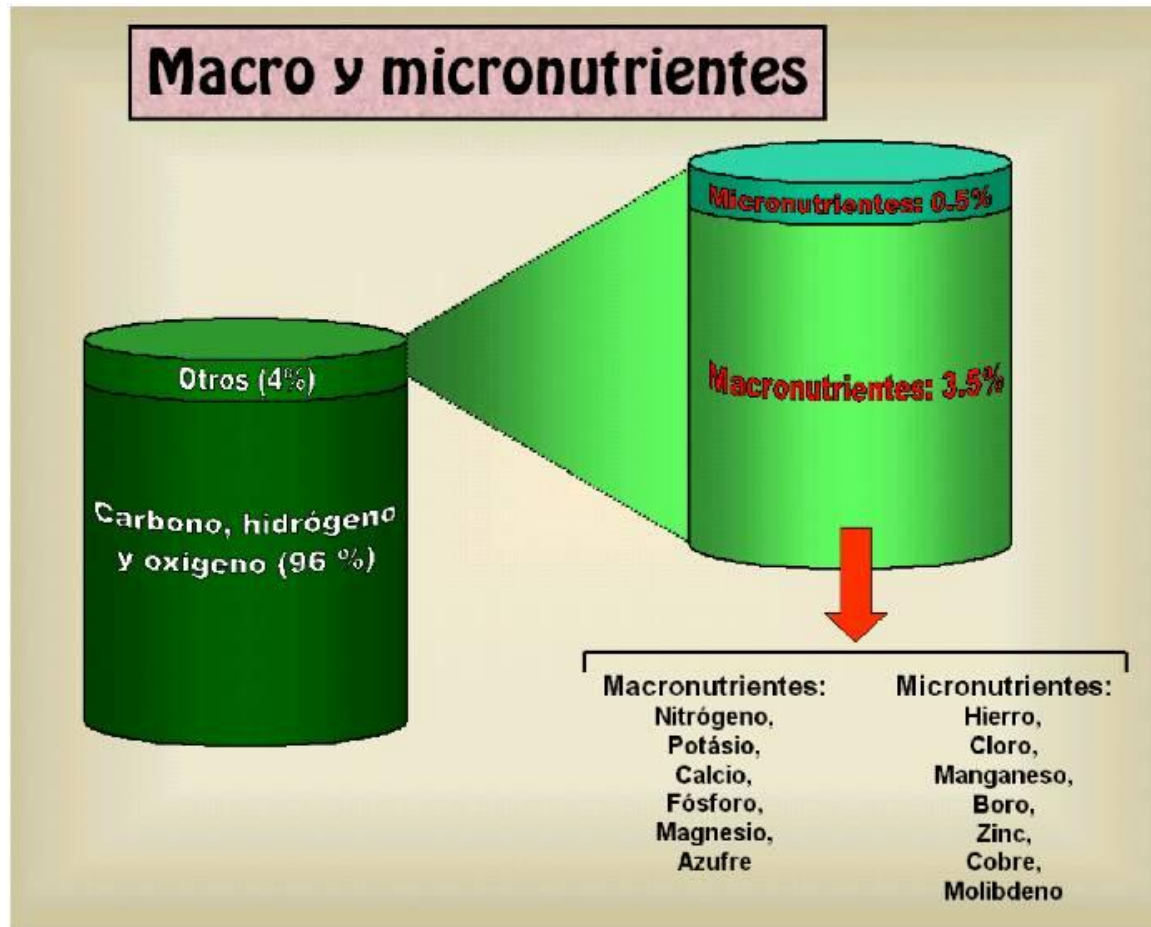


# Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas

## Composición elemental aproximada de un tejido vegetal

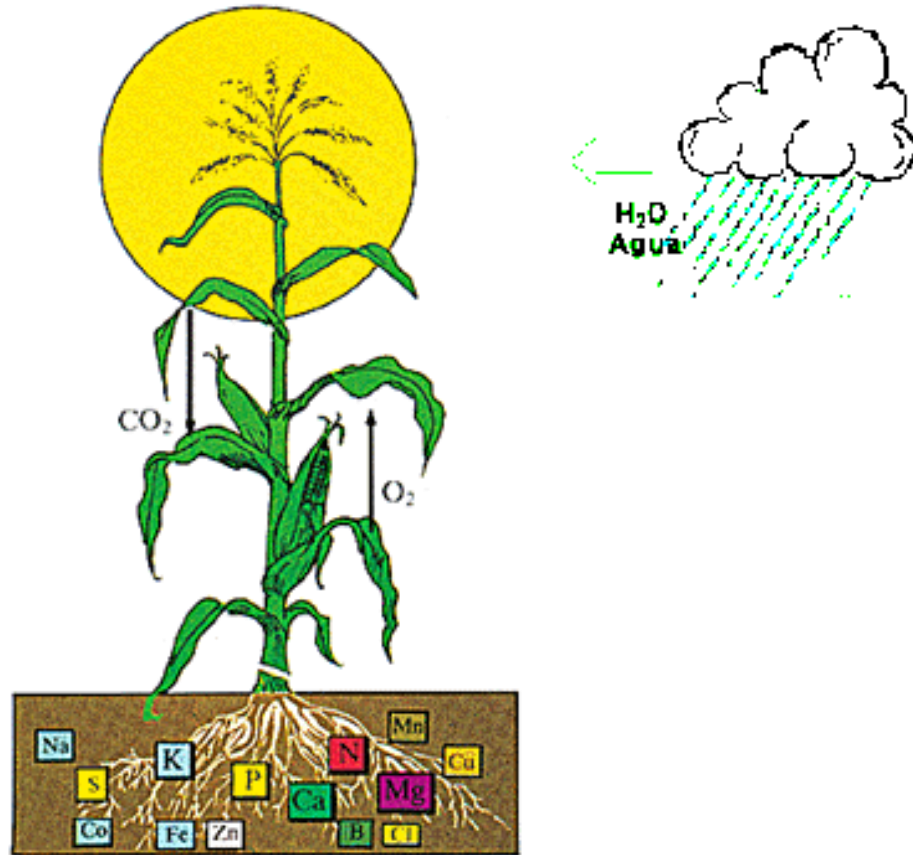
Elemento	Símbolo	Porcentaje del peso seco
Carbono	(C)	45,0
Oxígeno	(O)	45,0
Hidrógeno	(H)	6,0
Nitrógeno	(N)	1,5
Potasio	(K)	1,0
Calcio	(Ca)	0,5
Magnesio	(Mg)	0,2
Fósforo	(P)	0,2
Azufre	(S)	0,1
Cloro	(Cl)	0,01
Hierro	(Fe)	0,01
Manganeso	(Mn)	0,005
Zinc	(Zn)	0,002
Boro	(B)	0,002
Cobre	(Cu)	0,0006
Molibdeno	(Mo)	0,00001

# Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas





# Absorción y transporte de nutrientes en la planta



# Absorción y transporte de nutrientes en la planta

Tabla 8.2. Formas iónicas de los elementos esenciales utilizados por las plantas.

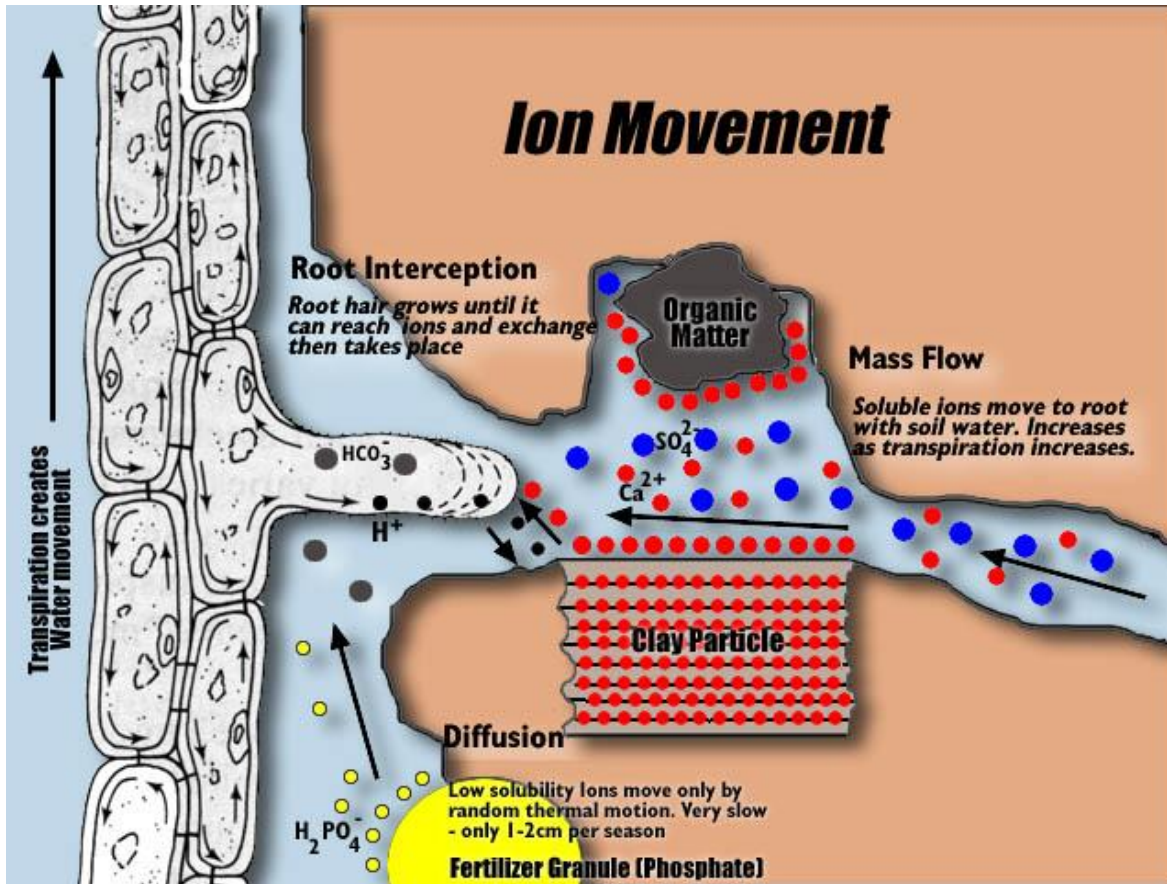
MACRONUTRIENTES	MICRONUTRIENTES
Carbono..... $\text{CO}_3^{-2}$ , $\text{CO}_3\text{H}^-$	Hierro..... $\text{Fe}^{+2}$ , $\text{Fe}^{+3}$
Hidrógeno..... $\text{H}^+$	Manganeso..... $\text{Mn}^{+2}$ , $\text{Mn}^{+4}$
Oxígeno..... $\text{OH}^-$	Boro..... $\text{BO}_3\text{H}_2^-$ , $\text{BO}_3\text{H}^{-2}$
Nitrógeno..... $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{NO}_3^-$	Molibdeno..... $\text{MoO}_4^{-2}$
Fósforo..... $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ , $\text{PO}_4\text{H}^{-2}$	Cobre..... $\text{Cu}^+$ , $\text{Cu}^{+2}$
Potasio..... $\text{K}^+$	Cinc..... $\text{Zn}^{+2}$
Azufre ..... $\text{SO}_3^{-2}$ , $\text{SO}_4^{-2}$	Cloro..... $\text{Cl}^-$
Calcio..... $\text{Ca}^{+2}$	
Magnesio..... $\text{Mg}^{+2}$	

# Absorción y transporte de nutrientes en la planta

---

- ❑ Los iones de los nutrientes deben estar **disueltos** en el agua del suelo (“solución del suelo”) para que las plantas puedan absorberlos.

# Absorción y transporte de nutrientes en la planta



## Los nutrientes llegan a la raíz en 3 mecanismos

**Flujo masivo:** los nutrientes se mueven en la solución del suelo hacia las raíces en la corriente de la transpiración (Ca).

**Difusión:** según el gradiente de concentraciones (P).

**Intercepción:** las raíces interceptan los iones al crecer en las zonas donde están los nutrientes.

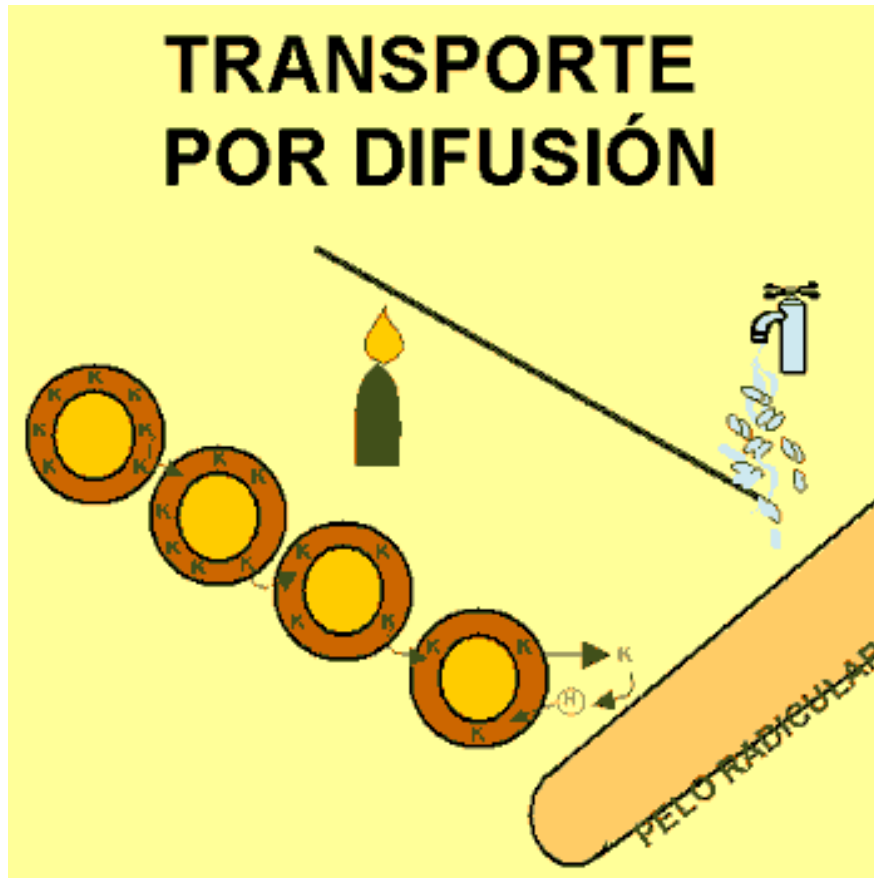
# Absorción y transporte de nutrientes en la planta



# Absorción y transporte de nutrientes en la planta



# Absorción y transporte de nutrientes en la planta



# Absorción y transporte de nutrientes en la planta

---

- ❑ Los iones pasan desde la solución del suelo hasta el centro vascular de las raíces a través de **membrana celular**
- ❑ El movimiento a través de la membrana puede ser **pasivo** o **activo**.



# Absorción y transporte de nutrientes en la planta

---

## Pasiva

- ❑ Típico de nutrientes con flujo masivo. Entran a la planta con el agua.
- ❑ Movimiento a través de la membrana por diferencia de concentraciones (a favor del gradiente de concentraciones).

# Absorción y transporte de nutrientes en la planta

---

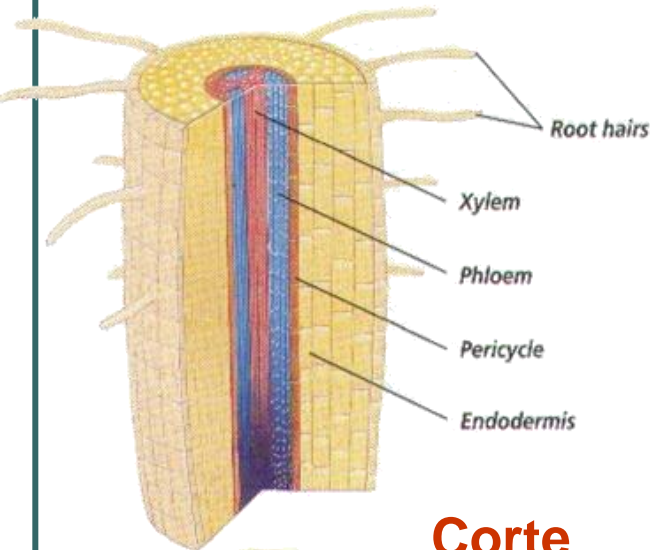
## Activa

- ❑ Ocorre a través de la membrana en contra del gradiente de concentraciones.
- ❑ Requiere energía para “bombear” a los iones hacia dentro de la célula.

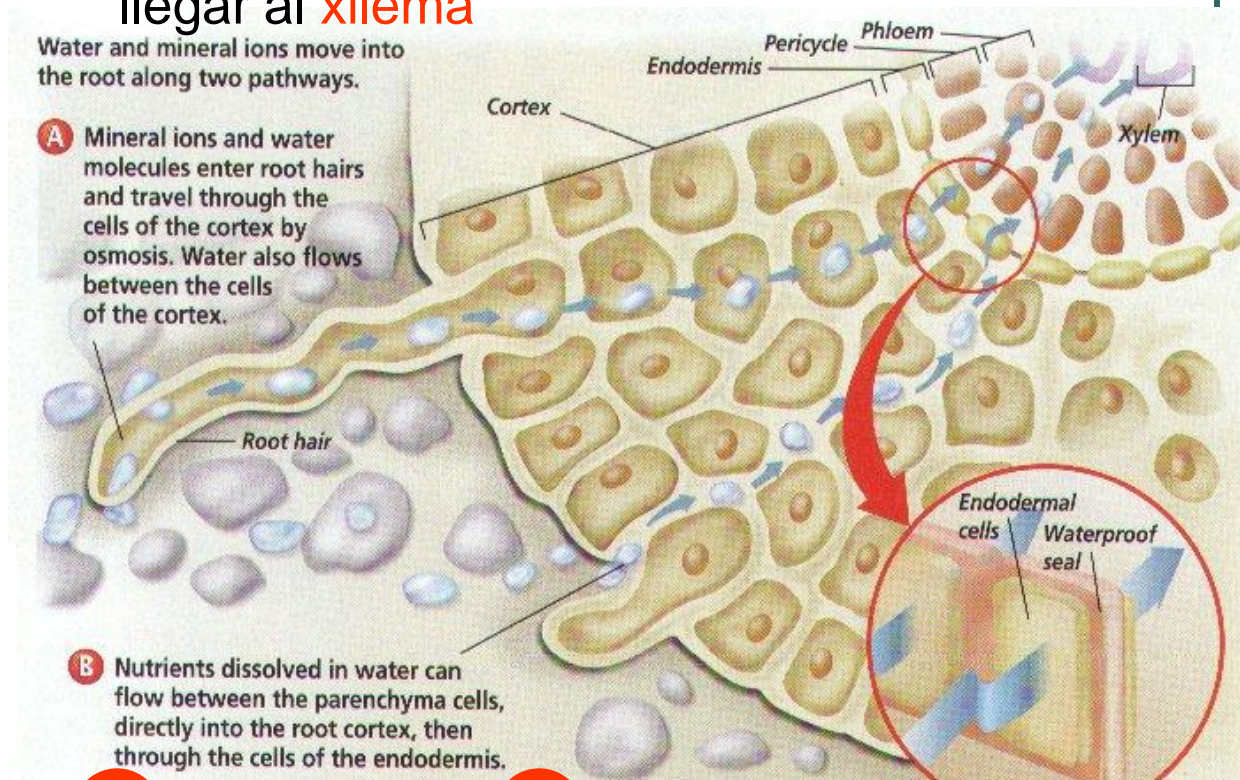


# Movimiento dentro de la raíz

El agua y los nutrientes deben pasar a través de las células hasta llegar al **xilema**



**Corte transversal de la raíz**



Water and mineral ions move into the root along two pathways.

**A** Mineral ions and water molecules enter root hairs and travel through the cells of the cortex by osmosis. Water also flows between the cells of the cortex.

**B** Nutrients dissolved in water can flow between the parenchyma cells, directly into the root cortex, then through the cells of the endodermis.

**A** Apoplastico    **B** Simplastico

# Movimiento interno de los nutrientes

---

- ❑ Los nutrientes son transportados desde las raíces hacia las hojas a través del **xilema**.
- ❑ Los nutrientes pueden ser transportados (redistribuidos, translocados) desde las hojas viejas hacia las hojas jóvenes y raíces a través del **floema**.
- ❑ **Xilema**: en la transpiración (pasivo).
- ❑ **Floema**: por gradiente de presión hidrostática (activo = se requiere energía).

# Movimiento interno de los nutrientes

---

- ❑ Una vez dentro de la raíz, los nutrientes se mueven hacia el tallo en la **corriente de la transpiración**.
- ❑ Después de que los nutrientes son usados en los procesos del metabolismo celular o del crecimiento vegetal, pueden ser:
  - ❑ **Translocados** dentro de la planta luego,
  - ❑ **Fijarse** en su primera (y única) localización.

# Movimiento interno de los nutrientes

---

- Los nutrientes que pueden trasladarse en la planta - **móviles**:

- Nitrógeno
- Fósforo
- Potasio
- Magnesio
- Molibdeno

- Los nutrientes que son fijados luego de su uso – **inmóviles**:

- Azufre
- Calcio
- Hierro
- Cobre
- Manganeso
- Zinc
- Boro

# Deficiencias de nutrientes

## □ Nutrientes

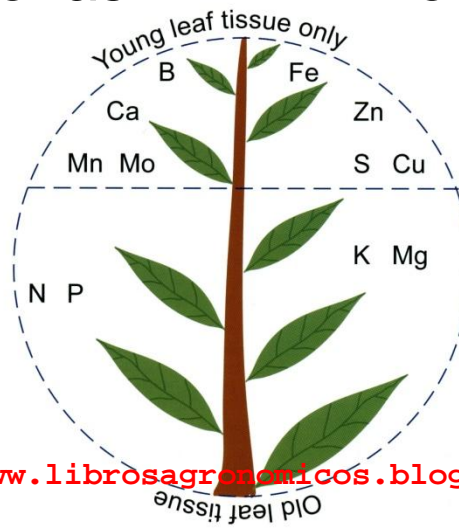
### **móviles:**

- Los síntomas se muestran en las **hojas más viejas** (ya que la planta trasloca los nutrientes hacia las zonas de nuevo crecimiento)

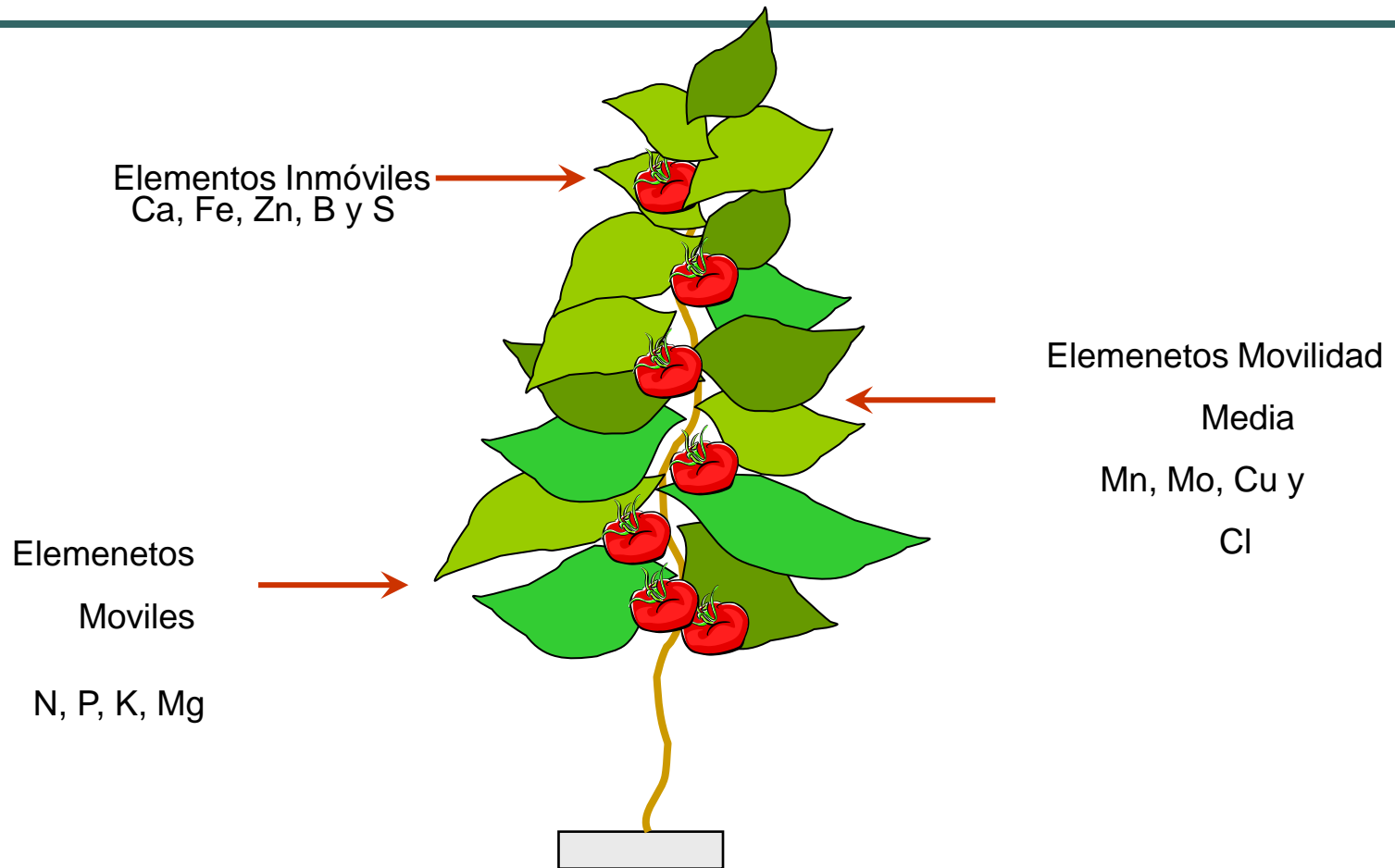
## □ Nutrientes

### **inmóviles:**

- Los síntomas se muestran en las **hojas más nuevas** (ya que la planta no puede mover dichos nutrientes)

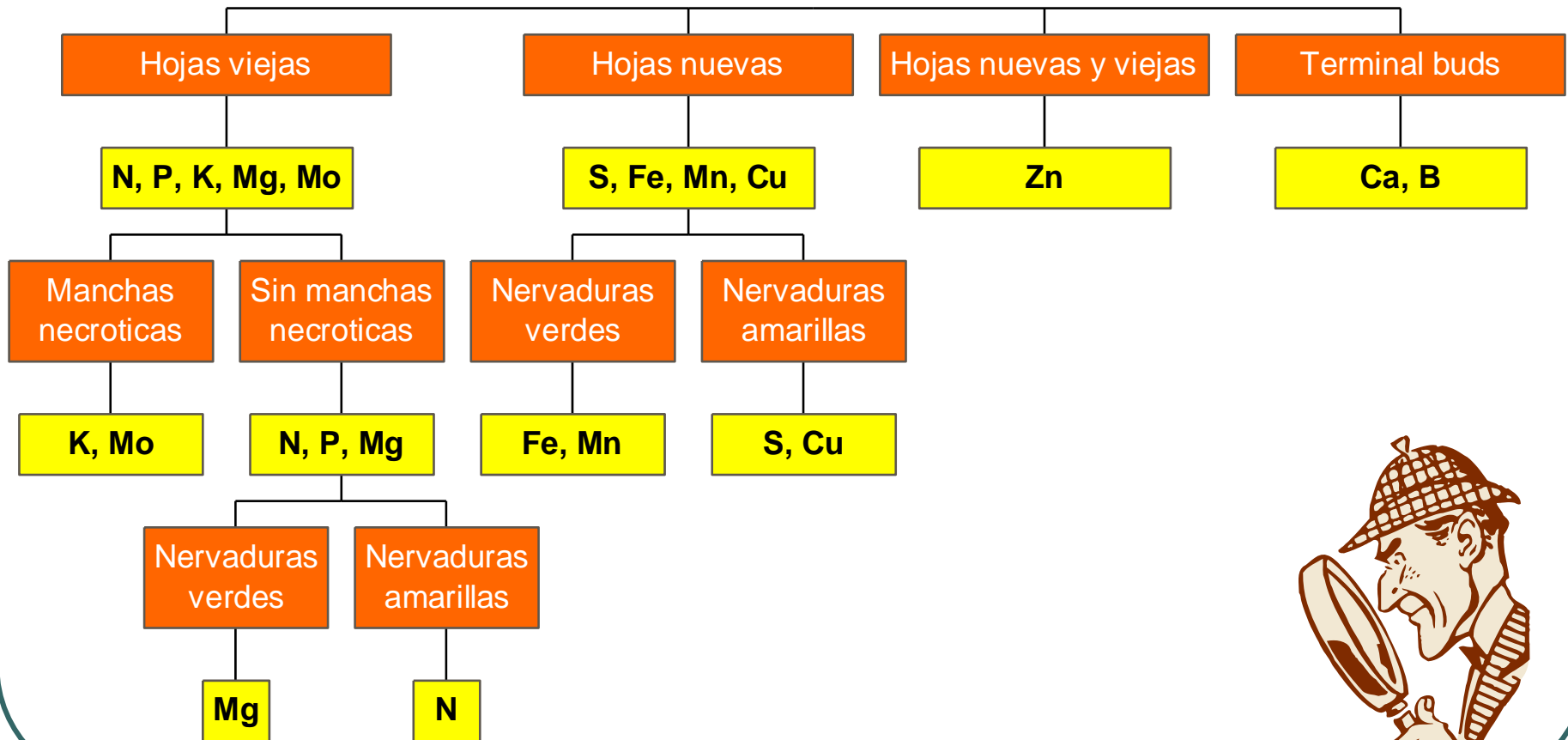


# Deficiencias de nutrientes

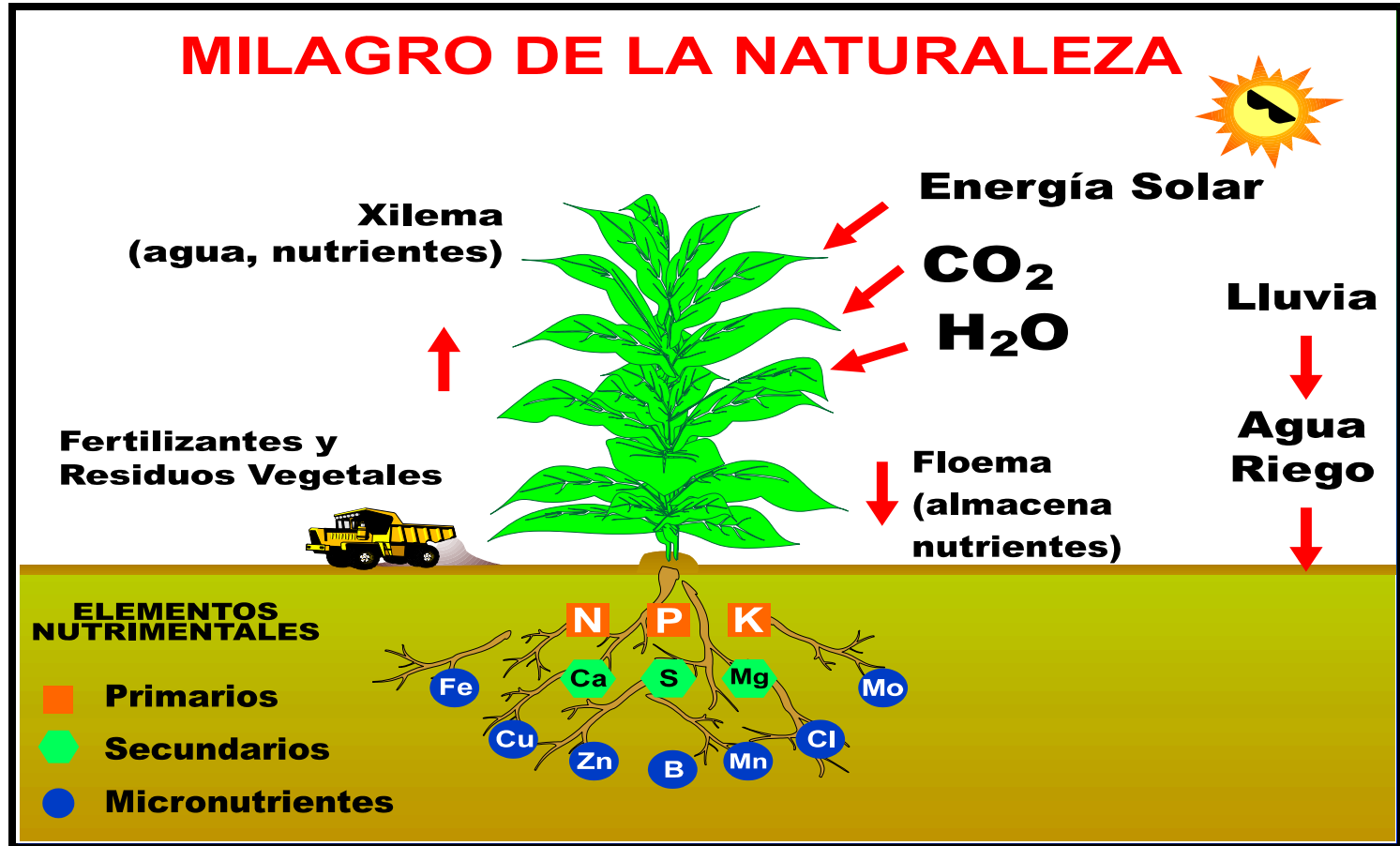




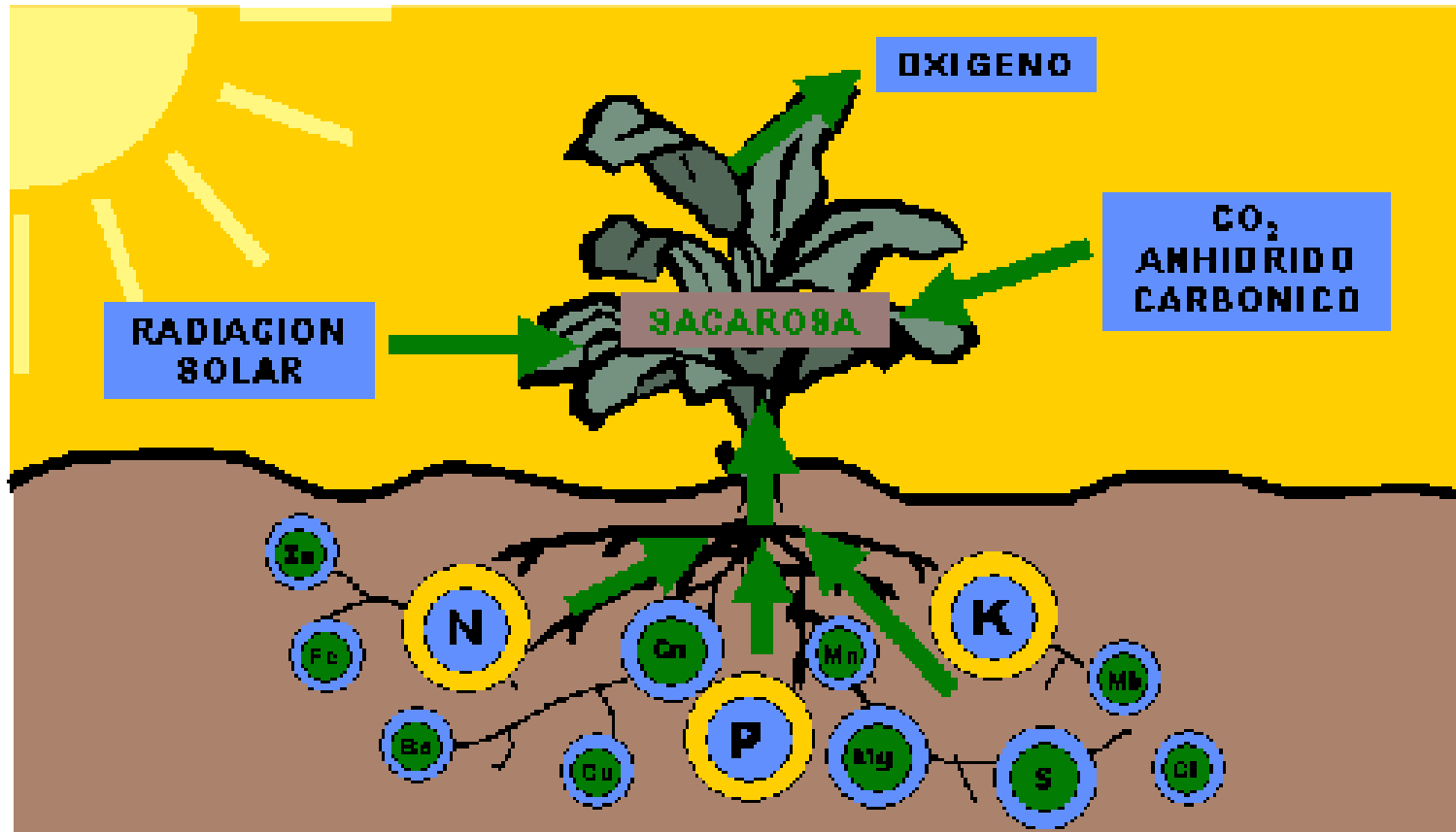
# Deficiencias de nutrientes



# Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas



# Metabolismo y funciones de los nutrientes minerales en las plantas



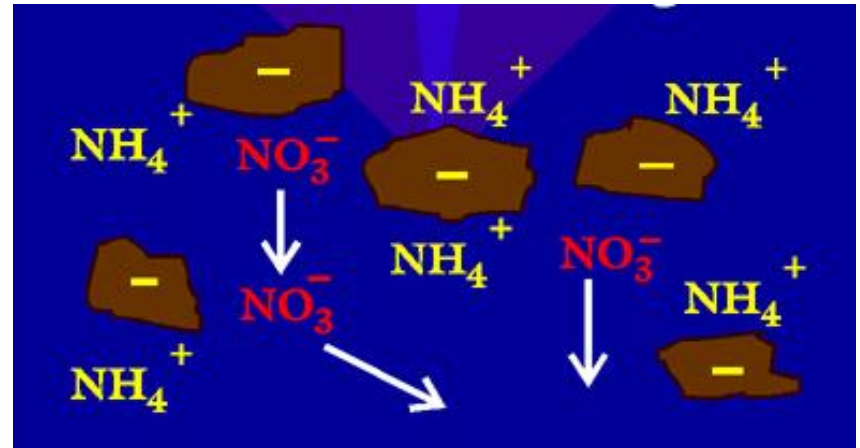
# ***NITROGENO***

- ❑ 1-4 % peso seco de la planta
- ❑ Funciones
  - ❑ Acidos nucleicos / nucleótidos
  - ❑ Clorofila
  - ❑ Aminoácidos / proteínas
  - ❑ Coenzimas
- ❑ Absorción:
  - ❑ **Anión nitrato  $\text{NO}_3^-$**
  - ❑ **Catión amonio  $\text{NH}_4^+$**



# NITROGENO

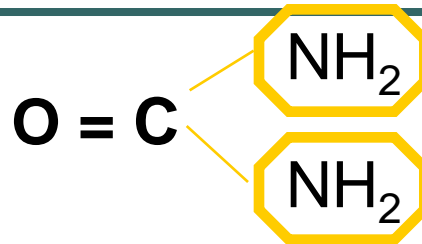
- ❑ Anión nitrato  $\text{NO}_3^-$ 
  - ❑ Muy móvil en el suelo
  - ❑ Tendencia a lixiviarse
  - ❑ Aumenta el pH del suelo



- ❑ Cation amonio  $\text{NH}_4^+$ 
  - ❑ Menos móvil que los nitratos (adsorción)
  - ❑ Oxidación microbial a nitrato
  - ❑ Acidifica el suelo (disminuye el pH)
  - ❑ Puede ser tóxico a altos niveles

# FORMAS DISPONIBLES DEL N

**AMIDA (  $NH_2$  )**  
**(Urea)**



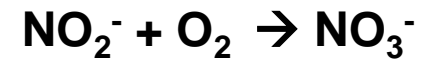
**Amonificación** →



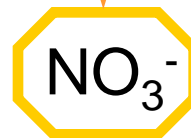
**AMONIO (  $NH_4^+$  )**  
**(Nitrato de amonio)**



**Nitrificación** →



**NITRATO (  $NO_3^-$  )**  
**(Nitrato de potasio)**

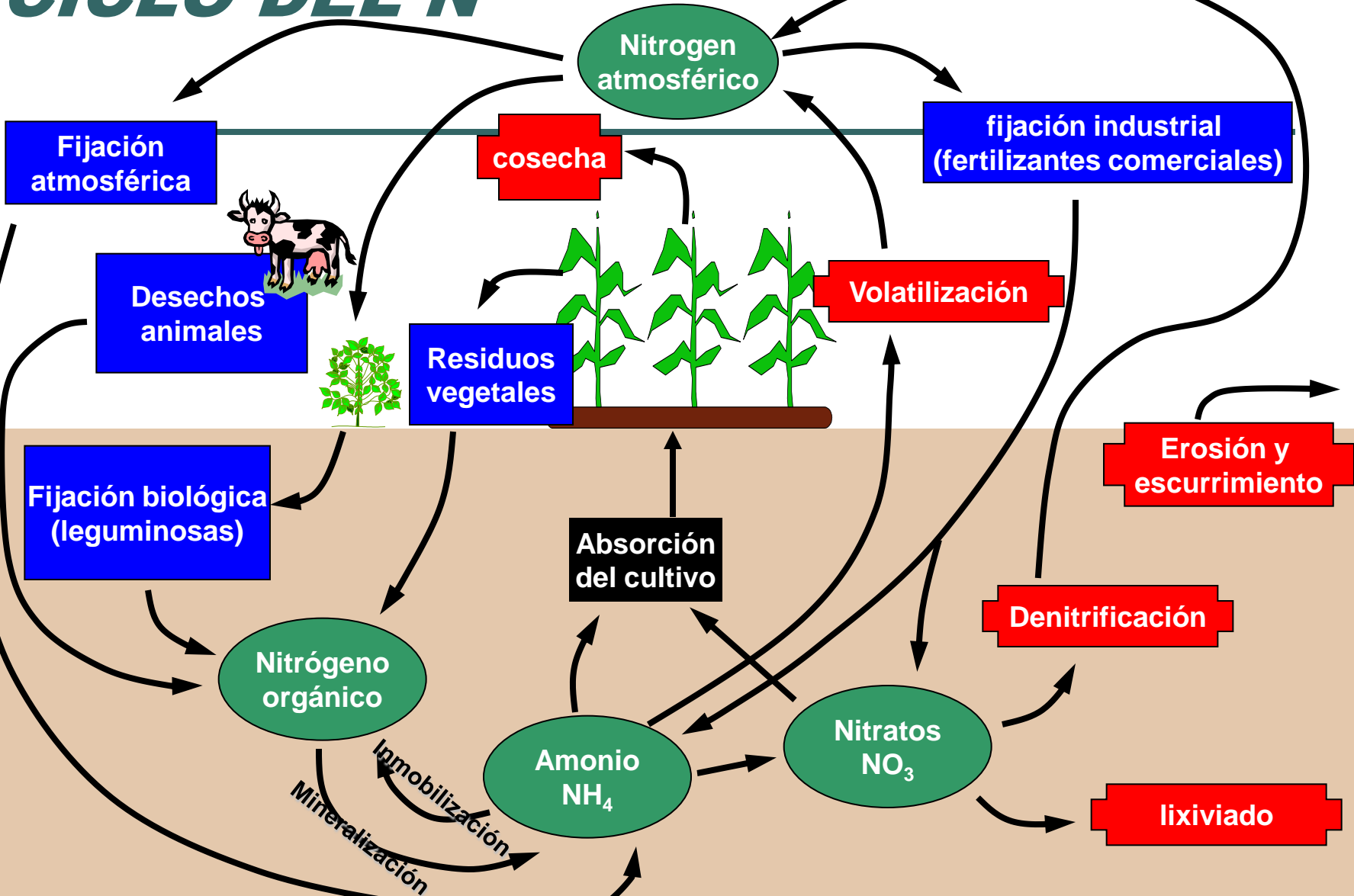


# CICLO DEL N

Componente

ganancia

pérdida



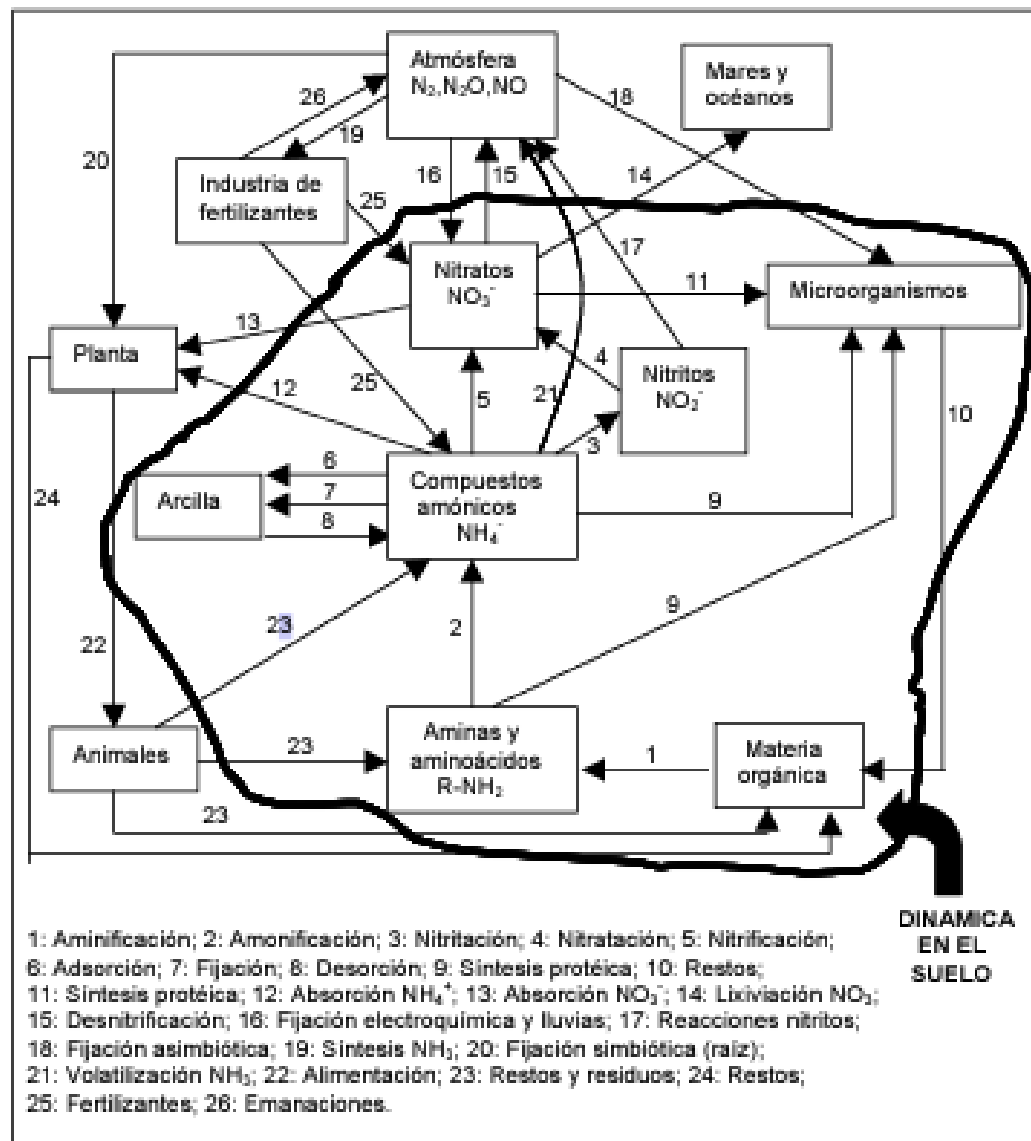


Figura 11.4. Ciclo del nitrógeno en la Naturaleza.



# ***COMPORTAMIENTO DEL NITROGENO***

---

- ❑ El N en forma de nitrato, es totalmente móvil y su forma amoniacal pasa rápidamente a nítrica, a veces dificultada por un exceso de humedad en el bulbo.
- ❑ En cuanto a la forma ureica, su ritmo de absorción por la planta viene determinado por las condiciones del medio, que determinan que la urea se oxide más o menos rápidamente a la forma nítrica
- ❑ La aplicación nitrogenada debe realizarse lo más fraccionada posible, incluso diariamente, sincronizada con las necesidades de las plantas. Así se logra el mejor aprovechamiento del nitrógeno evitando el lavado y pérdida.

# ***COMPORTAMIENTO DEL NITROGENO***

---

- En las etapas reproductivas se debe bajar la dosis de N para evitar que la planta se vaya en hoja, que los frutos sean de baja calidad (fruto blando, mas incidencia de plagas) y/o acumulación de nitratos en el producto final
- El nitrato se mueve con toda facilidad a lo largo del perfil del suelo, siguiendo el flujo del agua hasta el borde de la zona humedecida del bulbo. No debe descuidarse tampoco el contenido de nitratos de las aguas de riego en zonas cercanas a acuíferos.

# FOSFORO

---

- ❑ 0.1-0.4 % peso seco de la planta
- ❑ Funciones
  - ❑ Acidos nucleicos/ADN (código genético)
  - ❑ Azúcares
  - ❑ ATP (energía)
  - ❑ Fosfolípidos
  - ❑ Coenzimas
- ❑ **Absorción: anión fosfato  $H_2PO_4^-$  ;  $HPO_4^{2-}$**
- ❑ Forma precipitados insolubles con Ca, Mg, Al, Fe
- ❑ Muy poco móvil en el suelo (adsorción & precipitación)

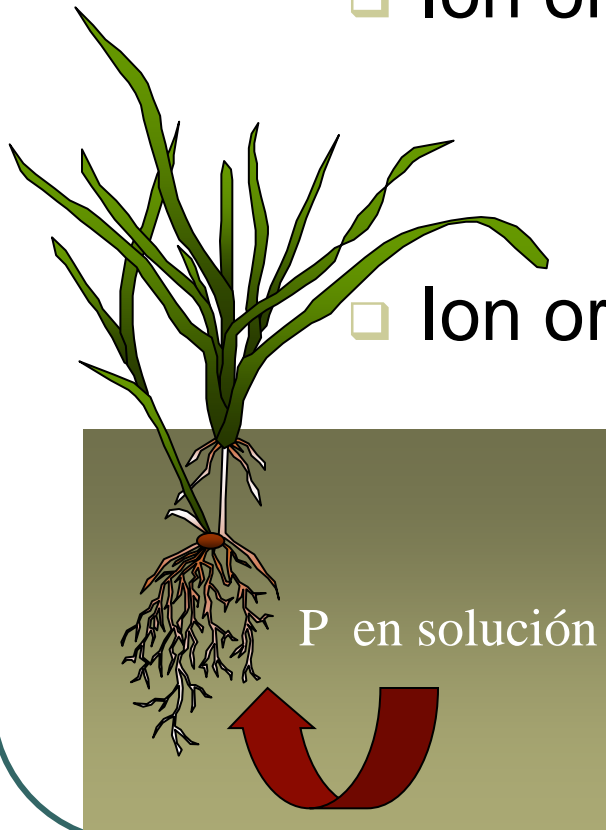


# ***ABSORCIÓN DEL FÓSFORO***

---

□ Ion ortofosfato (mono):  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (pH < 7.0)

□ Ion ortofosfato (di):  $\text{HPO}_4^{2-}$  (pH > 8.0)



# ABSORCIÓN DEL FÓSFORO

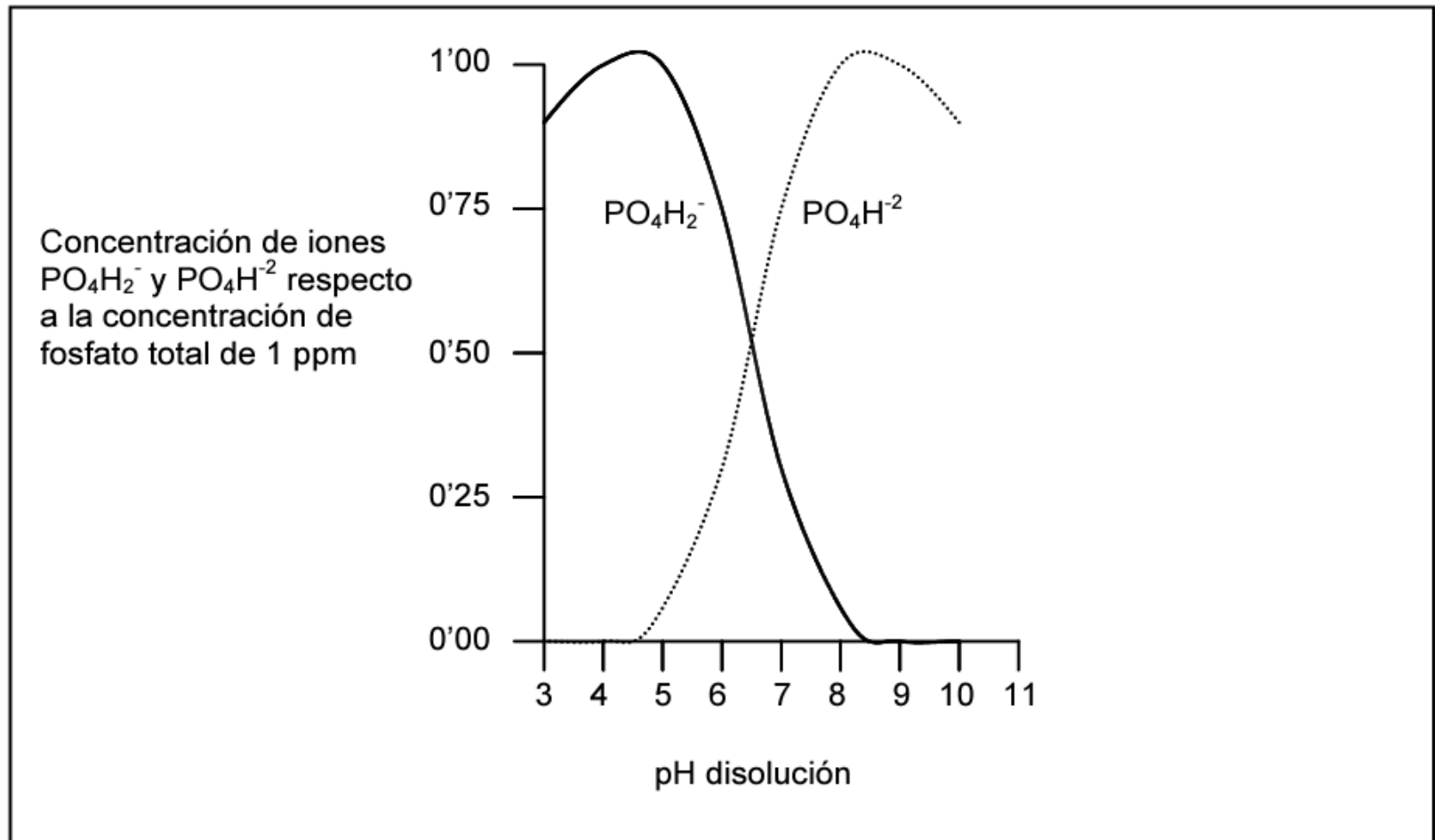
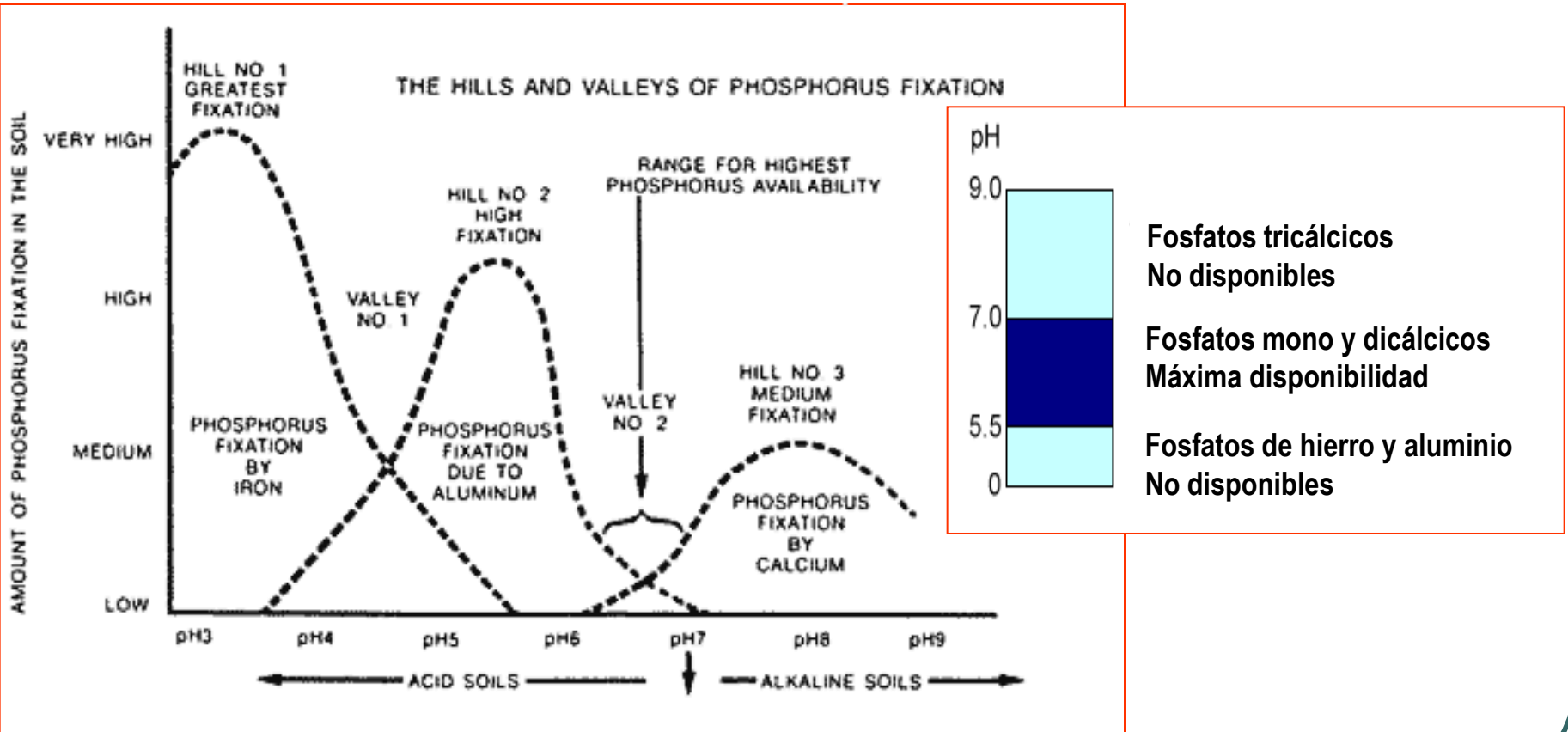
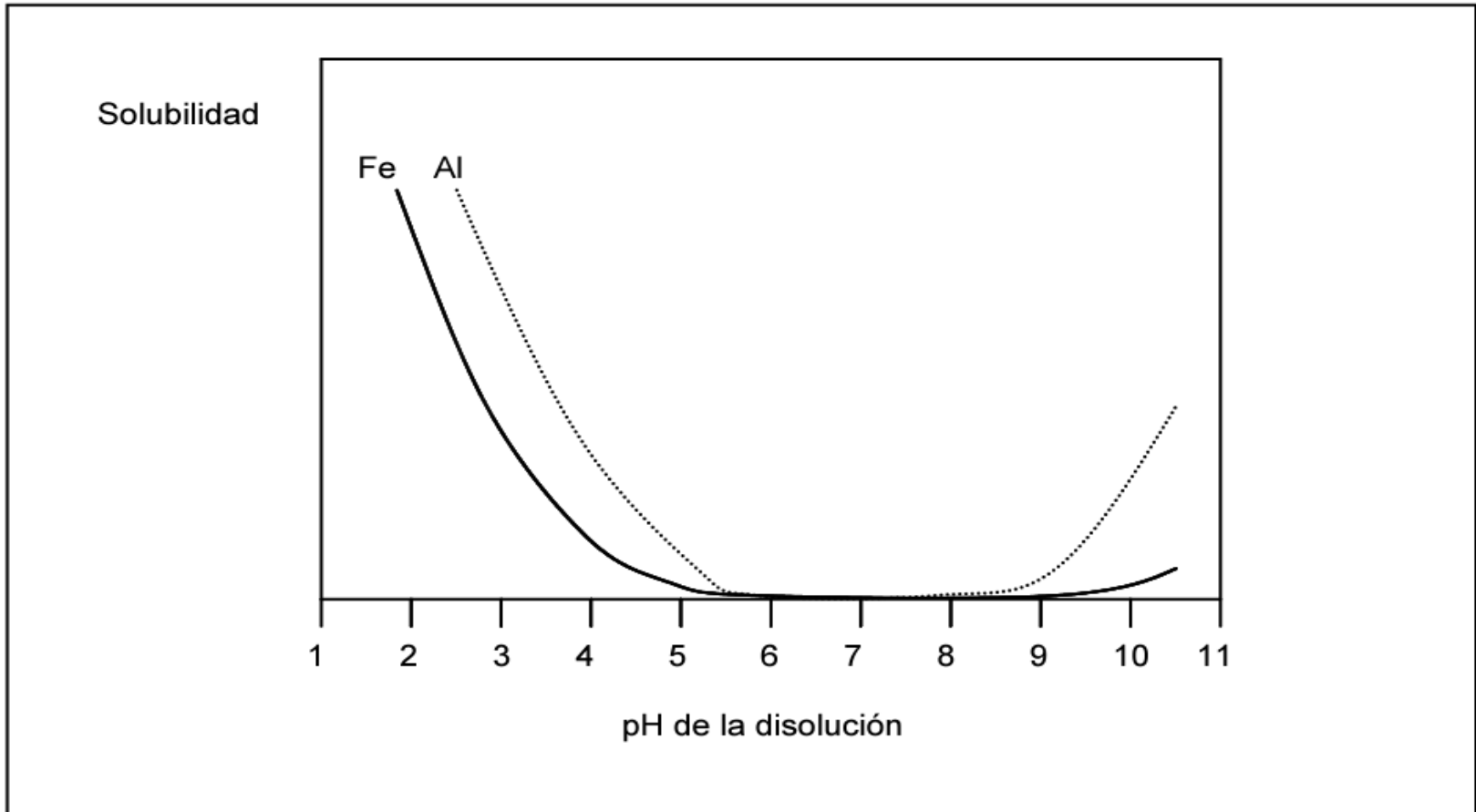


Figura 13.2. Concentración de iones  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$  y  $\text{PO}_4\text{H}^{-2}$  en disolución en relación con el pH.

# DISPONIBILIDAD DE P Y EL pH

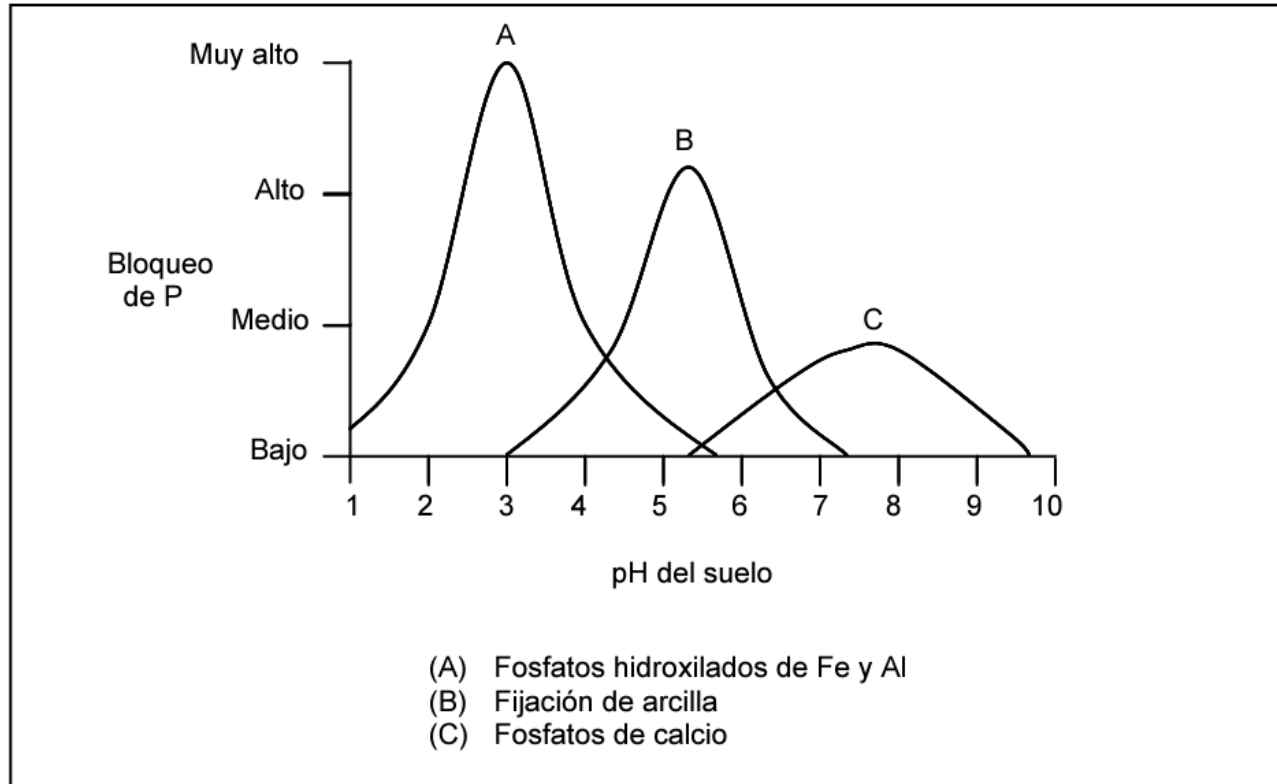


# ***DISPONIBILIDAD DE P Y EL pH***



**Figura 13.3.** Relación entre el pH y solubilidad de hierro y aluminio.

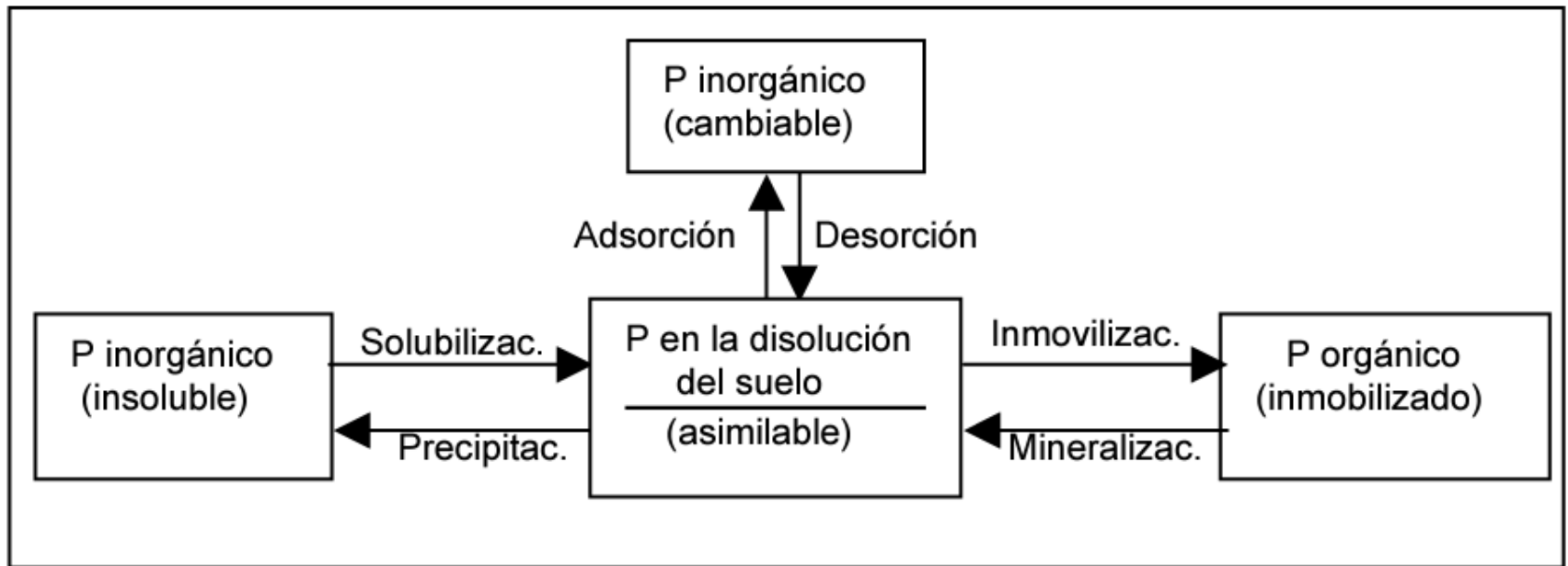
# ***DISPONIBILIDAD DE P Y EL pH***



**Figura 13.5.** Gráficas representativas mostrando la precipitación y fijación coloidal del fósforo inorgánico para varios valores de pH de suelos minerales medios.



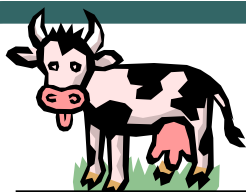
# ***DISPONIBILIDAD DE P Y EL pH***



**Figura 13.1.** Equilibrio de las distintas formas del fósforo en el suelo

# CICLO DEL P

Componente ganancia perdida



**Estiércol y residuos animales**

**Residuos vegetales**

**cosecha**

**fertilizantes**

**Erosión y escurrimiento**

**P orgánico**  
• Microbiano  
• Residuos vegetales  
• Humus

**Absorción vegetal**

**Minerales primarios (apatita)**

**Superficies minerales (arcilla, óxidos de Fe y Al)**

**P en solución**  
•  $\text{HPO}_4^{-2}$   
•  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$

**Compuestos secundarios (CaP, FeP, MnP, AlP)**

**Lixiviado (gralmente escaso)**

Immobilización  
Mineralización

Weathering

Adsorción

Desorción

Disolución

Precipitación

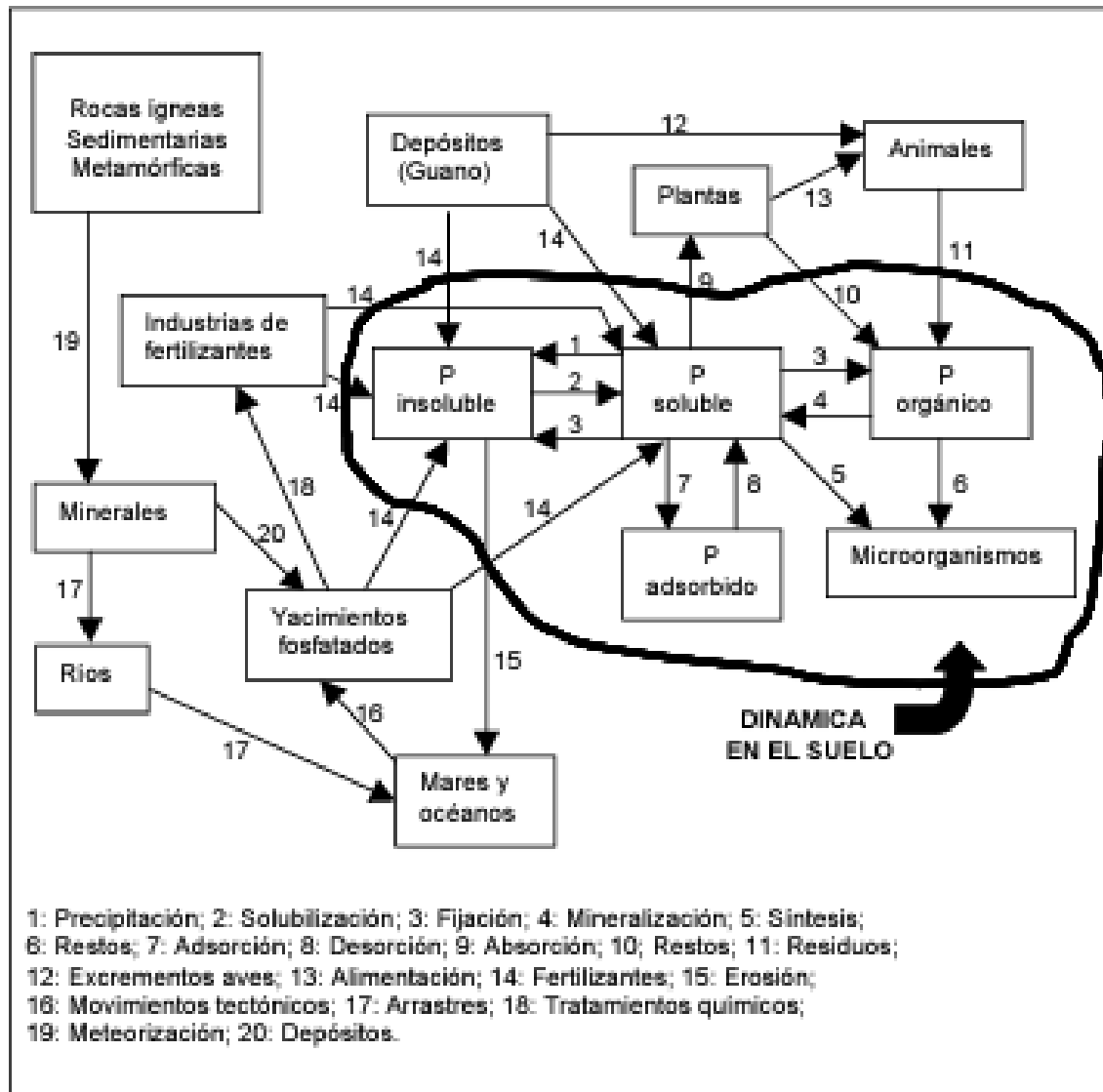
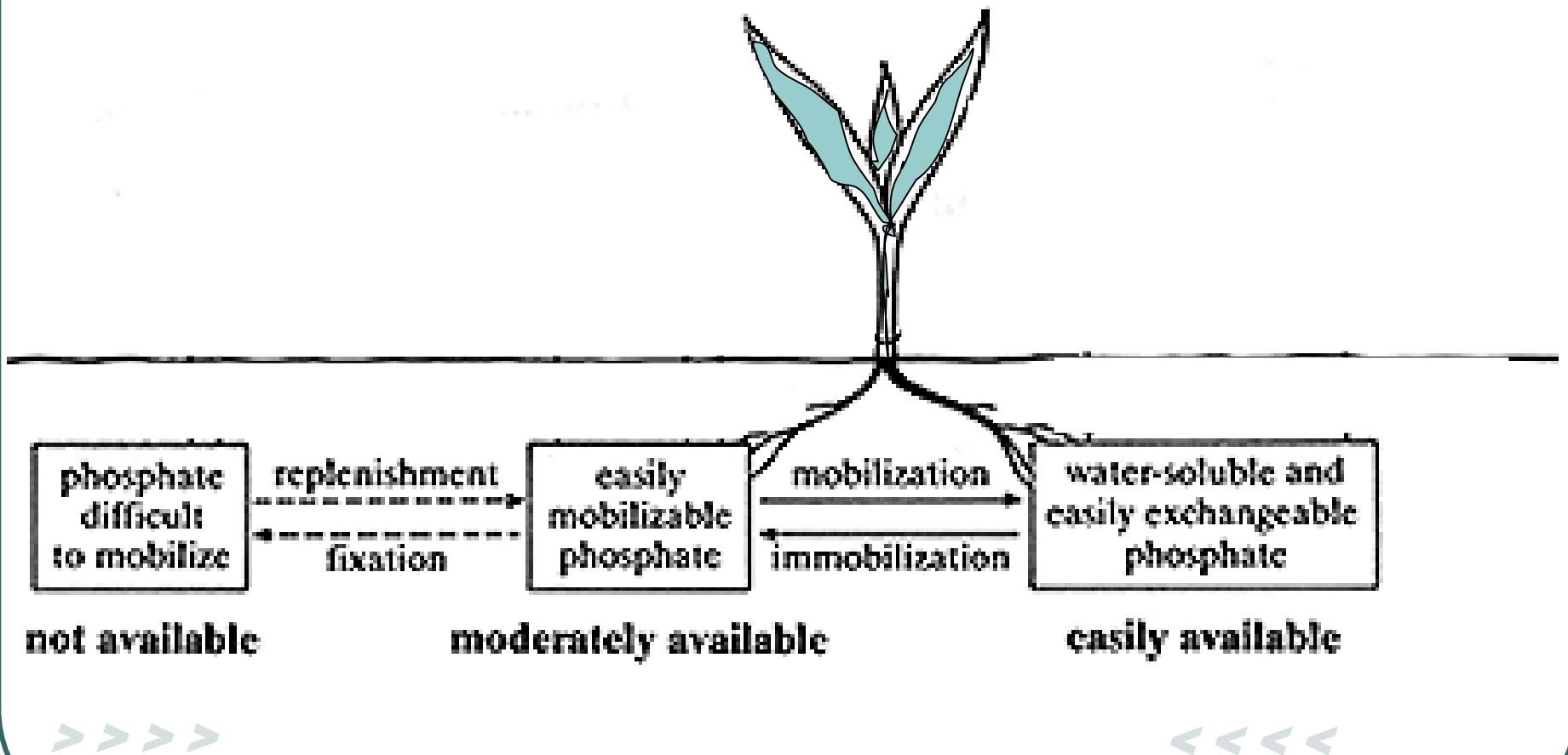


Figura 13.7. Ciclo del fósforo en la Naturaleza.

# ***DINAMICA DEL FOSFORO EN EL SUELO***



# ***COMPORTAMIENTO DEL FOSFORO***

---

- ❑ El fósforo, aunque en el riego por goteo es 5 a 10 veces más móvil que en el riego tradicional, sigue siendo poco móvil, no existiendo prácticamente pérdidas por lavado.
- ❑ La ligera acidez del bulbo, por el empleo de abonos de reacción ácida, facilita su absorción.

# ***COMPORTAMIENTO DEL FOSFORO***

---

- ❑ El aporte en el tiempo es indiferente, teniendo en cuenta que las mayores necesidades de la planta se producen en la floración y cuajado
- ❑ Hay que controlar las dosis de fósforo, ya que puede ocasionar ciertas incompatibilidades con ciertos microelementos como el zinc.

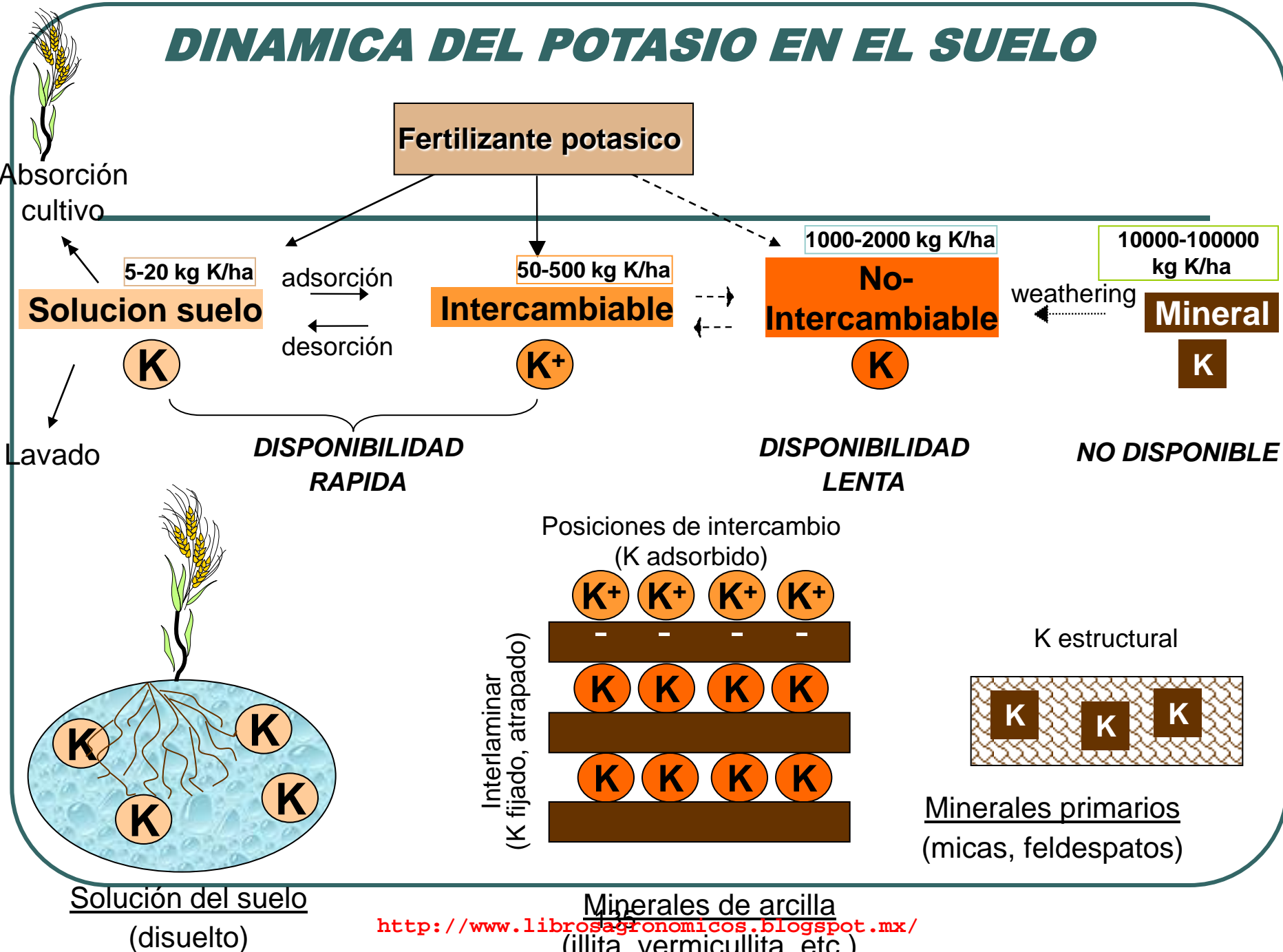
# POTASIO

---

- ❑ 1- 4 % del peso seco de la planta
- ❑ Funciones
  - ❑ Regulación de la presión osmótica
  - ❑ Regulación de > 60 sistemas enzimáticos
  - ❑ Colabora en la fotosíntesis
  - ❑ Promueve la translocación de fotosintatos
  - ❑ Regula la apertura de los estomas y el uso del agua
  - ❑ Promueve la absorción de N y la síntesis de proteínas
- ❑ Absorción: **catión potasio K<sup>+</sup>**
- ❑ Movilidad limitada en el suelo (adsorción)
- ❑ Puede lavarse en suelos arenosos



# DINAMICA DEL POTASIO EN EL SUELO



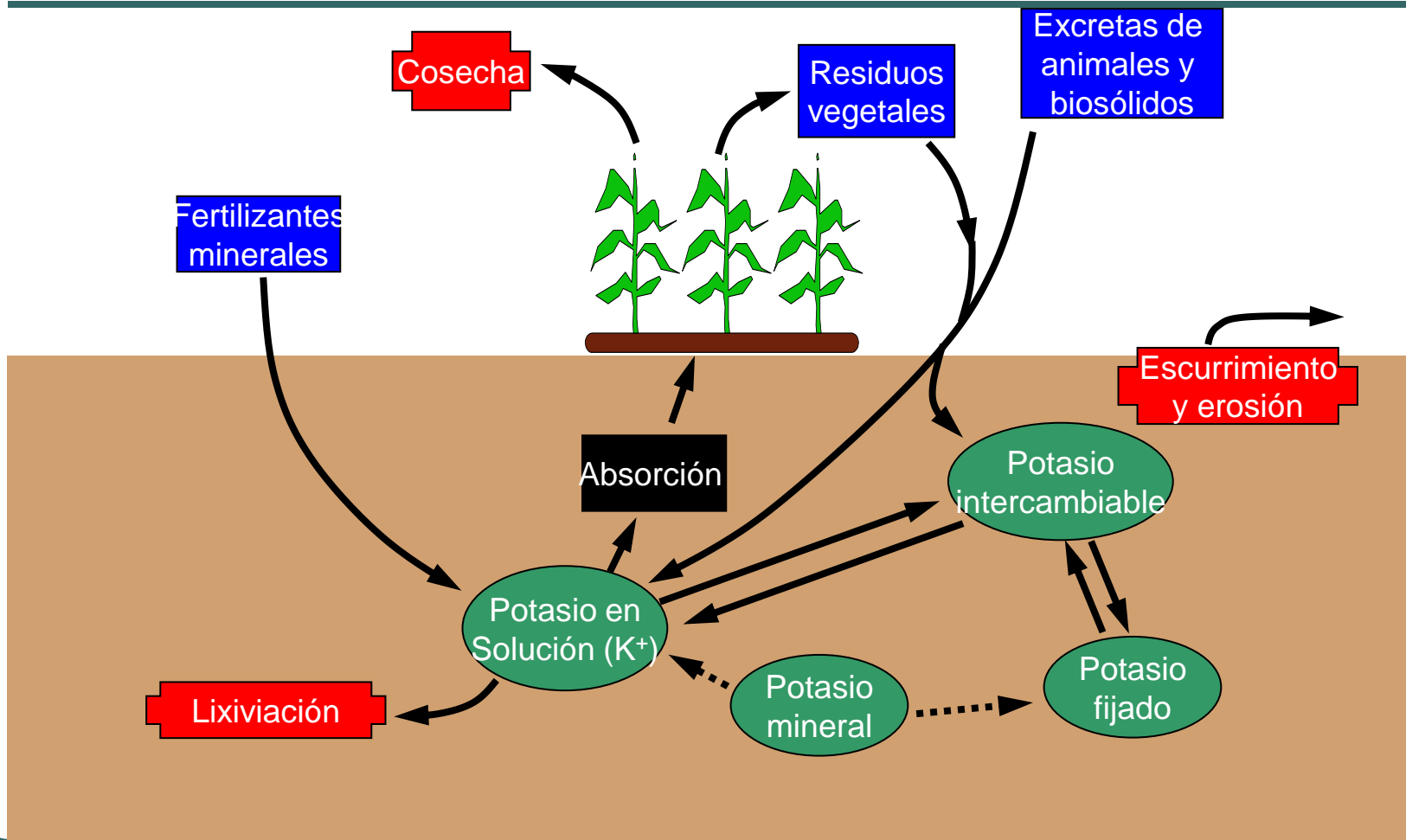
Minerales de arcilla  
(illita, vermicullita, etc.)

Solución del suelo  
(disuelto)



# COMPORTAMIENTO DEL POTASIO

Componente Ganancia Pérdida



# COMPORTAMIENTO DEL POTASIO

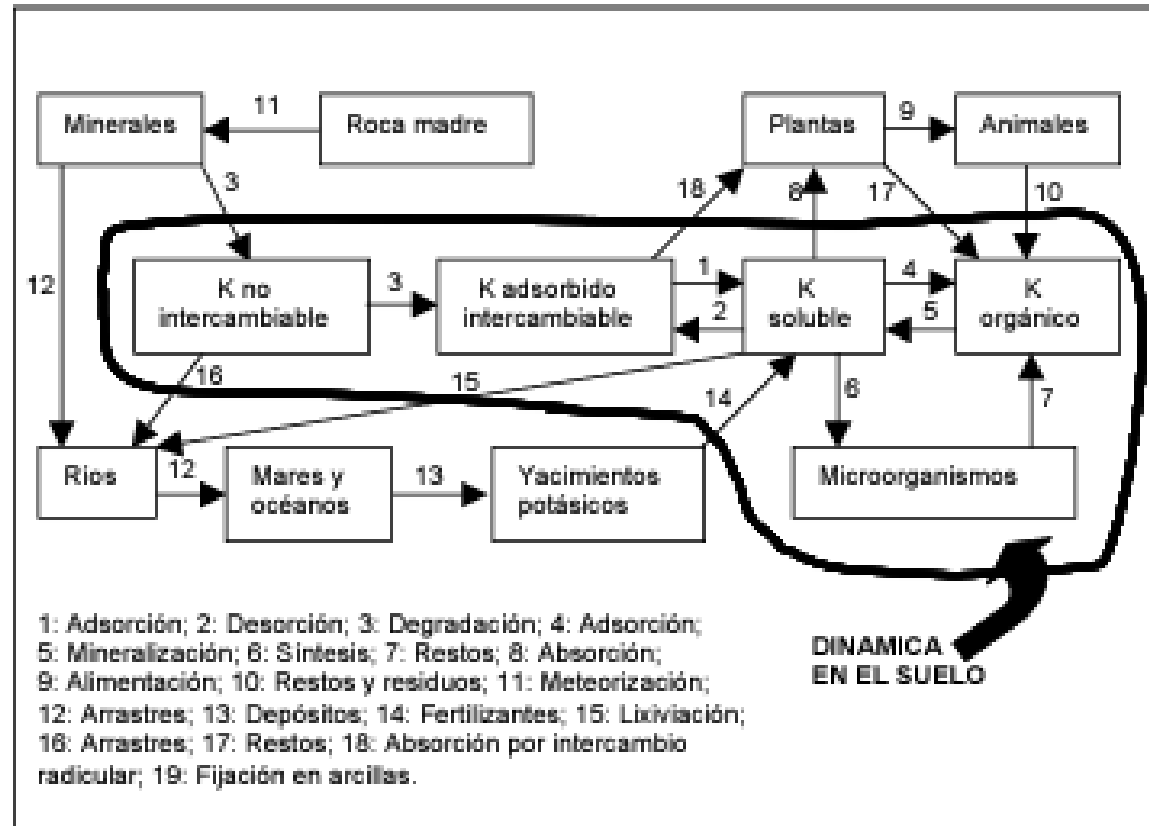
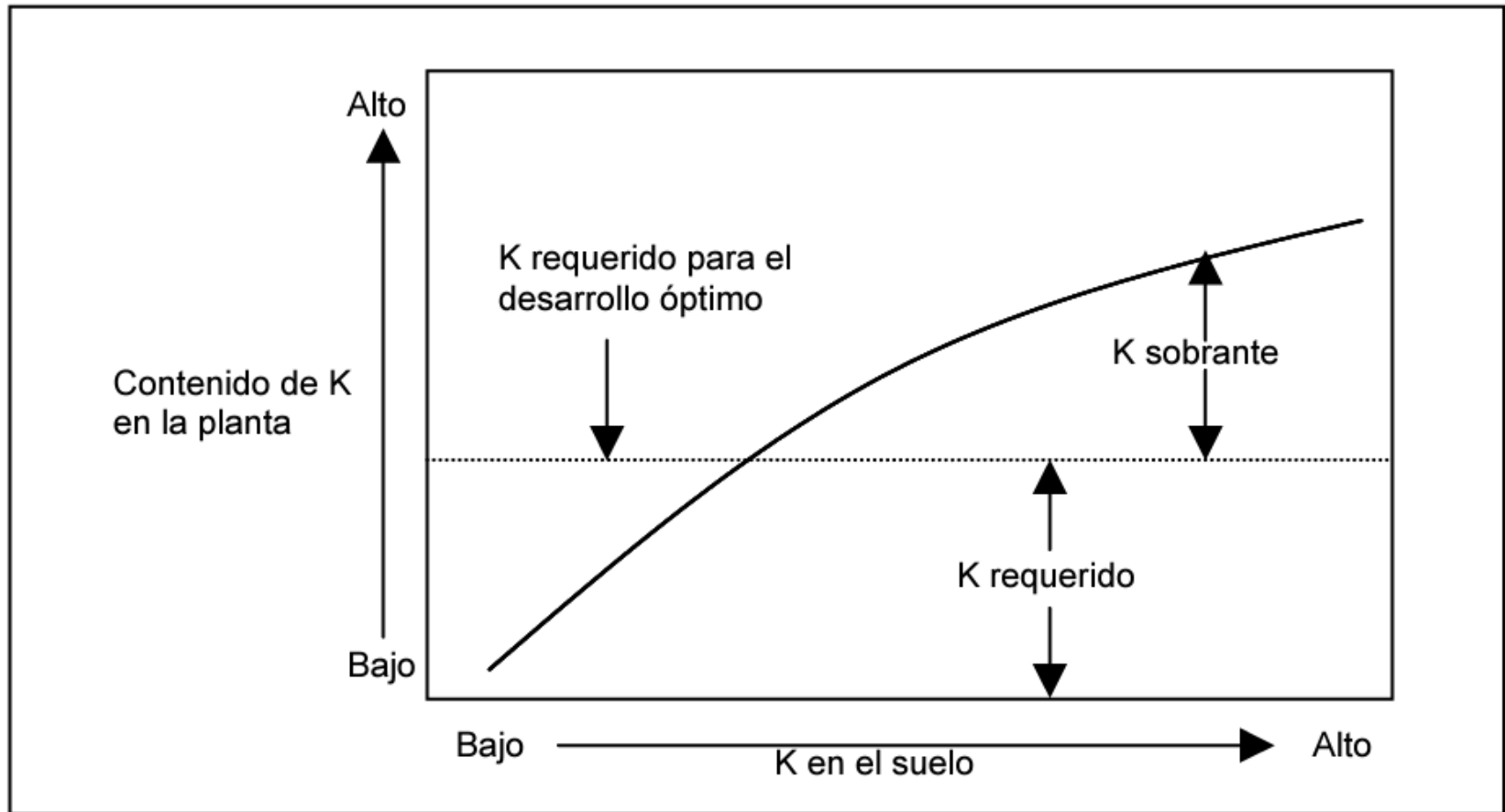


Figura 15.6. Ciclo del potasio en la Naturaleza.

# COMPORTAMIENTO DEL POTASIO



**Figura 15.5.** Relación general entre el potasio contenido por las plantas y la cantidad de potasio asimilable que se encuentra en el suelo.

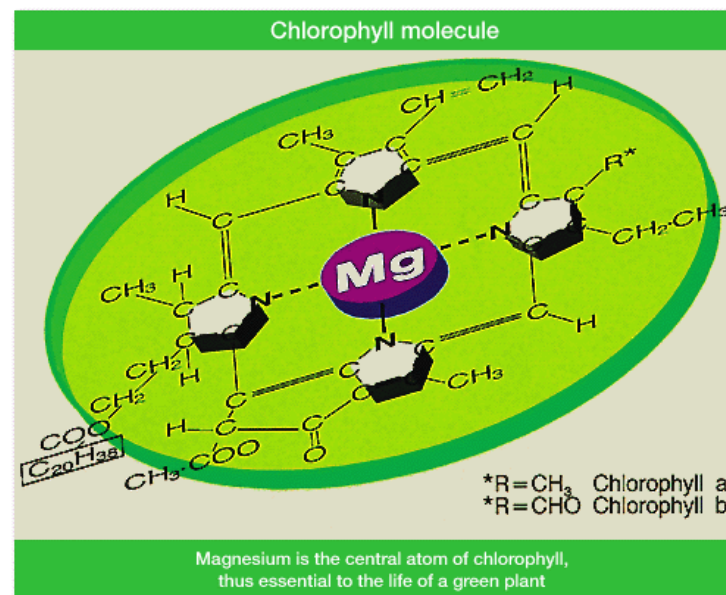
# ***COMPORTAMIENTO DEL POTASIO***

---

- ❑ Puede ocasionar deficiencias de Ca y Mg, si se encuentra en grandes cantidades, ya que estos nutrientes tienen características similares y el K compite con ellos en la absorción radicular.
- ❑ En cambio, si su nivel es bajo, repercute en la reducción del tamaño del fruto y del rendimiento, que además tiene peores cualidades organolépticas. No se debe olvidar tampoco la importancia del potasio en la regulación estomática, en los periodos de sequía y durante las heladas tardías de primavera.

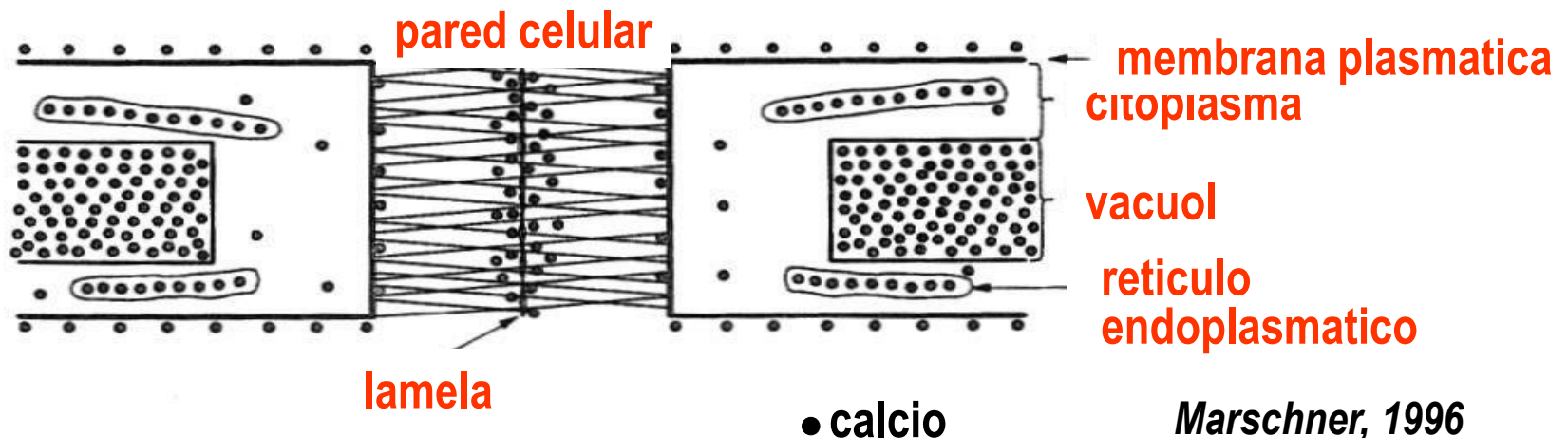
# NUTRIENTES SECUNDARIOS

- ❑ Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )
  - ❑ Paredes celulares y membranas
- ❑ Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )
  - ❑ Átomo central de la clorofila
  - ❑ Cofactor enzimático
- ❑ Azufre ( $\text{SO}_4^{--}$ )
  - ❑ Proteínas
  - ❑ Formación de clorofila



# Calcio

- Ca y la pared celular: combinado con la pectina, forma el pectato de calcio “pegamento” que mantiene las células juntas y mantiene las paredes de las células rígidas y firmes.
- Ca reduce el ablandamiento de frutos y su deterioro: un nivel adecuado de calcio en los tejidos inhibe la acción de enzimas (poligalacturonasas) que causan el “leakage” de la membrana y senescencia de los tejidos.



# Calcio

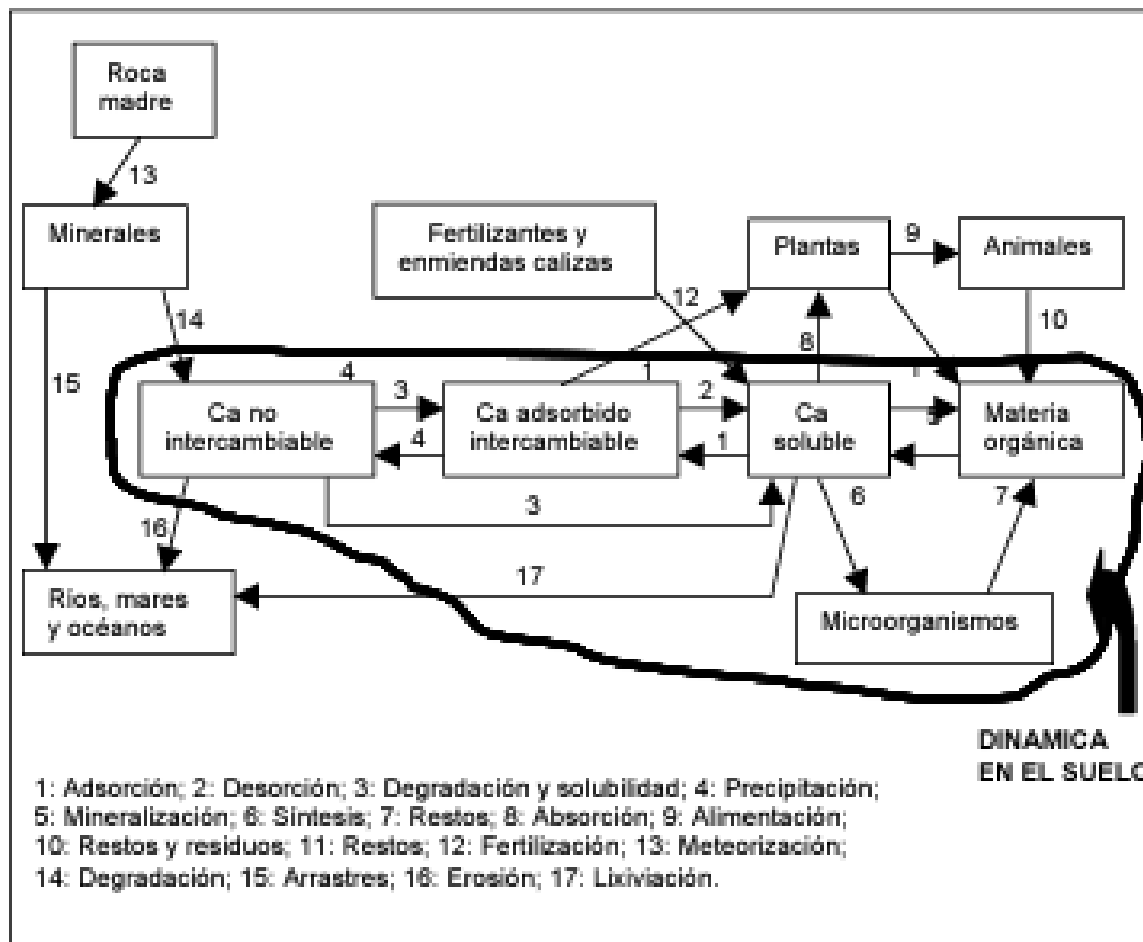
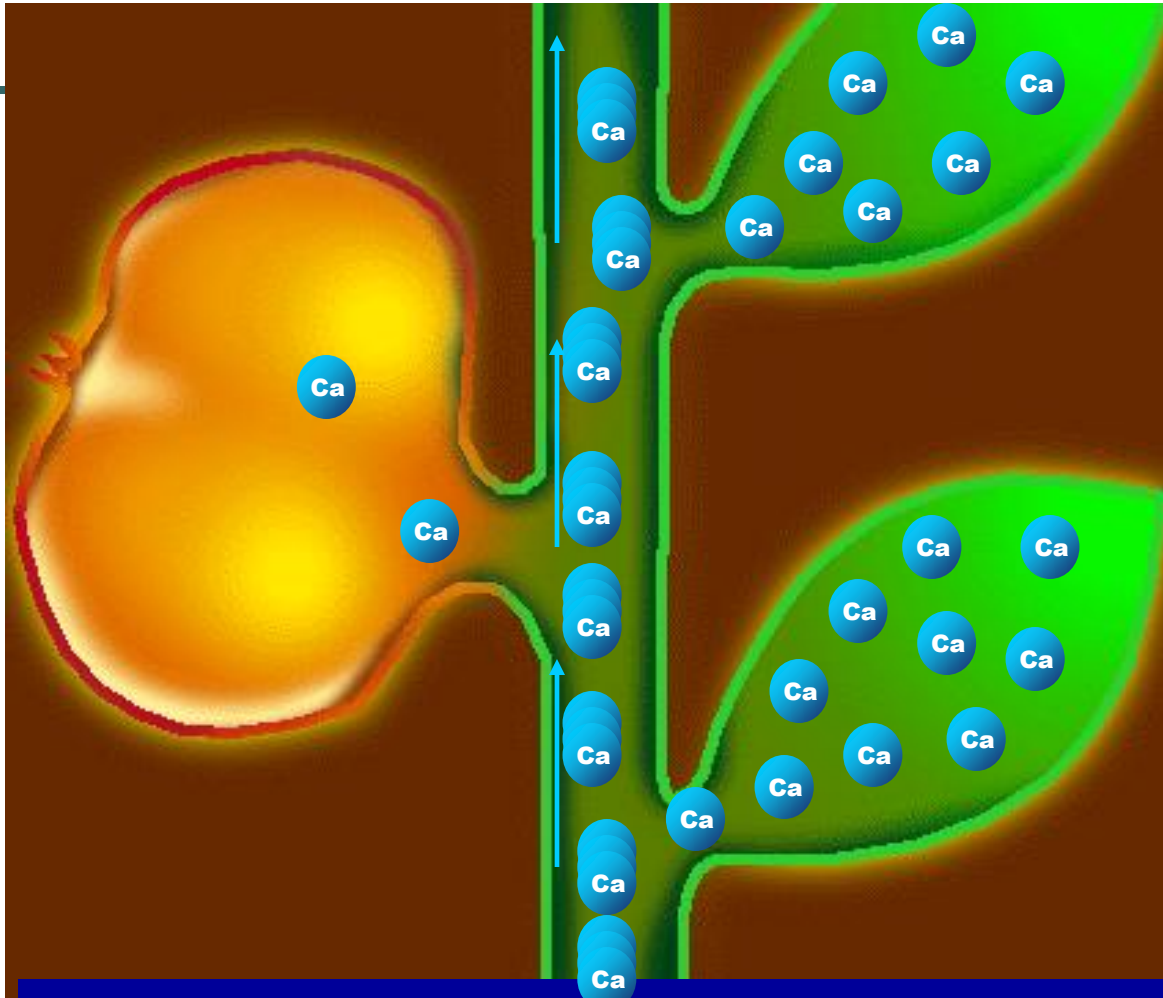


Figura 17.2. Ciclo del calcio en la naturaleza.

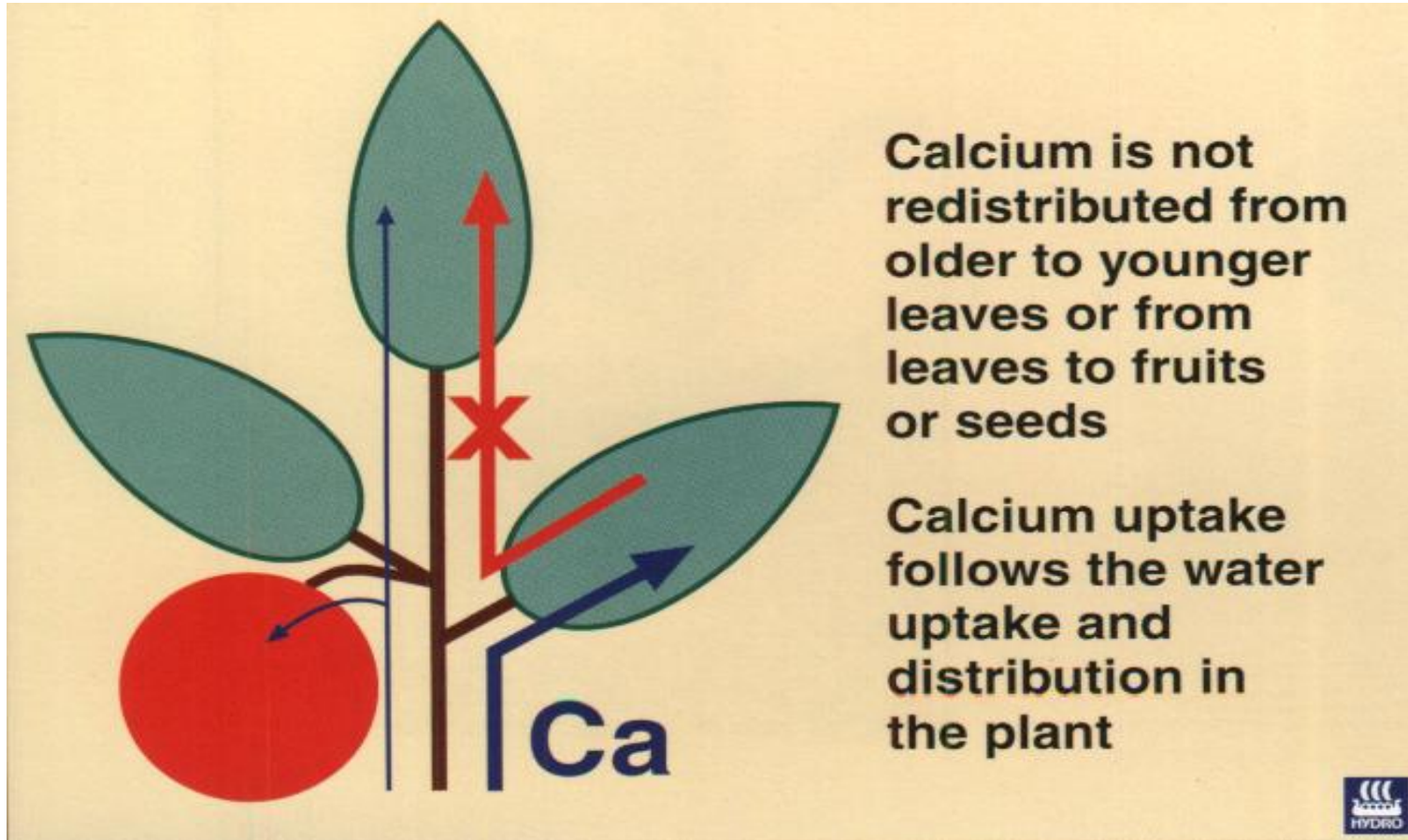
# Movimiento del Calcio en la planta



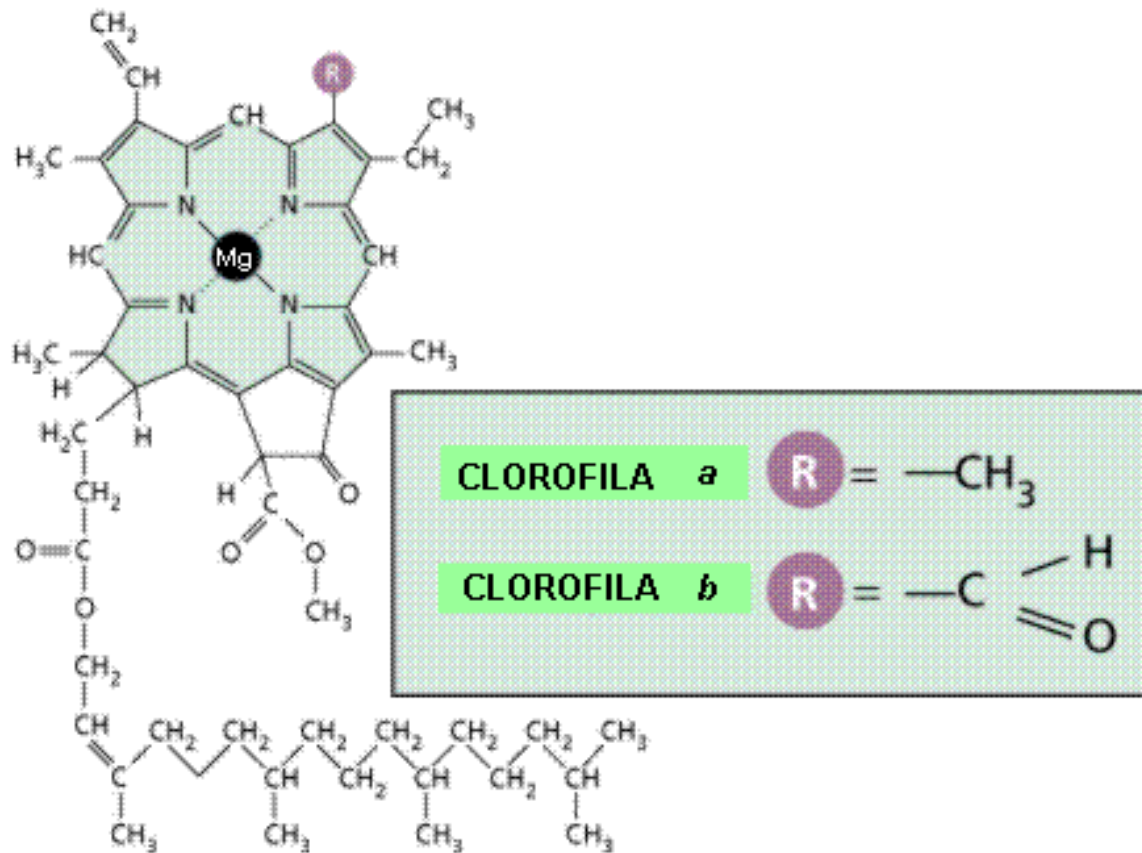
**El Calcio se mueve principalmente con el flujo de la transpiración**



# El Calcio se mueve principalmente a las hojas más maduras



# Magnesio



# Magnesio

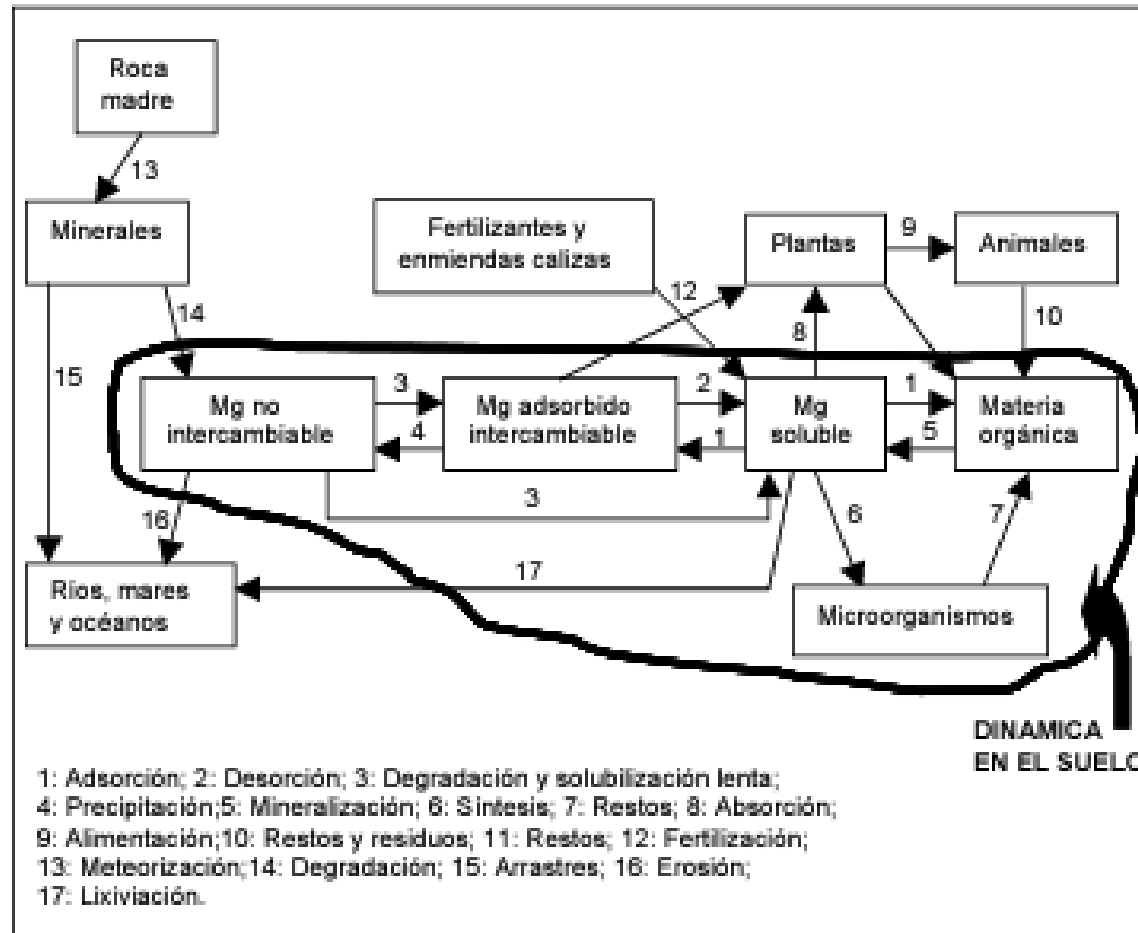


Figura 18.5. Ciclo del magnesio en la Naturaleza.

# Azufre

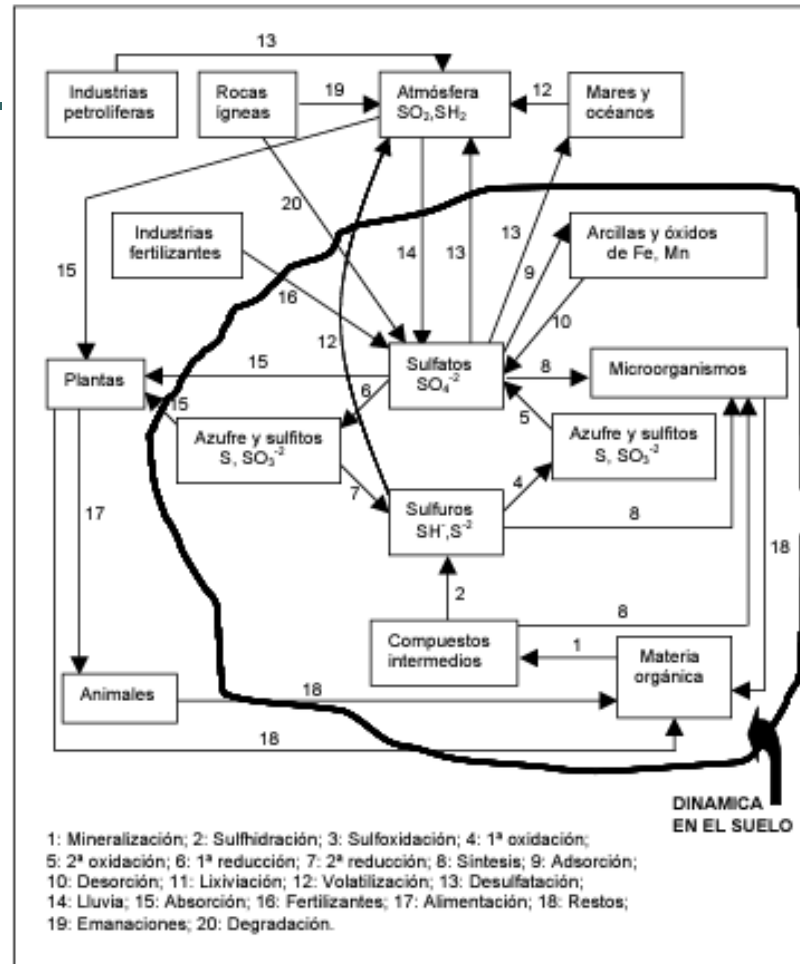


Figura 16.2 Ciclo del azufre en la Naturaleza.

# MICRONUTRIENTES

- ❑ Hierro ( $\text{Fe}^{++}$ )

- ❑ Síntesis de clorofila y de proteínas
- ❑ Factor coenzimático



- ❑ Manganese ( $\text{Mn}^{++}$ ), Cobre ( $\text{Cu}^{+++}$ ), Zinc ( $\text{Zn}^{++}$ )

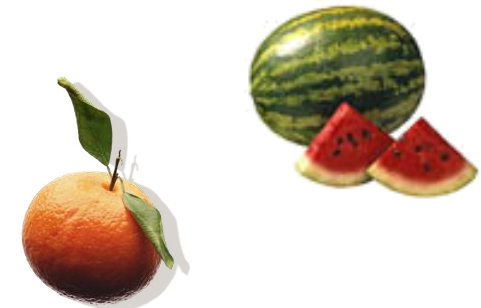
- ❑ Cofactor de enzimas

- ❑ Boro ( $\text{BO}_3^{---}$ )

- ❑ Traslocación de carbohidratos
- ❑ Germinación del polen

- ❑ Molibdeno ( $\text{MoO}_4^{--}$ )

- ❑ Constituyente de la nitrato reductasa



# **COMPORTAMIENTO DE LOS NUTRIENTES**

---

## □ Calcio

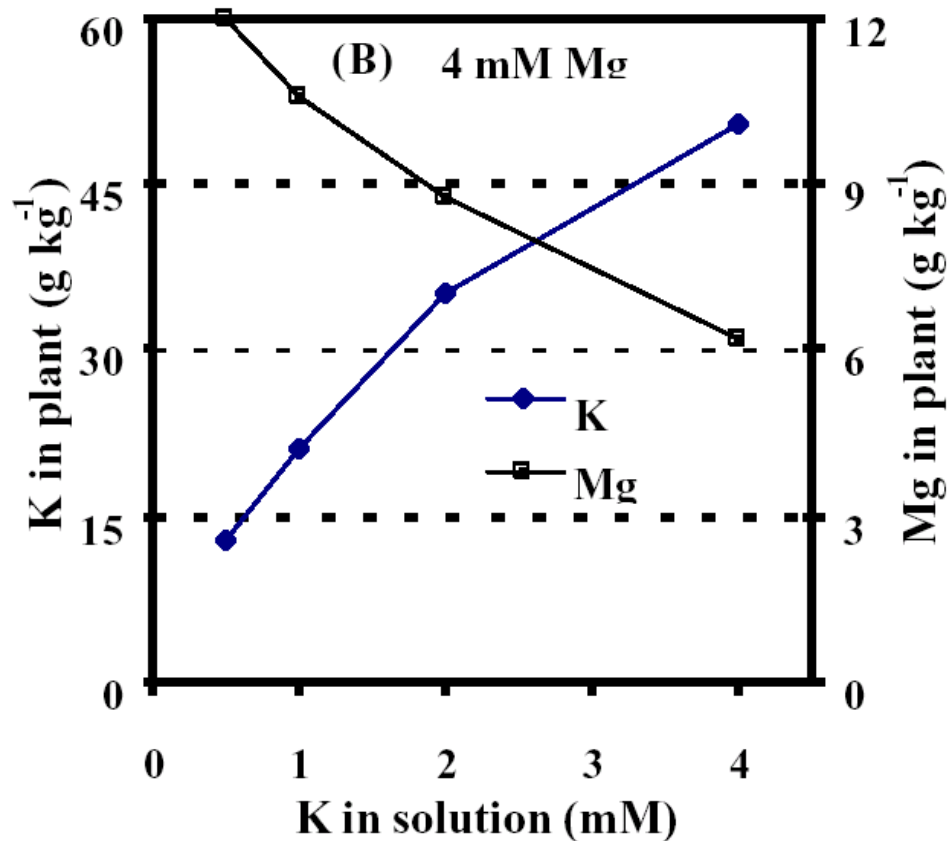
- Puede sufrir una reducida asimilación por parte de la planta, en presencia del potasio, así como en condiciones muy ácidas.
- En estas condiciones el poco calcio asimilado queda retenido en las hojas y los frutos sufren una grave deficiencia, que se manifiesta en una mala conservación (bitter-pit; rajado; podredumbres;etc.).
- Es necesario efectuar aportes específicos, tanto en el riego, como en pulverización, en aquellas situaciones donde se presentan estos riesgos.

## □ Microelementos

- Con el riego localizado, obligamos a la planta a vivir en un reducido volumen de suelo, que agota rápidamente la disponibilidad de micronutrientes, haciéndose imprescindible su aplicación por fertirrigación o por vía foliar.

# INTERACCION ENTRE NUTRIENTES

Antagonismo Mg x K (∞∞)



# ***INTERACCION ENTRE NUTRIENTES***

---

## **□ Sinergismo Ca x B**

- El boro mejora la capacidad de la planta para usar el calcio.
- Si el nivel de boro en planta es bajo, la planta no podrá utilizar completamente el calcio y por lo tanto aplicaciones adicionales de calcio estarán desperdiciadas.



# INTERACCION ENTRE NUTRIENTES

## Antagonismo P x Zn

- El exceso de P impide la absorción y la capacidad de la planta de absorber Zn.
- La deficiencia de Zn puede inducirse también en suelos fríos o con escasa luminosidad, requiriéndose por lo tanto aplicaciones adicionales de zinc.

## Antagonismo Ca x Fe

[Ver presentación de David R. López Ch.](#)

Tratamiento	Fotosíntesis Neta	Respiración
Alto Fe	34	360
Alto Fe + CO <sub>3</sub> Ca	30	416
Bajo Fe	25	520
Bajo Fe + CO <sub>3</sub> Ca	20	544
Sin Fe	6	520
Sin Fe + CO <sub>3</sub> Ca	3	544

# ***El fertirriego permite un alto control del pH de la rizósfera***

---

**Control de la relación amonio/nitrato**

**Uso de ácidos para limpiar tuberías y goteros**



**Control del pH de la rizósfera**

# ***pH Y NUTRICION $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$***

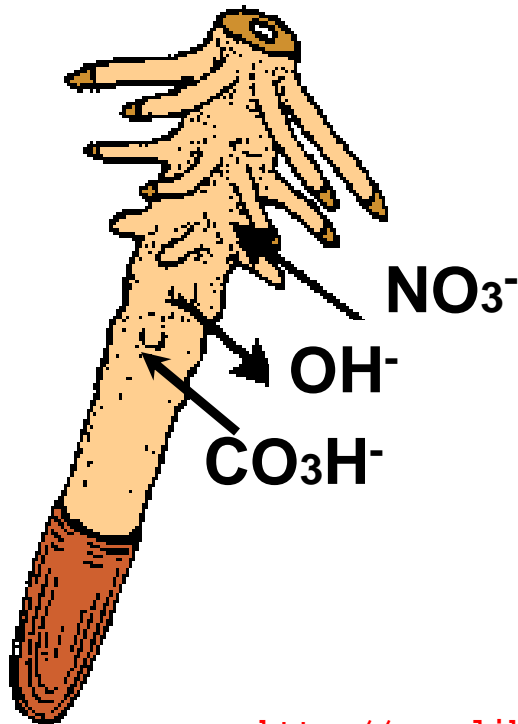
**LA PLANTA ABSORBE: CATIONES + y ANIONES -**

**ELECTRONEUTRALIDAD:  $\sum$  CATIONES =  $\sum$  ANIONES**

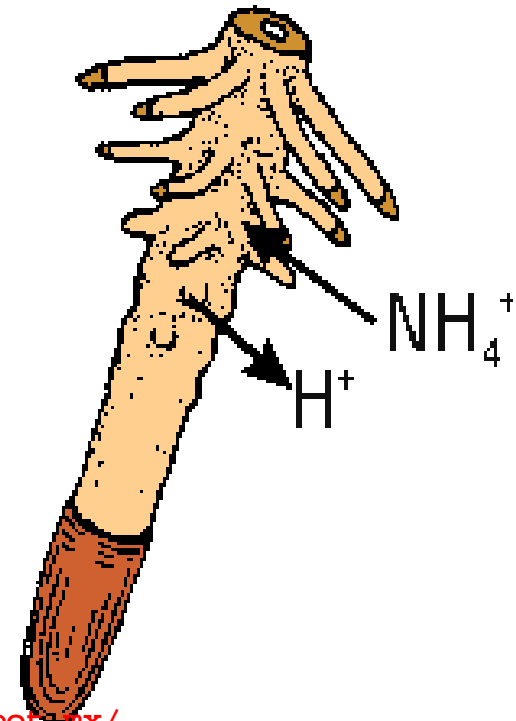
**$\text{NO}_3^-$**       nutrición  
                  anionica       **$A > C$**        **$\text{OH}^-$  out**      **pH  $\uparrow$**

**$\text{NH}_4^+$**       nutrición  
                  cationica       **$C > A$**        **$\text{H}^+$  out**      **pH  $\downarrow$**

**Alcalinización de la rizósfera provocada por la absorción de bicarbonato y/o nitrato**



**Acidificación de la rizósfera provocada por la absorción de amonio**

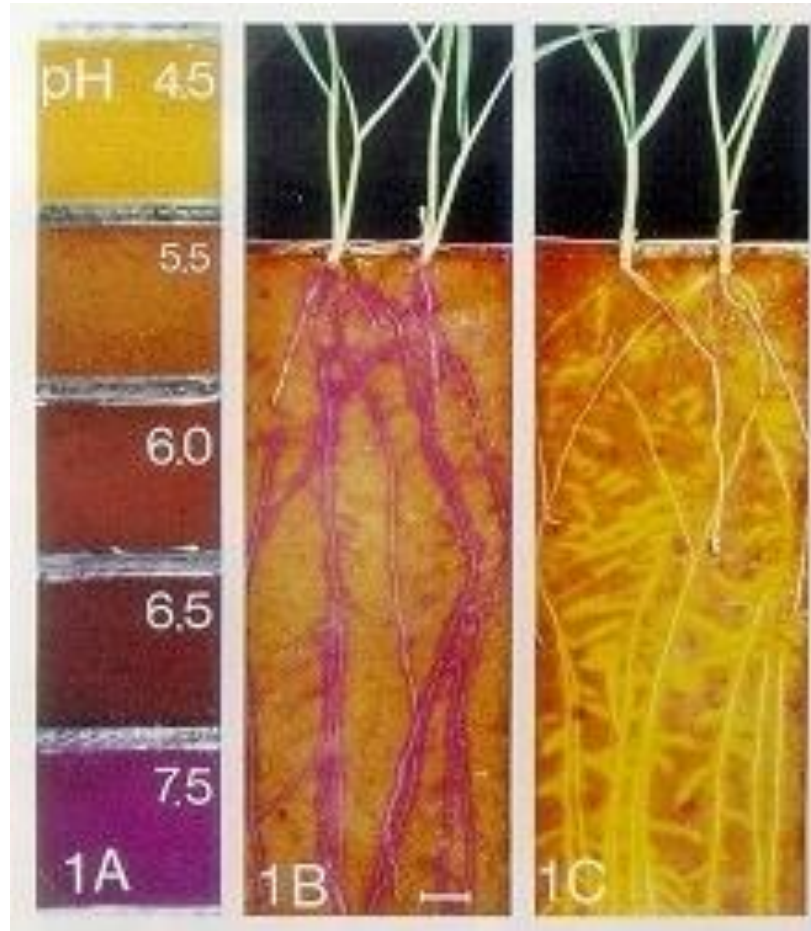


# $NO_3^-$ vs. $NH_4^+$

pH Inicial: 6.2

*Rizosfera de trigo,  
2 semanas  
después de la  
aplicación de 200  
kg N/ha*

*(Raíces en agar  
con indicador  
bromocresol  
púrpura)*



**Römheld, 1986**

$Ca(NO_3)_2$  :  $(NH_4)_2SO_4$  :

156

<http://www.librosagronomicos.blogspot.mx/>

pH 7.5

pH 4.5

# NUTRICION $\text{NO}_3^-$ vs. $\text{NH}_4^+$

Deficiencia Ca,  
Mg, K

Desajuste  
osmotico

Inhibición del  
crecimiento



Toxicidad  
 $\text{NH}_3$  libre

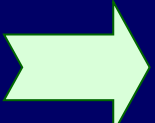
Toxicidad  
Al, Mn



**100 %  $\text{NO}_3^-$  ?**

**pH > 7.5 !!**

- ◆ Precipitación de carbonatos Ca y Mg
- ◆ Menor disponibilidad de P, Zn, Fe



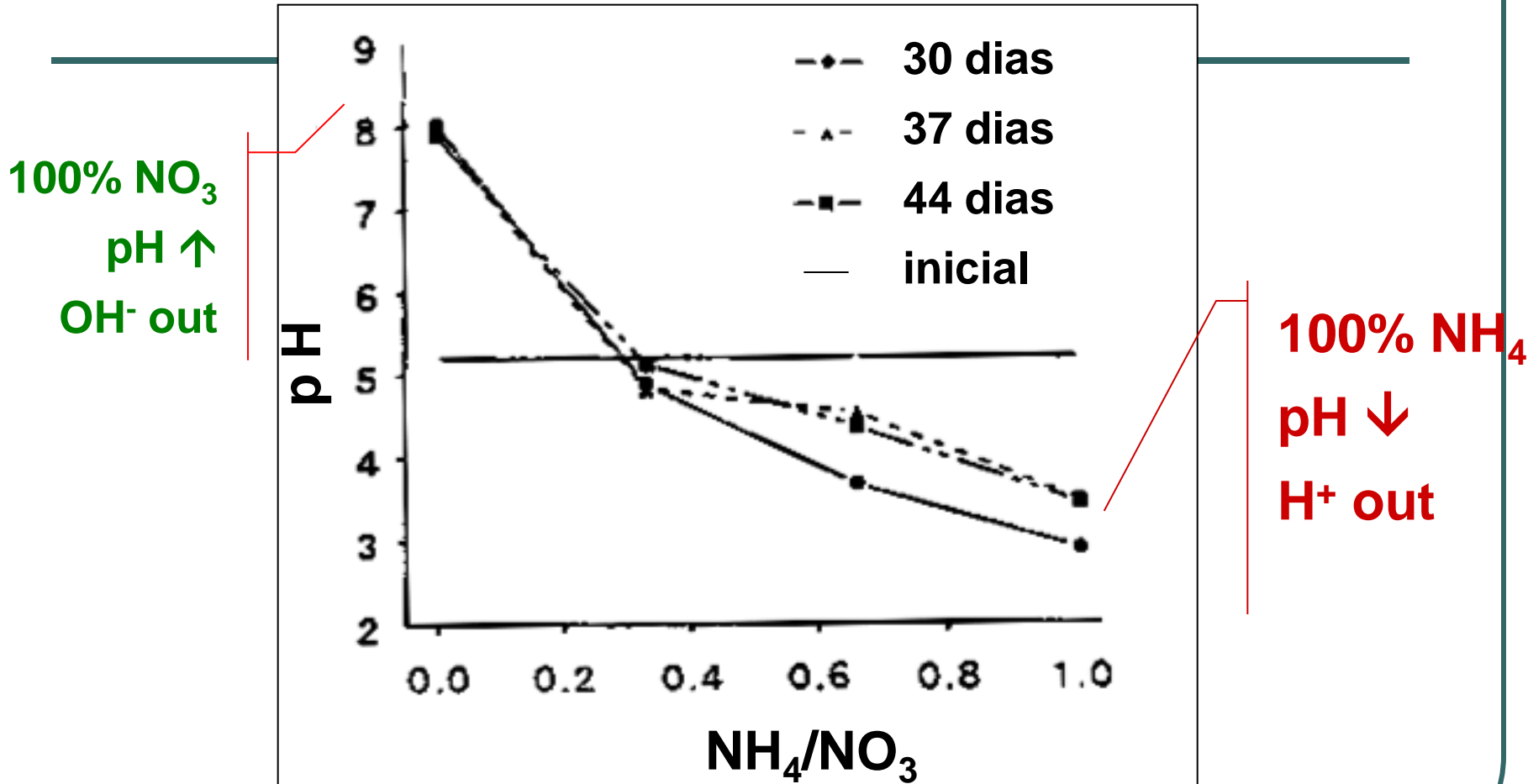
**$\text{NH}_4^+$  /  $\text{NO}_3^-$  0.1 - 0.2**  
<http://www.librosagronomicos.blogspot.mx/>



**pH  
6-6.5**

# $NO_3^-$ vs. $NH_4^+$

## TOMATE EN SOLUCION NUTRITIVA



pH de la solución nutritiva

6-11 horas de absorción -  $[NH_4+NO_3] = 7$  mM

Imas et al., 1997

# **$NO_3^-$ vs. $NH_4^+$** **EN SOLUCION NUTRITIVA**

---

- ❑ **Metabolismo del N en la planta:**
- ❑ El amonio y el nitrato son convertidos en aminoácidos en la planta:
  - ❑ El  $NH_4$  es metabolizado en la **raíz** donde se debe encontrar con el azúcar que proviene de las hojas.
  - ❑ El  $NO_3$  es transportado en su forma iónica a la **hoja**, donde es reducido a amonio.
- ❑ Los azúcares son requeridos simultáneamente en grandes cantidades para 2 reacciones: ① respiración y ② metabolismo del amonio.
- ❑ Cuando la temperatura aumenta, la respiración también aumenta → menos azúcares disponibles en la raíz para el metabolismo del amonio. La baja luminosidad con menor fotosíntesis resulta en menos C disponible.

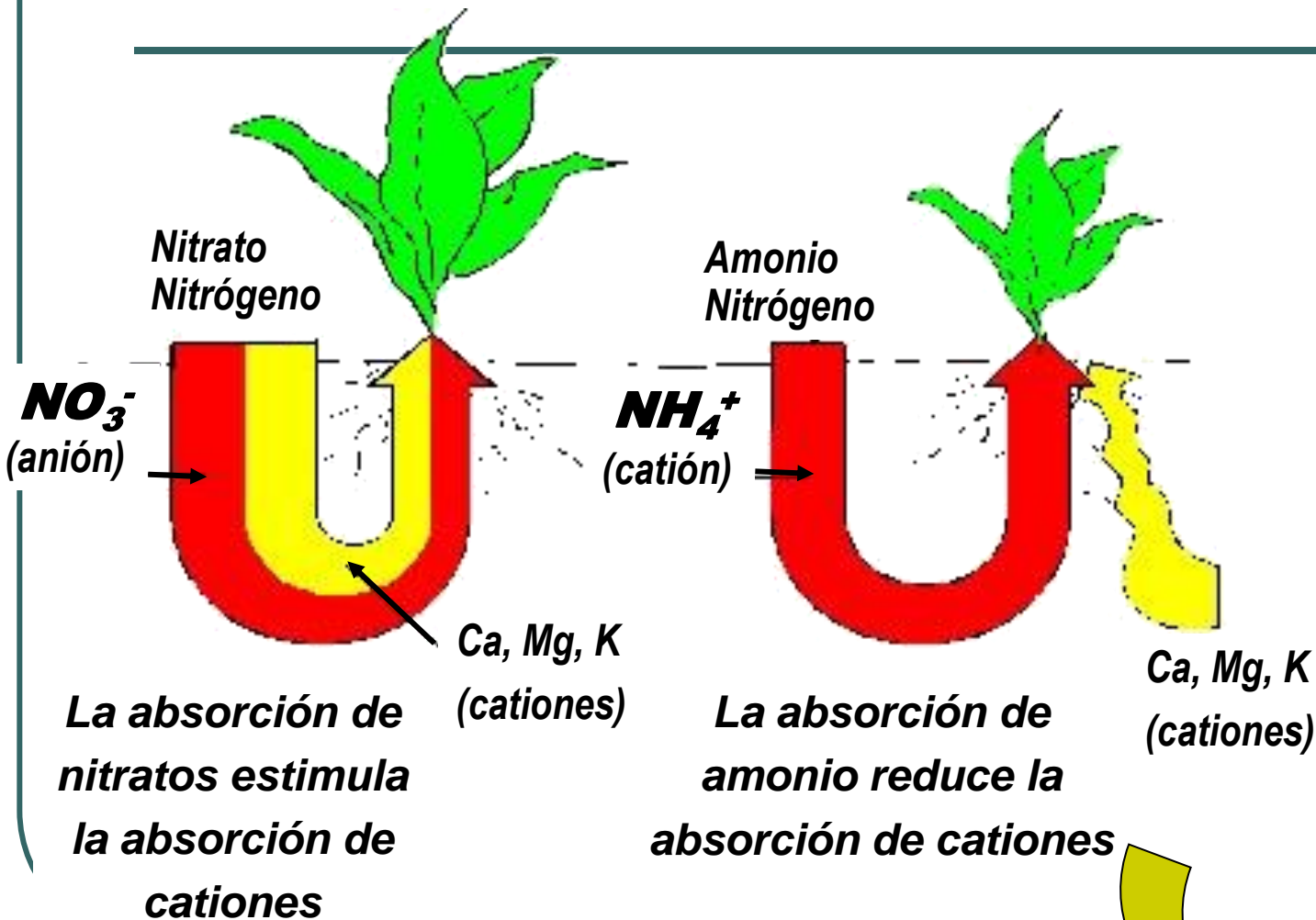


# ***NO<sub>3</sub><sup>-</sup> vs. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>*** ***EN SOLUCION NUTRITIVA***

---

- ❑ En el citoplasma, el pH es mayor que 7, lo que instantáneamente transforma en forma parcial al NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en amoníaco (NH<sub>3</sub>), el cual es muy tóxico para el sistema respiratorio de la célula.
  
- ❑ En el **verano**, se debe evitar el uso de amonio. Esto es crítico especialmente en sistemas hidropónicos en invernaderos cuando los recipientes con las raíces están expuestas al sol y a altas temperaturas internas.

# NUTRICION $NO_3^-$ vs. $NH_4^+$



**Blossom End Rot (BER) en tomate causado por bajos niveles de Ca**

# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***

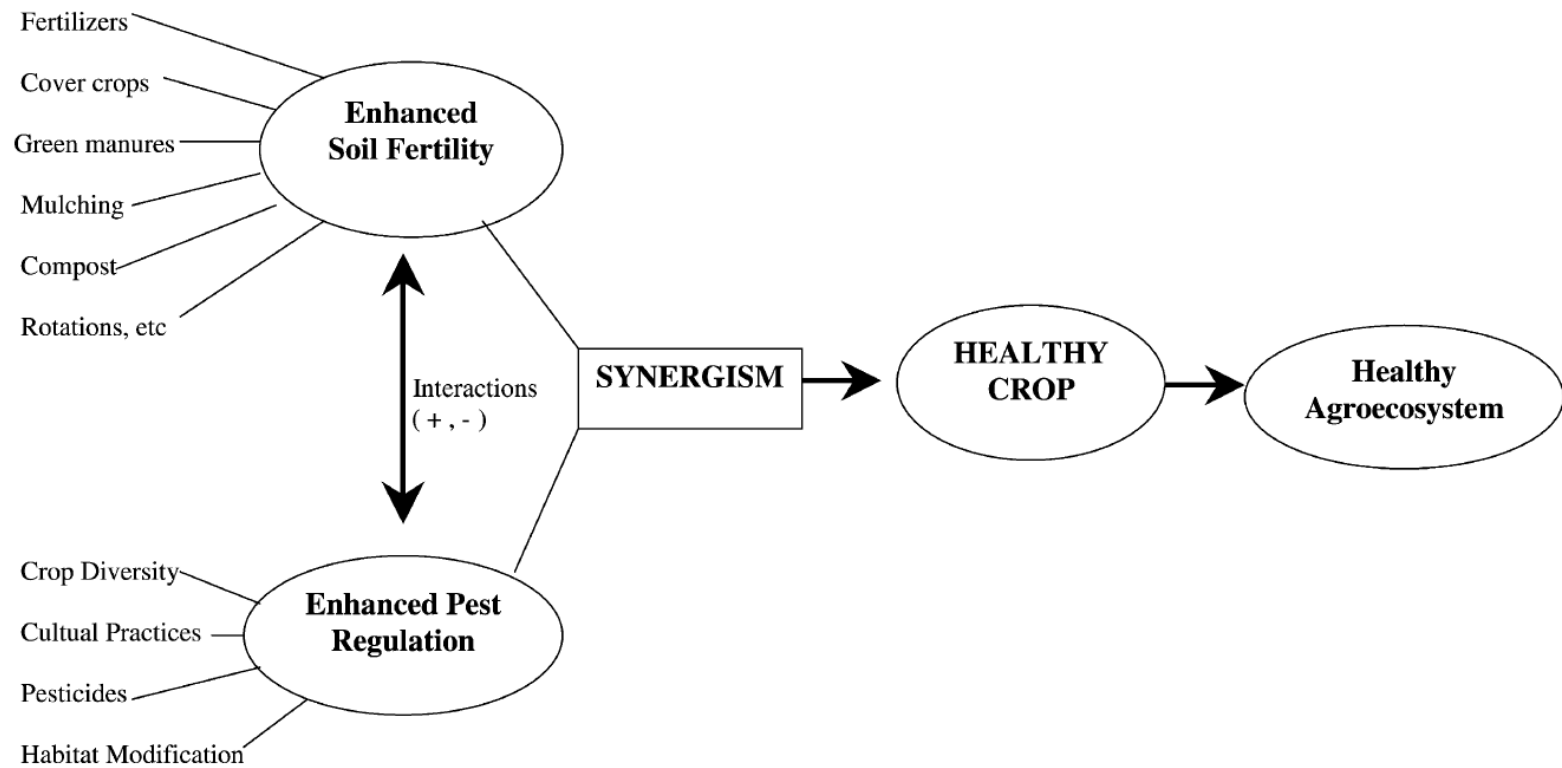


Fig. 1. The potential synergism between soil fertility management and IPM.

# Nutrición mineral, plagas y enfermedades

Table 1  
Summary of effects of inorganic fertilizers on mite abundance from selected studies (Luna, 1988)

Nutrients	Mite species	Crop	Numerical response of insect <sup>a</sup>
N	<i>Panonychus ulmi</i>	Apple	+
N	<i>Tetranychus telarius</i>	Apple	+
N	<i>T. telarius</i>	Beans	+
N, P, K	<i>Two-spotted spider mite</i>	Beans/peaches	+
N	<i>T. telarius</i>	Tomato	–
N, P	<i>T. telarius</i>	Apples	+/-
N, K	<i>Bryobia praetiosa</i>	Beans	+/-
N, Ca	<i>Heliothrips haemorrhoidalis</i>	Beans	+/-

<sup>a</sup> Symbols: (+) increase in density with increasing rates of fertilizer element; (–) decrease in density with increasing rates of fertilizer element. Slash separates the effects of fertilizer elements listed in nutrients column.

# Nutrición mineral, plagas y enfermedades

Table 2

Summary of effects of inorganic fertilizers on aphid abundance from selected studies (Luna, 1988)

Nutrients	Insect species	Crop	Numerical response of insect <sup>a</sup>
N, P, K	<i>M. persicae</i>	Tobacco	+/∧/+
N	<i>Schizaphis graminum</i> (greenbug)	Oats/rye	–
N, lime	<i>S. graminum</i>	Oats	–
N	<i>R. maidis</i>	Sorghum	+
N, K, Ca	<i>M. persicae</i>	Brussels sprouts	+/∨/–
N, P	<i>Therioaphis maculate</i> (spotted alfalfa aphid)	Alfalfa	–/+

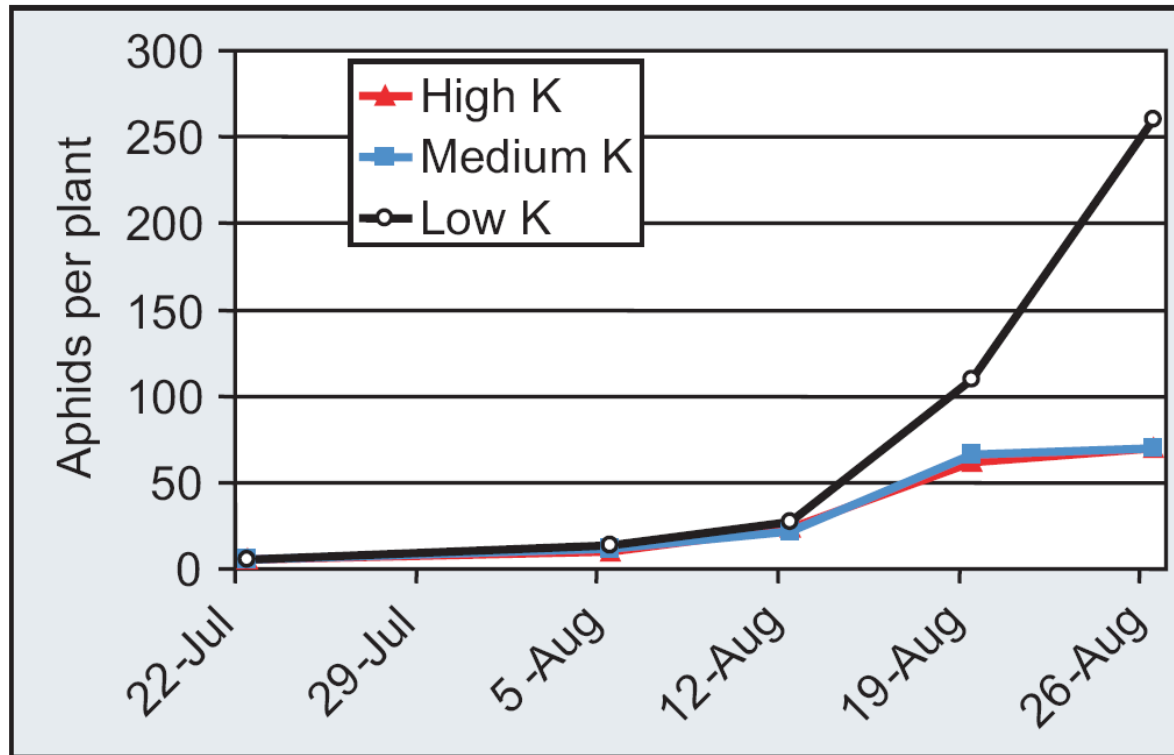
<sup>a</sup> Symbols: (+) increase in density with increasing rates of fertilizer element, (∧) highest density occurred at intermediate rates of fertilizer element; (–) decrease in density with increasing rates of fertilizer element; (∨) lowest density occurred at intermediate rates of fertilizer element. Slash separates the effects of fertilizer elements listed in nutrients column.

# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***

Table 3  
Response of herbivores to increased soil nitrogen levels on *Brassica* host plants (Letourneau, 1988)

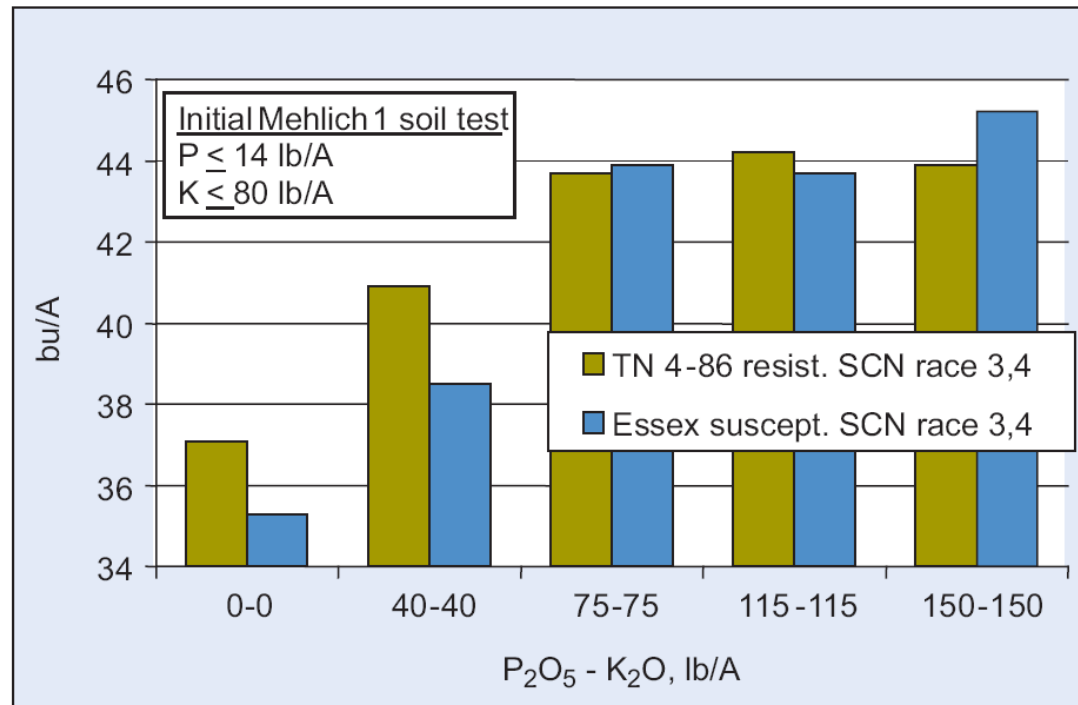
Host plant	Herbivore species	Factor	Response
Brussels sprouts	<i>M. persicae</i>	No. of progeny	Increase
Brussels sprouts	<i>B. brassicae</i>	No. of progeny	Small increase, dependent on factors such as K
Rape	<i>Artogeia rapae</i>	Oviposition frequency	Increase
Kale and cabbage	<i>A. rapae</i>	Oviposition frequency	Increase
Kale	<i>A. rapae</i>	Oviposition frequency	Increase
Cabbage	<i>A. rapae</i>	Growth rate	Increase
Cabbage	<i>A. rapae</i>	Growth rate ultimate size	Increase
Cabbage	<i>Plutella xylostella</i>	Feeding preference	Increase

# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***



**Figure 1.** Soybean aphid populations at three K fertility levels in 2004 (Myers and Gratton, 2006).

# Nutrición mineral, plagas y enfermedades



**Figure 2.** Phosphorus and K increase 6-year average no-till soybean yields of two varieties (Howard et al., 1998).



# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***

---

Soil fertility management can have several effects on plant quality, which in turn, can affect insect abundance and subsequent levels of herbivore damage. The reallocation of mineral amendments in crop plants can influence oviposition, growth rates, survival and reproduction in the insects that use these hosts (Jones, 1976). Although more research is needed, preliminary evidence suggests that fertilization practices can influence the relative resistance of agricultural crops to insect pests. Increased soluble N levels in plant tissue following N fertilization, was found to generally decrease pest resistance, although this is not a universal phenomenon (Phelan et al., 1995).

# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***

---

Chemical fertilizers can dramatically influence the balance of nutritional elements in plants, and it is likely that their excessive use will create nutrient imbalances, which in turn, reduce resistance to insect pests. Apparently N pulses following high fertilizer applications leads to concentrations of foliar N which make plants more vulnerable to pest attack. In contrast, organic farming practices, apparently promote an increase of soil organic matter and microbial activity and a gradual release of plant nutrients which does not lead to enhanced N levels in plant tissues, thus in theory, allowing plants to derive a more balanced nutrition.

Thus, while the amount of N immediately available to the crop may be lower when organic fertilizers are applied, the overall nutritional status of the crop appears to be improved.

# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***

---

Organic soil fertility practices can also provide supplies of secondary and trace elements, occasionally lacking in conventional farming systems that rely primarily on artificial sources of N, P, and K. Besides nutrient concentrations, optimum fertilization, which provides a proper balance of elements, can stimulate resistance to insect attack (Luna, 1988). Organic N sources may allow greater tolerance to vegetative damage in plants because such sources release N more slowly, during the course of one to several years.

# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***

---

## □ Resistencia de los tejidos

En general, los patógenos atacan las partes menos resistentes de las plantas (tejidos jóvenes) ya que las paredes celulares son delgadas. Muchos hongos disuelven, mediante enzimas pectolíticas la lamela media, favoreciendo la penetración de las hifas.

## □ Composición y cantidad de exudados celulares

Los compuestos orgánicos de bajo peso molecular (azúcares y aminoácidos) normalmente fluyen del interior (simplasto) al exterior (apoplasto) de la célula.

# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***

---

El tipo y cantidad de sustancia están influenciadas por factores nutricionales, en dos vías:

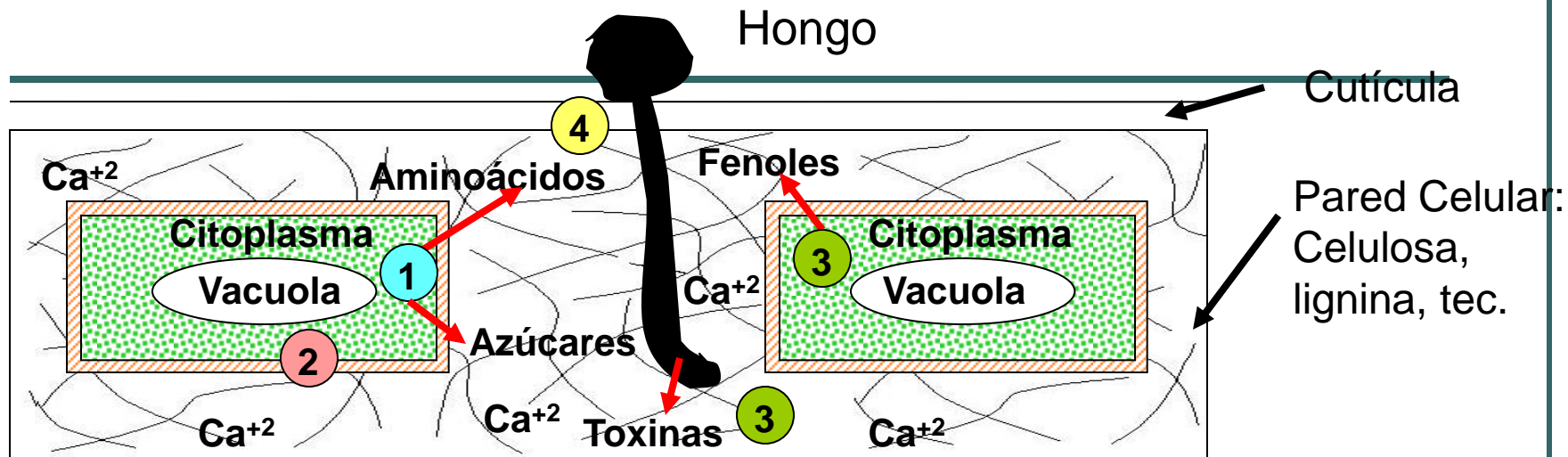
↑ Efectos sobre la síntesis de compuestos

↑ Efectos de algunos nutrientes sobre la permeabilidad de las membranas celulares.

A mayor presencia de exudados, mayor posibilidad de ataque, especialmente de parásitos facultativos y artrópodos chupadores.

La presencia de exudados favorece la germinación de conidias y el crecimiento inicial de las hifas.

# Esquema de las interacciones entre enfermedades fungosas y balance nutricional



## Esquema del mesófilo

Puntos clave para la infección:

- 1 Difusión hacia fuera de compuestos de bajo peso molecular
- 2 Permeabilidad de la membrana celular
- 3 Interacciones hongo/célula (fitoalexinas, toxinas, etc)
- 4 Resistencia de los tejidos

# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***

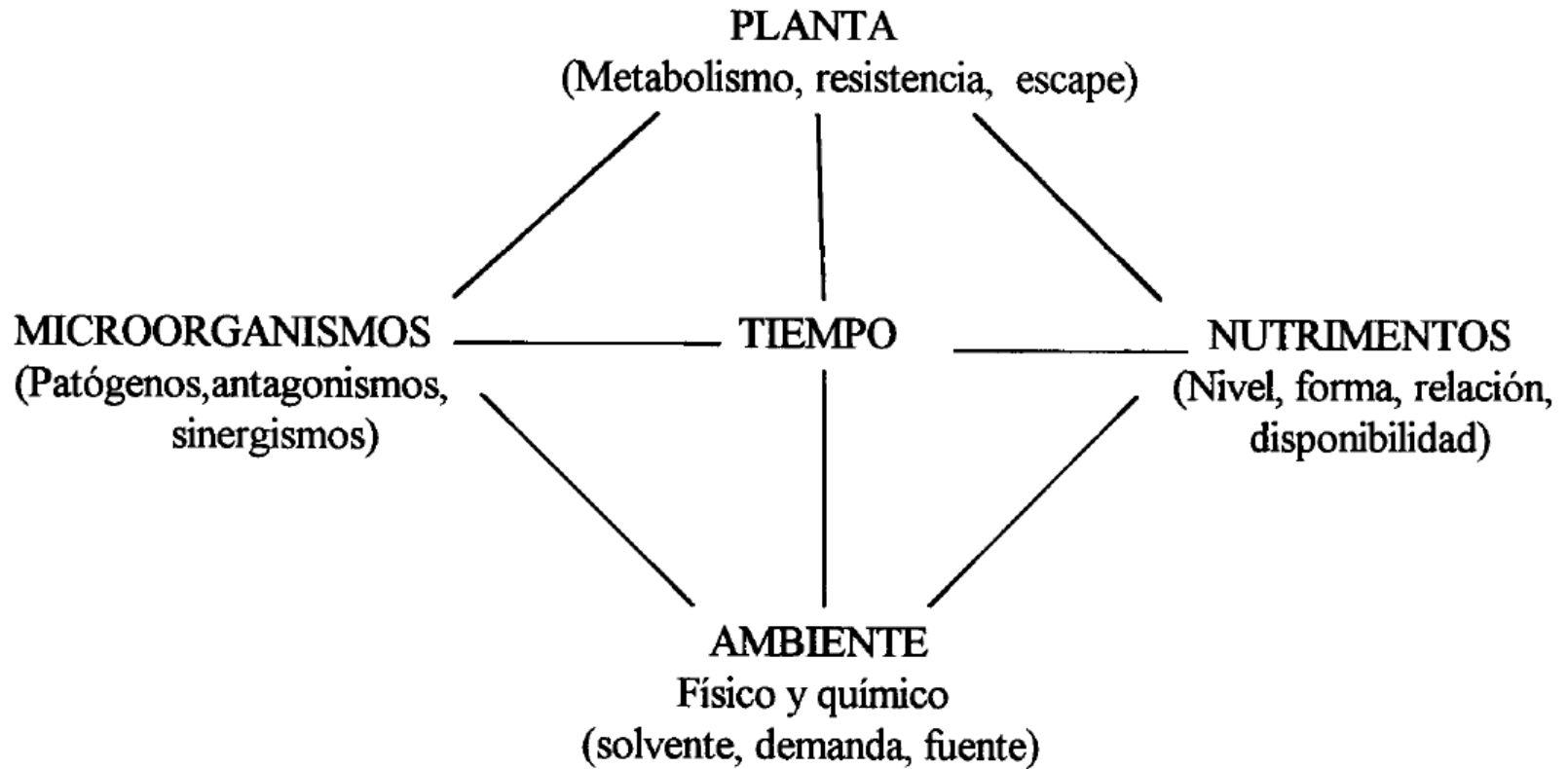


Figura 1. Interacciones dinámicas que influyen en la manifestación de las enfermedades (Huber, 1989).

# Nutrición mineral, plagas y enfermedades

**Cuadro 1. Reporte de algunas interacciones entre nutrientes y enfermedades causadas por virus (Huber, 1980).**

Patógeno	Huésped	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Mn	Fe	Zn	B
Virus-1 del Pepino	Espinaca	I		I	I					
Virus X de la Papa	Tabaco y tomate		D					I	D	D
Virus Mosaico del Tabaco	Tabaco, tomate y frijol		I	±		D	D	D	±	

I= incremento de la enfermedad; D= decremento de la enfermedad; ± = el efecto de la enfermedad depende de las condiciones del huésped y del medio.

**Cuadro 2. Efecto de las formas inorgánicas del nitrógeno en plantas con enfermedad viral (Huber y Watson, 1974).**

Patógeno	Huésped	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
Virus Y de la Papa	Tabaco		Incremento
Virus Y de la Papa	<i>Solanum tuberosum</i>		Decremento
Virus Mosaico del Tomate	<i>Nicotiana glutinosa</i>	Incremento	Decremento
Virus Mosaico del Tomate	Tabaco	Incremento	Decremento
Virus Mosaico del Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>		Decremento
Virus X de la Papa	<i>Solanum tuberosum</i>		Decremento



# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***

**Cuadro 3. Influencia del fósforo en las plantas enfermas de virus (Huber, 1880, 1981).**

Patógeno	Huésped	Efecto del fósforo
Virus Mosaico del Tabaco	Frijol	Decremento
Virus Mosaico del Tabaco	Tomate	Incremento
	Tabaco	Incremento
	<i>Nicotiana glutinosa</i>	Incremento
Virus-1 del Pepino	Espinaca	Incremento
	<i>Nicotiana glutinosa</i>	Incremento
	<i>Nicotiana multivalvis</i>	Incremento
Virus Mosaico Amarillo del Tabaco	Tabaco	Incremento

# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***

**Cuadro 4. Influencia del K en plantas enfermas de virus (Huber y Arny, 1985).**

Patógeno	Huésped	Efecto del potasio
Virus Mosaico del Tabaco	Frijol	Decremento
Virus Enanismo Amarillo de la Cebada	Cebada	Decremento
	Avena	Incremento
Virus Enrollamiento de la hoja del Chicharo	Chicharo	Decremento
Virus Mosaico de la Papa	Papa	Decremento
Virus Enrollamiento de la hoja de la Papa	Papa	Decremento
Virus Y de la Papa	Papa	Ninguno
Virus-1 del Pepino	Espinaca	Incremento
Virus Mancha Amarilla del Tabaco	Calabacita	Decremento
Virus Mosaico del Tabaco	Tabaco	Decremento
Virus Mosaico del Tabaco	Tomate	Decremento
Virus Mosaico Amarillo del Tabaco	Tabaco	Decremento

# Nutrición mineral, plagas y enfermedades

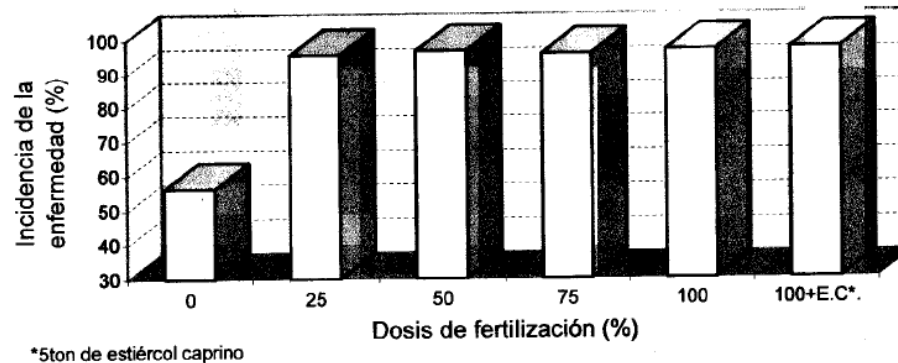


Figura 2. Efecto de la fertilización N P K sobre la incidencia del chino o mosaico en el cultivo de chile de agua (Velasco, 1990).

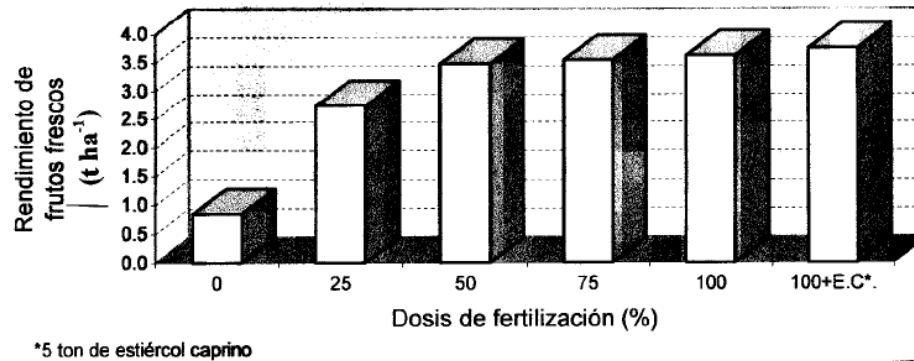
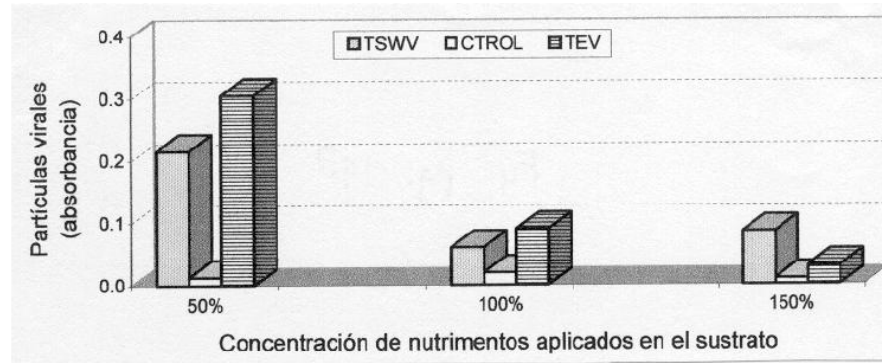


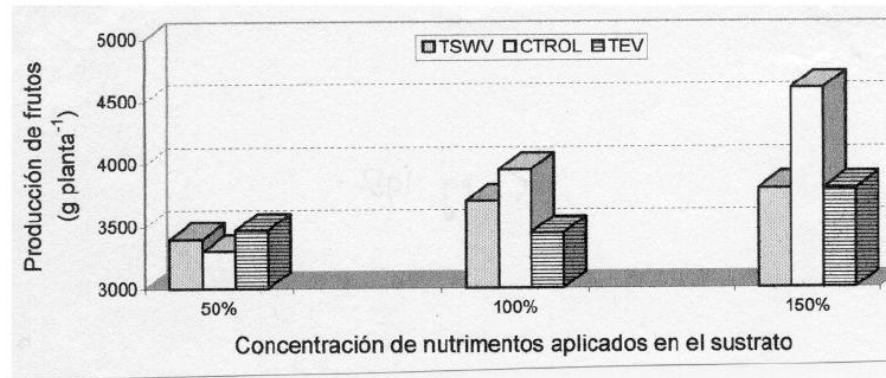
Figura 3. Efecto del N P K sobre el rendimiento de frutos frescos en el cultivo de

# Nutrición mineral, plagas y enfermedades



TSWV = Virus Marchitez Manchada del Tomate. TEV = Virus Jaspeado del Tabaco

Figura 4. Efecto de niveles nutrimentales en la concentración de partículas virales en plantas de tomate (González, 1996).



TSWV = Virus Marchitez Manchada del Tomate. TEV = Virus Jaspeado del Tabaco

Figura 5. Efecto de niveles nutrimentales en la producción de frutos en plantas de tomate infectadas del virus Marchitez Manchada del Tomate o virus Jaspeado del Tabaco (González, 1996).

# ***Nutrición mineral, plagas y enfermedades***

Tabla 2. Promedio de incidencia y severidad de roya y mancha amarilla en trigo según dosis de fertilización con KCl en 8 cultivos de la región de la pampa arenosa. Campaña 2005. (Convenio DZD Agro-INPOFOS, inédito).

Enfermedad	Dosis de KCl (kg/ha)							
	0	50	100	150	0	50	100	150
	----- Incidencia (%) -----				----- Severidad (%) -----			
Roya	24	18	15	13	6	2	3	3
Mancha amarilla	8	6	6	6	10	5	0	5

# ***LA FERTILIZACIÓN DE LOS CULTIVOS: ESTIMACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE FERTILIZANTES***

Tercera Unidad



***OBJETIVO PARTICULAR: Que el alumno sea capaz de analizar y evaluar los requerimientos de fertilizantes por los cultivos y diseñar programas de fertilización para diversos cultivos.***

CONTENIDOS
3.1 Criterios generales en la nutrición de cultivos.
3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).
3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.
3.4 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.
3.5 Requerimiento de fertilizantes:
I. Métodos basados en el análisis de suelo y agua.
II. Métodos basados en el análisis de tejido vegetal
3.6 Diseño de programas de fertilización.

## 3.1 Criterios generales en la nutrición de cultivos

---

- ❑ Tradicionalmente, la aplicación de fertilizantes fue basada en la disponibilidad de estos según los volúmenes de producción e importación.
- ❑ Fue muy común encontrar fórmulas generalizadas según cultivos y regiones productivas, por ejemplo, para sorgo en el Bajío se tenía la fórmula 160 de N, 60 de  $P_2O_5$  y 00 de  $K_2O$ , para más de 100,000 hectáreas.



## 3.1 Criterios generales en la nutrición de cultivos

---

- ❑ La forma tradicional de aplicación fue al “voleo” sin incorporarlo al suelo.
- ❑ De esta forma, la eficiencia de fertilizante nitrogenado en cultivo de temporal es de 45%.
- ❑ Actualmente, las técnicas de aplicación de fertilizantes se realiza en el momento de alta demanda por el cultivo (“cuando” y “cuanto” aplicar cada uno de los nutrientes).

## 3.1 Criterios generales en la nutrición de cultivos

---

- ❑ La apertura del mercado de los fertilizantes en México ha propiciado la diversificación en los tipos de productos que se pueden utilizar en la nutrición de cultivos.
- ❑ Se pueden preparar fórmulas “a la medida” de las necesidades del cultivo.
- ❑ Un nuevo criterio en la aplicación de los nutrientes minerales que las plantas extraen de la solución del suelo, en proporciones y momentos diferentes a través del ciclo de cultivo (curvas de absorción de nutrientes).

## 3.1 Criterios generales en la nutrición de cultivos

---

- ❑ Utilización de los análisis de suelo (previo al cultivo) que consideran la CIC como un parámetro valioso en los diagnósticos de los balances minerales.
- ❑ Análisis del agua, para conocer su calidad y propiedades químicas, para su empleo en actividades agrícolas (en sistemas de producción extensivos e intensivos).
- ❑ Utilización de los análisis de tejidos vegetales para monitoreo de la nutrición del cultivo lo largo del ciclo de crecimiento.

## 3.1 Criterios generales en la nutrición de cultivos

---

- ❑ Nuevos criterios en la nutrición vegetal deben establecerse cuando los objetivos de la producción no sea, por ejemplo, la producción de sacarosa en la caña de azúcar y sea, en cambio, la producción de energía.
- ❑ La producción de biocombustibles en maíz, en lugar de la producción de grano para consumo humano y/o silo para la alimentación animal.
- ❑ El efecto de cada uno de los nutrientes tiene un impacto diferente según lo buscado por la industria.

## 3.1 Criterios generales en la nutrición de cultivos

---

- ❑ Los criterios de nutrición están enfocados a evaluar la ENERGÍA PRODUCIDA versus la ENERGÍA INVERTIDA en producir dicho cultivo.
- ❑ La escasez de tierras de buena calidad para cultivos tradicionales es cada día mayor. Criterios de fertilización y nutrición que consideren la utilización de especies halófitas, por ejemplo, serán cada día más importantes.
- ❑ La nutrición de pastizales naturales tropicales y su relación con los beneficios que ellos pueden ofrecer al utilizarlos como “sumideros de CO<sub>2</sub>” deben de investigarse.

## 3.1 Criterios generales en la nutrición de cultivos

---

- ❑ Criterios económicos de inversión de recursos y capital que busquen lograr los máximos rendimientos.
- ❑ Cambios en los criterios de fertilización del suelo y nutrición de cultivos, buscando enriquecer el potencial productivo junto con el máximo retorno económico; máximos rendimientos y calidad han demostrado que pueden cambiar el panorama de la agricultura tradicional.

## 3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).

---

- ❑ **Diagnóstico:** Deriva del griego *diagnôsis*, que significa conocimiento, es decir, un diagnóstico consiste en determinar la naturaleza de una enfermedad o afección, o bien, que sirve para reconocerse.
- ❑ **Diagnóstico nutrimental:** Consiste en establecer el origen de una anomalía en nutrición (deficiencia y/o exceso) en los cultivos de interés agrícola.
- ❑ Los objetivos del diagnóstico nutrimental son:

## **3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).**

---

1. Evaluar la capacidad de suministro del suelo y/o sustrato.
2. Conocer el estado nutrimental en que se encuentran los cultivos que integran un sistema de producción.
3. Determinar la efectividad de las prácticas de fertilización recomendadas.

Ejemplo: Sea cualquier cultivo.

Sin fertilización: 10 unidades producidas

Con fertilización: 15 unidades producidas

Con fertilización basada en el Diagnóstico nutrimental: 30 unidades producidas.



## **3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).**

---

### ***METODOS DE DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL***

- a) Edáficos: Análisis de suelos (Edafología / Fertilidad)
  
- b) Vegetal: Presenta tres enfoques:
  - 1) Diagnóstico visual
  - 2) Diagnóstico químico
  - 3) Diagnóstico funcional

## **3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).**

---

### **1) *Diagnóstico Visual:***

Sencillo, rápido, permite evaluar las alteraciones nutrimentales de los cultivos directamente en campo. El principio de este método consiste en comparar el aspecto de una muestra vegetal afectada con una muestra patrón (normal) o sin síntomas aparentes. En la mayoría de los casos se comparan las hojas (órgano indicador), sin embargo, también se pueden comparar raíces, frutos, tallos y otros órganos de la planta.

## **3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).**

---

### Sintomatología

**Síntoma:** Señal de aviso o signo de una enfermedad.

**Síntoma por anomalía nutrimental:** Toda desviación de las plantas normales. Es necesario comparar con una planta que se acerque lo máximo a la condición “ideal”, bajo las condiciones específicas del sitio, de tal manera que todo aquello que presente la planta afectada al compararse con la “ideal” es un síntoma.

## **3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).**

---

Los síntomas por alteraciones nutrimentales pueden ser de cinco tipos:

1.- Clorosis: Amarillamiento generalizado o intervenal del tejido vegetal debido a la reducción de los procesos de formación de clorofila (generalmente asociado a deficiencias de nitrógeno).

2.- Necrosis o muerte de tejido vegetal (generalmente asociado a deficiencias de potasio).

## **3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).**

---

3.- Inhibición del crecimiento de las yemas terminales, lo cual ocasiona un “arrosetamiento” generalmente asociado a deficiencias de zinc).

4. Acumulación de antocianinas, lo cual provoca una coloración rojiza (generalmente asociado a deficiencias de fósforo).

5.- Reducción del crecimiento con coloración normal, verde obscura o amarillamiento.

## **3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).**

---

El diagnóstico visual se complica cuando se originan varios síntomas simultáneamente en la planta.

Los síntomas visuales causados por deficiencias o excesos de nutrientes tienen su inicio a nivel molecular. Posteriormente, se detectan los daños a nivel tejido u órgano como fase terminal y, como consecuencia, el rendimiento biológico y comercial se ven disminuidos

## 3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).

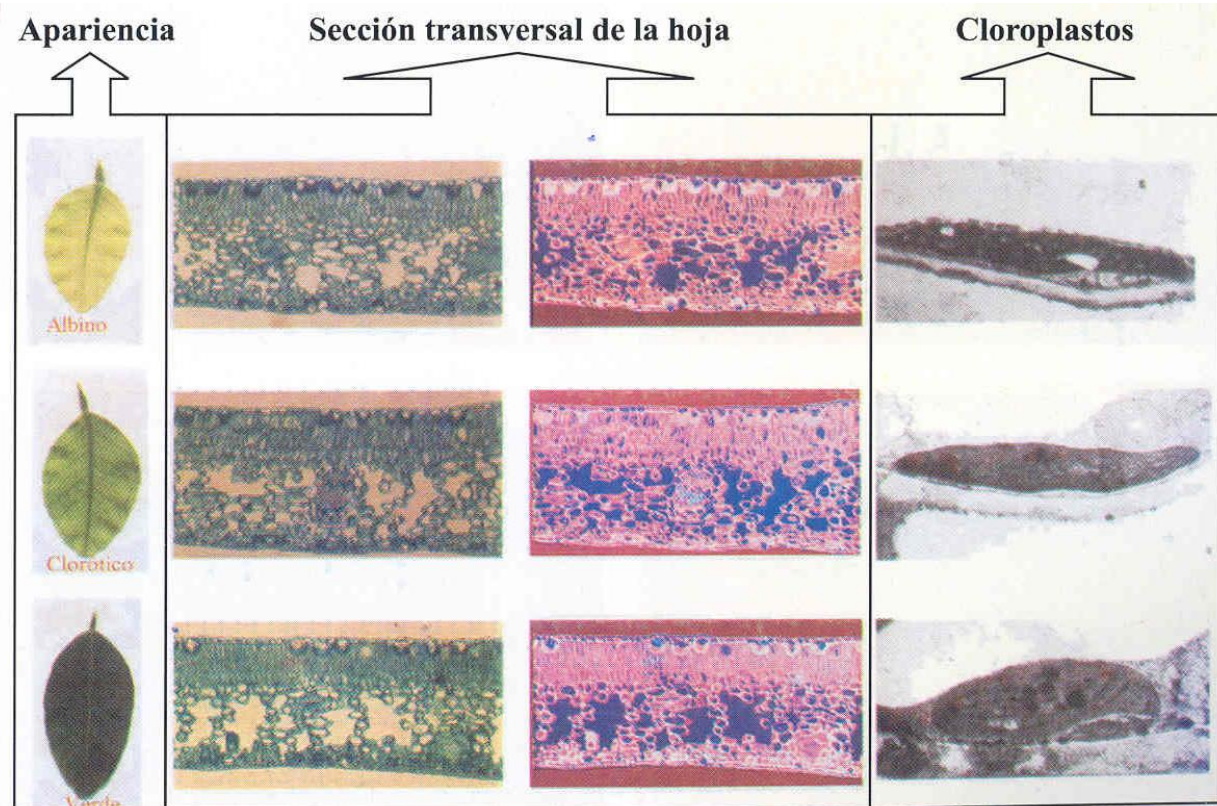


Figura 6.1. Morfología de las hojas y cloroplastos con diferente grado de afectación por clorosis férrica (Modificado de Maldonado, 2006).

## 3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).

Cuadro 6.2. Estadios de las alteraciones nutrimentales por deficiencia o exceso.

Estadios	Alteraciones nutrimentales
Estadio D: Aumento en deficiencia	4D Encubrimiento y sobreposición de los síntomas de deficiencia por otros daños. Alteraciones metabólicas generales y degradación de los tejidos. Invasión de parásitos.
	3D Formación de los síntomas de deficiencia típicos.
	2D Inhibición general del crecimiento. Detección química de contenidos nutrimentales deficientes. Comprobación de variaciones en las células o los tejidos con el microscopio.
	1D Inhibición general del crecimiento. Ningún síntoma típico.
Estadio N: Planta normal, ideal o de comparación	N No manifiesta desviaciones del óptimo.
Estadio T: Aumento en toxicidad	1T Influencia general sobre el crecimiento. Ningún síntoma típico.
	2T Inhibición general del crecimiento. Detección química de contenidos elevados de determinados iones o compuestos.
	3T Formación de síntomas de toxicidad, en la mayoría de los casos atípicos, en las partes adultas de la planta.
	4T Encubrimiento de los síntomas de toxicidad por daños subsecuentes, alteraciones metabólicas generales, degradación de los tejidos.



## 3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).

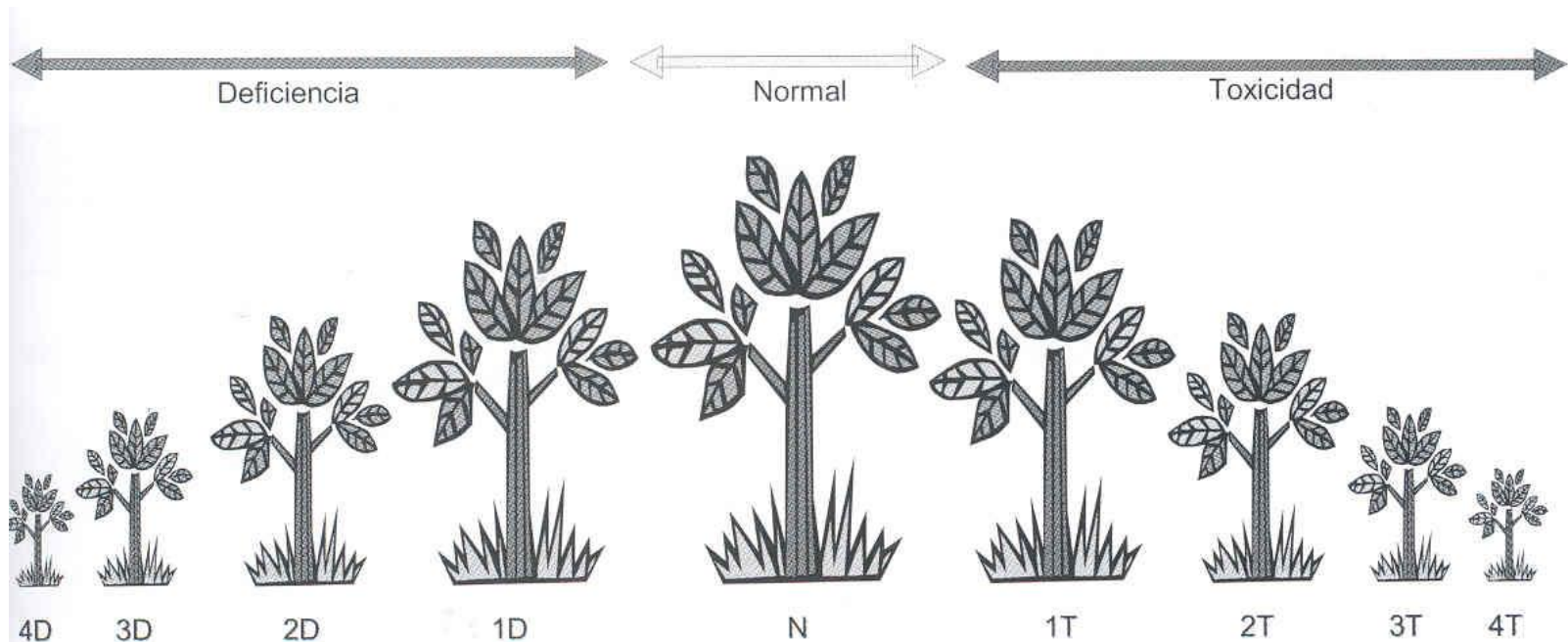


Figura 6.2. Estadios de las anomalías nutrimentales causadas por deficiencias o toxicidades.

## 3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).

Cuadro 6.5. Síntomas (clorosis y necrosis) causados por alteraciones nutrimentales.

CLOROSIS	NECROSIS
<p><b>Hojas adultas</b></p> <p>Desarrollada homogéneamente sobre toda la superficie foliar <b>(-N)</b>. (Fotografía 1A)</p> <p>Las nervaduras permanecen verdes y se presenta solo en los campos o zonas intercostales, de tal forma que la hoja presenta una coloración irregular <b>(-Mg)</b>. (Fotografía 4B)</p>	<p><b>Hojas adultas</b></p> <p>Principiando en las puntas y en los márgenes en forma de puntos necróticos, seguidos por superficies de necrosis que posteriormente comprenden todos los márgenes de la hoja o toda la hoja <b>(-K)</b>. (Fotografía 3A)</p> <p>Distribuida regularmente en las puntas y márgenes de las hojas, extendiéndose lentamente en la hoja: <b>Daños por excesos</b> (sales, Mn, metales pesados). (Fotografía 7B)</p>
<p><b>Hojas jóvenes</b></p> <p>Con excepción de las nervaduras principales, distribuida regularmente en toda la hoja <b>(-Fe)</b>. (Fotografía 9A)</p> <p>Desarrollo independientemente de las nervaduras, en toda la hoja <b>(-S)</b>. (Fotografía 5A)</p>	<p><b>Hojas jóvenes</b></p> <p>En forma de puntos, en las partes de las hojas que no tienen nervaduras <b>(+Mn)</b>. (Fotografía 11A)</p> <p>Distribuidas en forma la zona de expansión de la hoja <b>(+B)</b>. (Fotografía 6B)</p>

## 3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).



Fotografías: 1A) Deficiencia de nitrógeno en pepino; 1B) Exceso de nitrógeno en frijol; 2A) Deficiencia de fósforo en girasol; 2B) Exceso de fósforo en frijol; 3A) Deficiencia de potasio en girasol; 3B) Exceso de potasio en frijol.



Fotografías: 4A) Deficiencia de calcio en tomate; 4B) Deficiencia de magnesio en vid; 5A) Deficiencia de azufre en crucíferas; 5B) Daño en raíces por exceso de azufre (sulfitos); 6A) Deficiencia de boro en crucíferas; 6B) Exceso de boro en papa.

## **3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).**

---

### ***Ventaja y limitaciones del diagnóstico visual***

1) Antes de que aparezca un síntoma de deficiencia, el crecimiento y la producción de un cultivo podrían estar limitados por lo que se conoce como “hambre oculta” (deficiencia latente), la cual es difícil detectar mediante el análisis visual, ya que este rango de abastecimiento nutrimental solamente se puede establecer con apoyo del análisis químico del tejido vegetal, debido a la ausencia de síntomas aparentes.

## **3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).**

---

2) A menudo es difícil distinguir entre varios síntomas, particularmente en sus etapas más avanzadas, ya que estos se enmascaran.

3) Los daños que causan las enfermedades, los insectos u otros factores pueden parecerse a ciertos síntomas.

## 3.2 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).

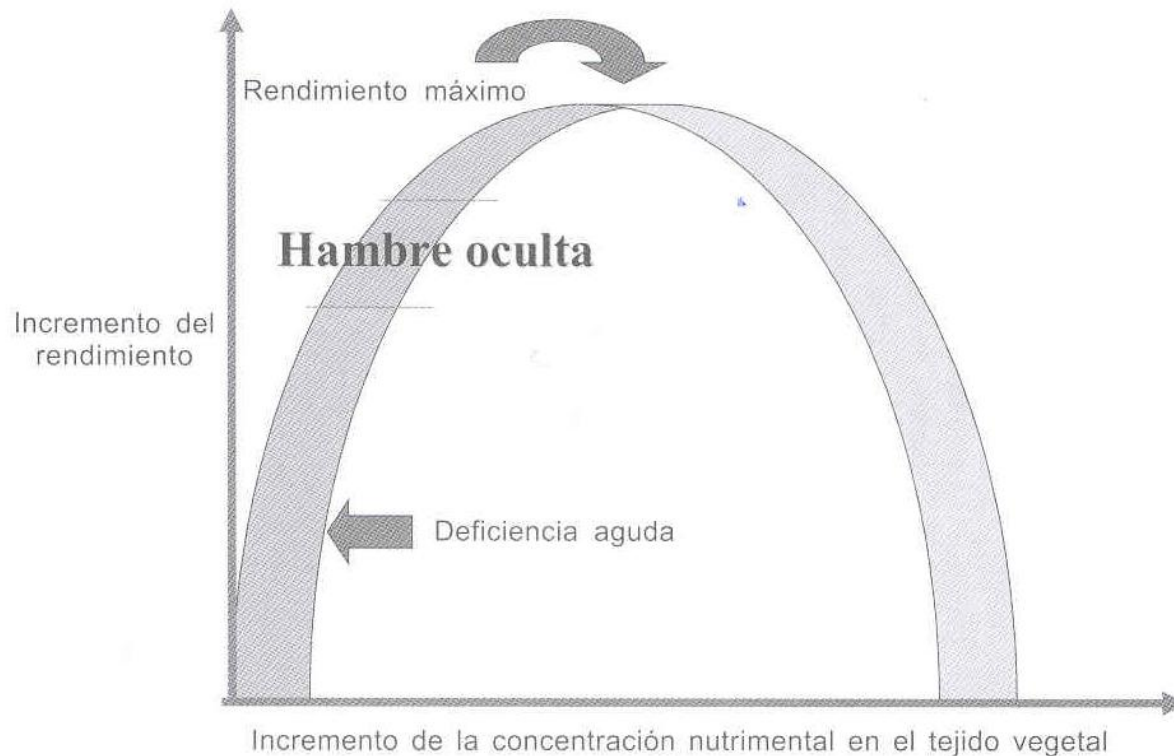


Figura 6.6. Disminución del rendimiento por efecto de una deficiencia latente (“Hambre oculta”).

# Claves generales para identificar síntomas visuales de toxicidad y deficiencias de nutrientes.

Nutrimento	Deficiencia	Toxicidad
Nitrógeno (N)	<p>Los síntomas de deficiencia de N aparecen en las hojas adultas. Bajo poca disponibilidad de N las plantas detienen su crecimiento y son débiles. Las hojas son pequeñas, el color del follaje es de verde claro a amarillo y las hojas viejas caen prematuramente. La necrosis de hojas o parte de éstas ocurre en etapas tardías con severas deficiencias de N. El crecimiento de las raíces se reduce y su ramificación se restringe, de tal manera que la relación vástago/raíz se incrementa. El rendimiento y su calidad se reducen significativamente. (Fotografía 1A)</p>	<p>Las plantas pueden tolerar excesos de nitratos mucho más que el exceso de amonio. Los niveles de éste último pueden ser tóxicos para las plantas si éstos no son incorporados en los compuestos carbonados que contienen N después de la absorción. El amonio puede restringir la absorción de K por la competencia en los sitios de intercambio en la raíz. Cuando el amonio es la forma dominante de N disponible para la absorción vegetal, una condición de toxicidad puede presentarse. La toxicidad de los iones amonio se caracteriza por un crecimiento de raíces restringido, las cuales son descoloridas y resultan en un colapso del tejido vascular, se restringe al mismo tiempo la absorción de agua. Los síntomas foliares pueden incluir clorosis y necrosis en la hoja, epinastia (curvatura de las hojas hacia abajo) y lesiones de los tallos. Elevados niveles de amonio pueden ocasionar deficiencias de K, Ca o Mg. Los frutos pueden desarrollar síntomas de pudrición apical (<i>blossom-end-rot</i>) y pobre amarre. (Fotografía 1B)</p>
Fósforo (P)	<p>Las deficiencias de P generalmente ocurren cuando su concentración en las plantas está por debajo de 0.2% y puede ser causada por bajas temperaturas del suelo. La deficiencia de P retarda el crecimiento y disminuye la relación brotes/raíces. Los síntomas incluyen un color verde oscuro en las hojas adultas, una coloración púrpura típica a lo largo de la hoja y necrosis en los márgenes de éstas pueden aparecer. Las deficiencias de P disminuyen la producción de frutos, semillas y flores. (Fotografía 2A)</p>	<p>Altas concentraciones de P en el sustrato pueden disminuir el crecimiento, principalmente por restricción de la absorción y translocación de Zn, Fe y Cu, apareciendo síntomas inducidos de esos micronutrientes. (Fotografía 2B)</p>

# Claves generales para identificar síntomas visuales de toxicidad y deficiencias de nutrientes.

Nutrimento	Deficiencia	Toxicidad
Potasio (K)	Para la mayoría de los cultivos, los síntomas de deficiencia de K se manifiestan usualmente como un color de verde claro a amarillo alrededor de los márgenes y puntas de las hojas adultas, los cuales, posteriormente, evolucionan a necrosis ("quemadura"). Las plantas deficientes en K son más sensibles a las enfermedades. (Fotografía 3A)	Las plantas con exceso de K presentan frecuentemente deficiencias de Mg y posiblemente de Ca, debido a que se inducen desbalances nutrimentales, los cuales interfieren en la relación óptima de K/Mg y K/Ca, si estos dos nutrimentos están por debajo de sus rangos de suficiencia. (Fotografía 3B)
Calcio (Ca)	La deficiencia de Ca está caracterizada por una reducción en el crecimiento de los tejidos meristemáticos. La deficiencia ocurre primeramente en los meristemas apicales y hojas jóvenes debido a que el Ca es muy poco móvil en la planta. Las hojas que presentan deficiencia de Ca son deformes y cloróticas, y en etapas posteriores éstas pueden necrosarse en los márgenes. Las deficiencias temporales de Ca pueden ocurrir cuando los niveles de este elemento en el xilema son bajos, debido a la reducción en la tasa de transpiración ocasionada por la alta humedad relativa, días nublados o poca disponibilidad de agua. La falta de Ca ocasiona <i>bitter pit</i> en manzano, <i>tip burn</i> y <i>brownheart</i> de hojas en algunas hortalizas, <i>blossom-end-rot</i> en tomate, calabaza, sandía y chile campana y deformación del ápice en el espárrago. El <i>blossom-end-rot</i> es un desorden irreversible. La aplicación exógena de Ca puede hacerse de manera preventiva pero no como medida correctiva. (Fotografía 4A)	Los síntomas por exceso de Ca son poco comunes, pero aparecen principalmente como deficiencias inducidas de Mg o K.



# Claves generales para identificar síntomas visuales de toxicidad y deficiencias de nutrientes.

Nutrimiento	Deficiencia	Toxicidad
Magnesio (Mg)	La deficiencia de Mg se caracteriza por un amarillamiento internerval de la hoja que progresa desde los márgenes hacia el centro de la hoja. El patrón más típico de deficiencia de Mg es un tejido de conducción verde rodeado de un fondo amarillo. Básicamente, las hojas se tornan duras y quebradizas y las nervaduras se tuercen. La absorción de magnesio disminuye cuando el pH del medio es menor de 5.5. (Fotografía 4B)	En condiciones de campo es difícil encontrar toxicidad por Mg, aunque en situaciones extremas de exceso se pueden presentar síntomas de deficiencias inducidas de Ca, K y algunos micronutrientos.
Azufre (S)	Las causas principales de deficiencia de azufre en cultivos agrícolas son las bajas concentraciones de éste nutriente en el suelo o altos contenidos de N en el mismo, lixiviación de sulfatos, o un inadecuado régimen de humedad. La deficiencia de azufre se puede corregir fácilmente con aplicaciones de fertilizantes con S al suelo. El S es poco móvil en la planta por lo que los síntomas de deficiencia (color verde-amarillo) aparecerán primeramente en las hojas jóvenes. (Fotografía 5A)	Las plantas son insensibles a las altas concentraciones de azufre en el medio. La toxicidad se observa cuando en la atmósfera los niveles de S exceden $0.5 - 0.7 \text{ mg m}^{-3}$ de dióxido de azufre, ocasionando manchas necróticas en el envés de las hojas. A nivel celular, los excesos de sulfatos ocasionan daños a las membranas de los cloroplastos. Los análisis de tejido vegetal pueden revelar altos niveles de nitratos debido al efecto del S sobre la ferredoxina. Otros desórdenes pueden incluir la inhibición de la síntesis de proteínas, acompañada por un incremento en la formación de aminoácidos que no contienen S (asparagina, glutamina y arginina). (Fotografía 5B)
Boro (B)	La deficiencia de boro puede causar una elongación retardada o anormal de los puntos de crecimiento y/o meristemos apicales. La acumulación de auxinas y fenoles induce necrosis de las hojas y otros órganos de las plantas. Las raíces llegan a presentar necrosis en las puntas. La carencia de boro puede causar deformaciones de las hojas. (Fotografía 6A)	El rango entre los niveles adecuados y tóxicos de boro en hojas es muy estrecho. Niveles arriba de $5 \text{ mg L}^{-1}$ de boro en el agua pueden causar daño a la mayoría de las plantas. Los síntomas por niveles elevados de boro son clorosis y necrosis en las puntas de las hojas y caída prematura de éstas. (Fotografía 6B)

# Claves generales para identificar síntomas visuales de toxicidad y deficiencias de nutrientes.

Nutrimiento	Deficiencia	Toxicidad
Cloro (Cl)	La deficiencia de cloro en plantas en condiciones naturales es muy rara, sin embargo ésta puede ser inducida por enfermedades fungosas y bacterianas en cereales. (Fotografía 7A)	Para cultivos sensibles la toxicidad por cloro puede ocurrir a concentraciones de 0.5 – 2%, en el tejido vegetal. Los síntomas por exceso de cloro son amarillamiento prematuro y quemaduras en los márgenes y puntas de las hojas, así como la caída y abscisión prematura de hojas. El cloro puede inducir "sequía fisiológica" en las plantas en suelos salinos debido al incremento del potencial hídrico en el medio. (Fotografía 7B)
Cobre (Cu)	El cobre es inmóvil en la planta por lo que los síntomas por deficiencia de éste aparecen en las hojas nuevas. Los efectos negativos consisten en la reducción del crecimiento con distorsión de las hojas jóvenes y los puntos de crecimiento, así como muerte de los meristemas apicales. La floración y fructificación son afectados por la falta de Cu. El polen y los ovarios en las flores son muy sensibles a la carencia de Cu. (Fotografía 9B)	Los excesos de Cu pueden inducir deficiencias de Fe. El crecimiento radical es afectado negativamente, debido al daño en las membranas de las células en éste órgano de absorción. Las hortalizas son muy sensibles al exceso de Cu, comparadas éstas con otras especies. (Fotografía 10A)
Hierro (Fe)	Los síntomas por carencia de Fe son muy similares a los del Mg, debido a que ambos participan en la formación de clorofila. Sin embargo, la clorosis intermerval aparece primeramente en las hojas nuevas debido a que el Fe es un elemento inmóvil en la planta. La falta de Fe ocasiona acumulación de aminoácidos y nitratos en las plantas. (Fotografía 9A)	La toxicidad con Fe causa un bronceado en las hojas, seguido de manchas color café en éstas. Niveles por encima de 300-400 mg kg <sup>-1</sup> de Fe en tejido vegetal pueden inducir una toxicidad.
Manganeso (Mn)	La sintomatología por falta de Mn en las plantas es muy diferente en función de la especie, aunque la apariencia de las plantas es similar a la que manifiestan aquellas sin Fe y Zn. De manera general, la carencia de Mn ocasiona una clorosis entre las nervaduras de las hojas jóvenes. (Fotografía 10B)	La toxicidad de Mn ocurre en plantas desarrolladas en suelos con un pH < 5.4. Los síntomas por excesos de Mn son amarillamiento marginal en las hojas jóvenes con el área central de color verde. Pueden aparecer manchas necróticas en varias partes de la hoja. (Fotografía 11A)

# Claves generales para identificar síntomas visuales de toxicidad y deficiencias de nutrientes.

Nutrimiento	Deficiencia	Toxicidad
Molibdeno (Mo)	La deficiencia de Mo ocurre en suelos arenosos con lixiviación alta y suelos arcillosos ácidos. La sintomatología típica por falta de éste elemento es la clorosis en hojas acompañada con deficiencia de nitrógeno, debido a que este elemento participa en la reducción de nitratos. Los síntomas aparecen inicialmente en las hojas más viejas, posteriormente en las hojas nuevas hasta ocasionar la muerte del punto de crecimiento. La falta de Mo causa deformaciones en las hojas. (Fotografía 11B)	Niveles en la planta por encima de $15 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mo pueden ocasionar toxicidad. Sin embargo, valores de $5 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mo en pastos pueden causar toxicidad en los animales que los ingieren. (Fotografía 12B)
Zinc (Zn)	La deficiencia de zinc en plantas ocasiona clorosis entre las nervaduras de las hojas jóvenes. Un síntoma típico por falta de este elemento es el acortamiento de entrenudos ("arrosetamiento"). (Fotografía 8A)	Niveles por encima de $200 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn en tejido vegetal causan una reducción en el crecimiento radical y en la expansión foliar, seguidos de clorosis. Contenidos elevados de Zn en suelos pueden inducir deficiencias de Fe, Mn o P. (Fotografía 8B)
Níquel (Ni)	Se considera que una concentración por debajo de $1 \text{ mg kg}^{-1}$ de Ni en la mayoría de las plantas puede causar síntomas de deficiencia.	Valores por encima de $10 \text{ mg kg}^{-1}$ de Ni causan toxicidad en las plantas. (Fotografía 12A)

## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

---

El análisis químico de tejido vegetal (análisis foliar) es una técnica de diagnóstico que permite utilizar la concentración mineral de las plantas como indicador de su situación nutrimental, asociada al logro de altos rendimientos y mejores características de calidad del producto cosechado, en relación con el grado de abastecimiento y disponibilidad nutrimental del sustrato, generalmente el suelo.

El análisis vegetal en combinación con el análisis de suelo es un camino excelente para desarrollar un sólido programa de fertilización para la producción agrícola.

## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

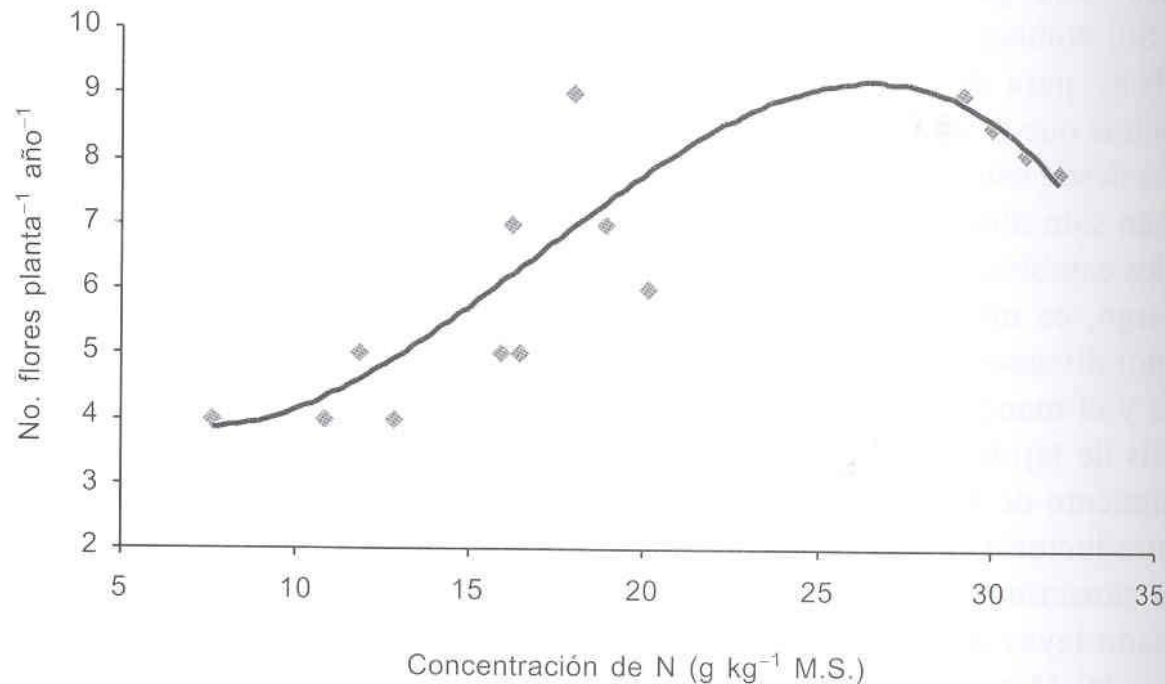
---

Las hojas se consideran el foco de la actividad fisiológica y los cambios en la nutrición mineral se reflejan en las concentraciones de los nutrientes en ellas.

Es importante considerar que el contenido mineral de las plantas es influenciado por diversos factores propios de la planta, las propiedades del suelo, las condiciones climáticas y el manejo agronómico.

Las curvas de respuesta muestran gráficamente la relación entre el crecimiento o rendimiento y la concentración de un nutriente en la materia seca, y se deriva del modelo matemático de Mitscherlich.

## 3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.



**Figura 6.7.** Rendimiento de flores por efecto de la concentración de N en hojas de anturio cv. Tropical (Zamora, 2001).

## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

---

Los objetivos del análisis químico nutrimental son:

- a) Diagnosticar anomalías nutrimentales que se presentan en los cultivos agrícolas.
- b) Ratificar un diagnóstico de síntomas visuales.
- c) Identificar deficiencias latentes.
- d) Evaluar la respuesta a la aplicación de fertilizantes.
- e) Interpretar los resultados de la experimentación.
- f) Definir interacciones o antagonismos nutrimentales.
- g) Conocer el funcionamiento interno de la planta.
- h) Identificar problemas mediante pruebas adicionales.

## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

---

El análisis químico de tejido vegetal también permite conocer la demanda interna (acumulación de nutrientes) de los cultivos por etapas fisiológicas, información de gran importancia en la fertirrigación de cultivos intensivos.



## 3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.

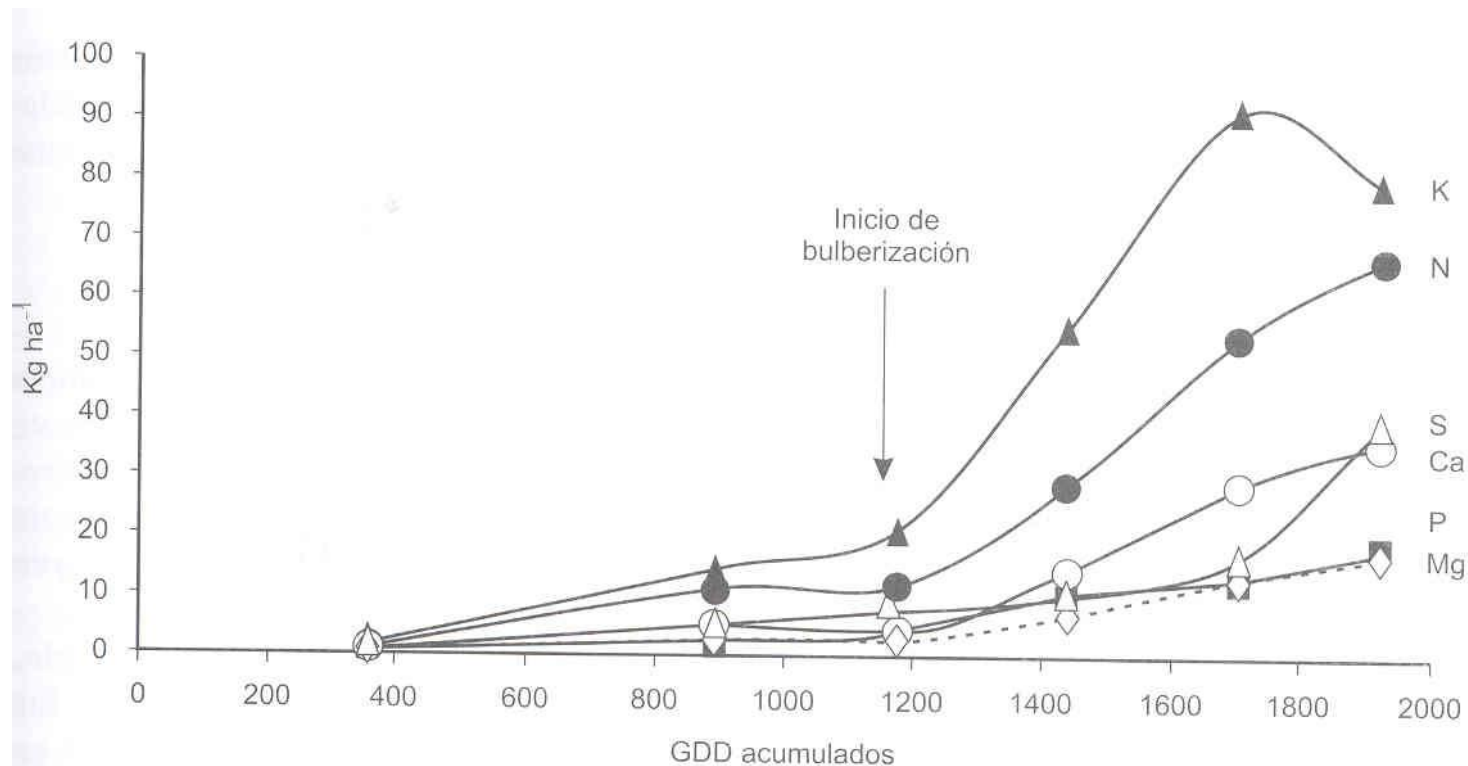


Figura 6.8. Curvas de demanda nutrimental en cebolla cv. Contessa en grados días de desarrollo (GDD) acumulados (Torres, 1999).

## Cuadro No. 7. Programa de aplicación de los fertilizantes químicos del tratamiento 1 para el cultivo de chile en las diversas etapas de desarrollo de la planta en kilogramos por hectárea.

<i>Etapa fenológica</i>	<i>Demanda (kg/ha)</i>	<i>N</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>
Transplante	Día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Etapa 01 - 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Estabilización	Día	1.0	2.0	1.0	1.5	0.0
	Etapa 11 - 30	20.0	40.0	20.0	30.0	0.0
Botones - Floración	Día	2.0	2.0	3.0	1.0	0.5
	Etapa 31 - 50	40.0	40.0	60.0	20.0	10.0
Cuaje 1er fruto	Día	2.23	0.8	3.8	2.0	0.8
	Etapa 51 - 75	56.0	20.0	95.0	50	20.0
Fructificación - Cosecha	Día	2.0	0.0	3.0	2.0	0.8
	Etapa 76 - 100	50.0	0.0	75.0	50.0	20.0
<b>Total (kg/ha)</b>		<b>166</b>	<b>100</b>	<b>250</b>	<b>150</b>	<b>50</b>

## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

---

El análisis químico de tejido vegetal incluye varias etapas:

- a) Muestreo
- b) Preparación de la muestra y transporte
- c) Lavado y descontaminación de la muestra
- d) Secado y molienda
- e) Análisis químico per se
- f) Interpretación de resultados
- g) Recomendaciones.

## 3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.

---

### *Interpretación de los análisis químicos de tejido vegetal.*

Se han propuestos diversos métodos de interpretación de los análisis químicos de tejido vegetal para evaluar el nivel de nutrición de los cultivos de interés agrícola. Estos pueden clasificarse en:

- a) **Métodos estáticos:** Nivel crítico, Rango de suficiencia y Desviación del óptimo porcentual.
- b) **Métodos dinámicos:** Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación, Diagnóstico Nutrimental Compuesto, Diagnóstico Diferencial Integrado y Balance Nutriente Evolutivo.

## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

---

### ***Nivel crítico:***

Se define como el nivel (valor o concentración) crítico de la deficiencia de la parte especificada a la concentración de un nutriente en particular, determinada en condiciones experimentales, donde todos los factores de crecimiento se encuentran en un nivel óptimo, que se asocia con un valor predeterminado del rendimiento (o calidad) máximo. Este valor predeterminado corresponde al 90 o 95% del rendimiento máximo y está comprendido dentro del rango bajo o marginal. La concentración nutrimental de un cultivo siempre deberá mantenerse ligeramente arriba del nivel crítico.

El nivel (valor o concentración) crítico de toxicidad es el que se asocia con una reducción, por exceso nutrimental, de un 5 un 20% del rendimiento máximo.

## 3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.

---

### ***Rango de suficiencia:***

Los rangos de concentración o suficiencia nutrimental se dividen de la siguiente forma:

Deficiente: Rango de concentración, en la parte especificada, que se asocia con síntomas visibles de deficiencia en las plantas y con una severa reducción del crecimiento y la producción. Es preciso tomar medidas correctivas inmediatas.

Bajo o marginal: Se asocia con una reducción del crecimiento o producción. La planta no muestra síntomas visibles de deficiencia. Cuando se detectan niveles de este tipo, es preciso efectuar algunos cambios en las prácticas de fertilización.

## 3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.

---

Adecuado o suficiente: Los cambios que ocurren no provocan aumento o disminución del crecimiento o producción. Esta clase se conoce como intermedia o normal. No es necesario realizar ningún cambio en las prácticas de fertilización

Alto: Rango comprendido entre adecuado y tóxico o excesivo. En algunos cultivos esta clase puede asociarse con una tendencia hacia la producción de calidad o vigor indeseable. El uso de fertilizante en las plantas que muestran concentraciones de nutrientes en este rango, debe reducirse o suspenderse hasta que se establezca en el rango adecuado o suficiente.

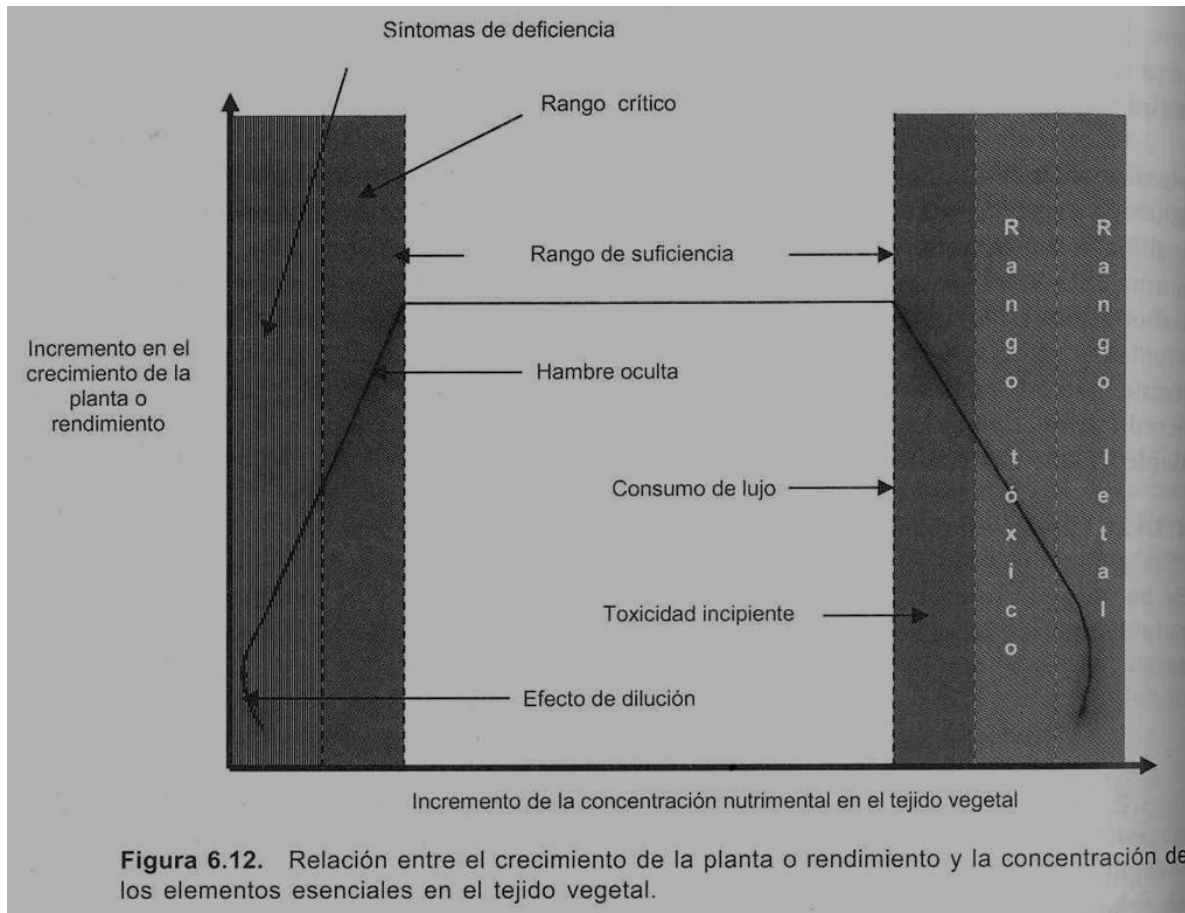
## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

---

Tóxico o excesivo: Se presentan síntomas de toxicidad causadas por los nutrientes, algunas veces con reducción del rendimiento y casi siempre con reducción de calidad y vigor excesivo. Es preciso tomar medidas correctivas inmediatas.



## 3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.



## 3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.

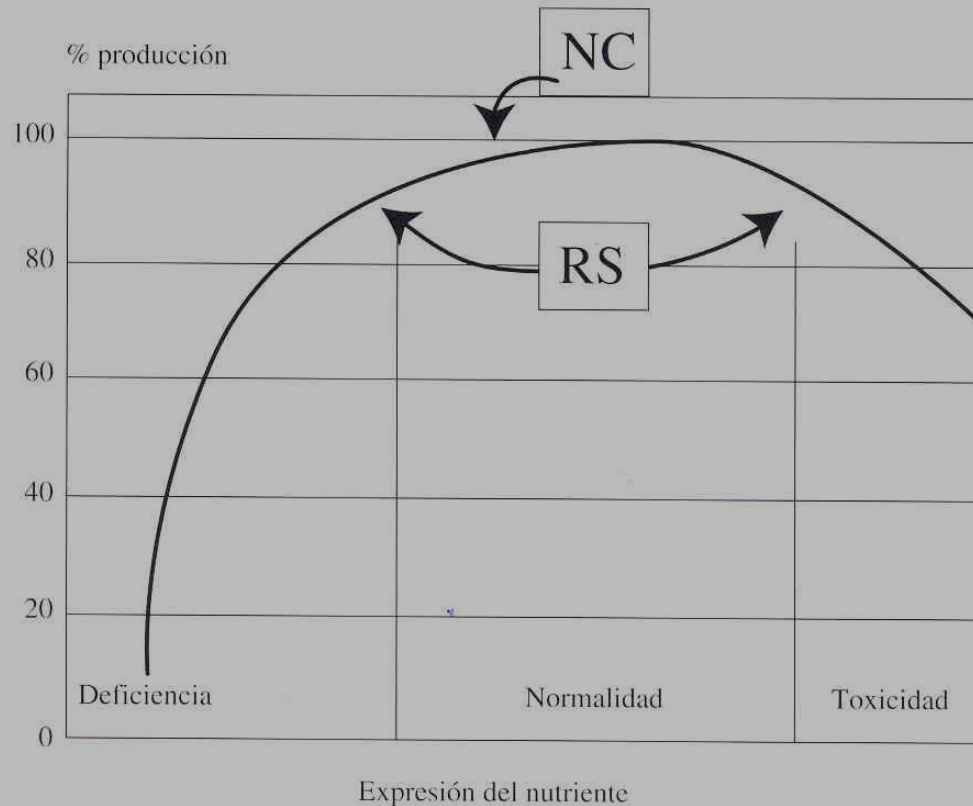


Figura 5.22. Relación entre la producción y la expresión de un nutriente. Se incluye el nivel crítico (NC) y el rango de suficiencia (RS).

## 3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.

<i>Nombre Común</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Nitrógeno (%)</i>	<i>Fósforo (%)</i>	<i>Potasio (%)</i>	<i>Calcio (%)</i>	<i>Magnesio (%)</i>	<i>Azufre (%)</i>	<i>Hierro (ppm)</i>	<i>Manganeso (ppm)</i>
ACELGA	Beta vulgaris var. cicla	De 2.5 a 6	De 0.2 a 1.2	De 1 a 5	De 0.5 a 1.5	De 0.02 a 2.5	De 0.07 a 0.3	De 55 a 140	De 10 a 360
AGAVE TEQUILERO	Agave tequilana	De a	De a	De a	De a	De a	De a	De a	De a
AGUACATE	Persea americana	De 1 a 3	De 0.05 a 0.3	De 0.35 a 3	De 0.5 a 4	De 0.15 a 1	De 0.2 a 1	De 50 a 200	De 15 a 1000
AJO	Allium sativum	De 1 a 3	De 0.1 a 2	De 2 a 5	De 0.18 a 3.5	De 0.04 a 0.4	De a	De 30 a 780	De 10 a 65
AJONJOLI	Sesamum indicum	De 2 a 5	De 0.2 a 0.5	De 1 a 5	De 0.1 a 1	De 0.1 a 0.4	De 0.1 a 0.3	De 50 a 250	De 10 a 300
ALCACHOFA	Cynara scolymus	De 2 a 5	De 0.2 a 0.5	De 1 a 5	De 0.1 a 1	De 0.1 a 0.4	De 0.1 a 0.3	De 50 a 250	De 20 a 300
ALFALFA	Medicago sativa	De 4 a 7	De 0.2 a 1	De 1.8 a 4.5	De 1 a 4	De 0.2 a 2	De 0.1 a 0.3	De 60 a 300	De 20 a 250
ALGODON	Gossypium spp	De 3.5 a 6	De 0.24 a 0.75	De 1 a 3.5	De 1.5 a 3.5	De 0.25 a 1.5	De 0.25 a 0.5	De 35 a 350	De 30 a 600
ALMENDRO	Prunus amigdalus	De 3 a 4.2	De 0.2 a 0.36	De 1.5 a 2.26	De 1.5 a 2.51	De 0.5 a 1.01	De 0.1 a 0.3	De 100 a 200	De 50 a 150
APIO	Apium graveolens var. dulce	De 2 a 5	De 0.2 a 0.5	De 1 a 5	De 0.1 a 1	De 0.1 a 0.4	De 0.1 a 0.3	De 50 a 250	De 20 a 300
ARROZ	Oriza sativa	De 2 a 7	De 0.15 a 1	De 1 a 3.5	De 0.2 a 1.6	De 0.1 a 0.6	De 0.1 a 0.3	De 70 a 300	De 20 a 2500
AVENA	Avena fatua	De 2 a 7	De 0.15 a 1	De 1 a 3.5	De 0.2 a 1.5	De 0.1 a 0.6	De 0.1 a 0.3	De 10 a 500	De 10 a 300
BERENJENA	Solanum melongena	De 2.5 a 5	De 0.12 a 0.5	De 2.3 a 5	De 1 a 5	De 0.3 a 0.5	De 0.15 a 0.3	De 50 a 300	De 24 a 350
BETABEL	Beta vulgaris	De 2.5 a 6	De 0.2 a 1.2	De 1 a 5	De 0.5 a 1.5	De 0.02 a 2.5	De 0.07 a 0.3	De 55 a 140	De 10 a 360

## 3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.

---

### *Desviación del Óptimo Porcentual (DOP):*

Es un método estático que usa la comparación de la concentración del nutriente respecto a la norma, la cual se considera a partir del nivel óptimo nutrimental en el cual cada cultivo expresa su máximo rendimiento potencial, pero en una expresión porcentual. Es decir, cuantifica la cantidad en que un nutriente se desvía con respecto a esa norma individual.

Es una metodología alternativa para interpretar los análisis de tejido vegetal.

Una situación nutrimental óptima, para cualquier elemento, es definida por un índice DOP igual a cero, dando el orden de limitación tanto por exceso como por déficit, de cada uno de los nutrientes considerados.

## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

---

Permite una clasificación u ordenamiento de los nutrimentos en función de su efecto limitante. La sumatoria de los valores absolutos de los índices representa el balance nutritivo total de la planta y puede ser relacionado con la productividad.

## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

---

### ***SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES (DRIS):***

Es un método de diagnóstico de deficiencias y desbalance de la composición mineral del tejido vegetal. El fundamento del DRIS considera el uso de relaciones de nutrientes para el cálculo de índices que reflejan el estado nutrimental del cultivo, deficiencia o exceso independientemente de la edad de las hojas.

En cuanto a las relaciones nutricionales las plantas ganan y pierden nutrientes continuamente, y la absorción neta cambia con el tiempo y difiere entre nutrimentos. Estos son traslocados en diferente grado de un tejido a otro, y son diluidos diferencialmente en las distintas partes de la planta, por las sustancias orgánicas producidas conforme la planta crece.

## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

---

A pesar de esta complejidad en comportamiento de los nutrientes vegetales, parece intuitivamente que habrá un grupo de relaciones óptimas entre los nutrimentos esenciales dentro de una planta dada, para promover su crecimiento.

## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

---

### ***DIAGNOSTICO NUTRIMENTAL COMPUESTO (CND):***

Se calculan índices individuales par cada nutriente pero usando su relación respecto de la media geométrica (G), de todos ellos y otros componentes del material vegetal. R representa el resto de elementos no considerados en el análisis.



# 3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.

TABLA 5.18

Parámetros, ecuaciones y funciones en los diferentes métodos de interpretación del análisis foliar

A, B, ..., N: concentraciones de nutrientes

$\bar{a}, \bar{a}/\bar{b}$ , ...: normas; medias de nutrientes, relaciones de nutrientes

CV y SD: coeficiente de variación y desviación estándar de la norma

	Expresión	Normas	Funciones	Indices	Producción*
DRIS	A/B	$\bar{a}/\bar{b}, CV_{a/b}$	$f(A/B) = \frac{A/B - \bar{a}/\bar{b}}{\min(A/B, \bar{a}/\bar{b})^{**}} \times \frac{1.000}{CV_{a/b}}$	$I_A = \frac{f(A/B) + f(A/C) + \dots + f(A/N)}{z}$	$\sum  I_i $
DOP	A	$\bar{a}$		$I_A = \frac{A - \bar{a}}{\bar{a}} \times 100$	$\sum  I_i $
CND*	A/G	$V_a = \ln \frac{\bar{a}}{g}$	$V_A = \ln \frac{A}{G}$	$I_A = \frac{V_A - V_a}{SD_a}$	$(\sum  I_i )^{1/2}$
		donde	donde		
		$g = (\bar{a} \times \bar{b} \times \dots \times \bar{n} \times \bar{R})^{1/z+1}$	$G = (A \times B \times \dots \times N \times R)^{1/z+1}$		
		$\bar{R} = 1 - (\bar{a} + \bar{b} + \dots + \bar{n})$	$R = 1 - (A + B + \dots + N)$		

(\*) Explicación en el texto.

(\*\*) Valor más pequeño obtenido en los cálculos indicados.

## **3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.**

---

Ver ejemplos resueltos a continuación.

## 3.3 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.

*Comparación de métodos de interpretación del análisis foliar*

	<i>Cálculos</i>	<i>Normas</i>	<i>Correlación con producción</i>
NC y RS	Directa	Muchas	Media
DOP	Fácil	Pocas	Suficiente
DRIS	Complicados	Pocas	Buena
CND	Media	Muy pocas	Muy buenas (pocos cultivos)

## **3.4 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.**

---

Cultivos diferentes, necesitan cantidades específicas de nutrientes. Además, la cantidad de nutrientes necesaria depende en gran parte del rendimiento obtenido (o esperado) del cultivo. Las diferentes cantidades de nutrientes extraídos por algunos cultivos con rendimientos buenos y medios se presentan a continuación:

# 3.4 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.

CUADRO 1. Extracción de nutrientes por cultivos<sup>1</sup> (kg/ha)

	Rendimiento kg/ha	Nitrógeno N	Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	Potasio K <sub>2</sub> O	K	Ca	Mg	S
Arroz (no descascarado)	3 000	50	26	11	80	66	-	-	-
	6 000	100	50	22	160	133	19	12	10
Trigo	3 000	72	27	12	65	54	-	-	-
	5 000	140	60	26	130	108	24	14	21
Maíz	3 000	72	36	16	54	45	-	-	5
	6 000	120	50	22	120	100	24	25	15
Papas	20 000	140	39	17	190	158	2	4	6
	40 000	175	80	35	310	257	-	23	16
Batalas	15 000	70	20	9	110	91	-	-	-
	40 000	190	75	33	390	324	28	9	-
Mandioca	25 000	161	39	17	136	113	44	16	-
	40 000	210	70	31	350	291	57	-	-
Caña de azúcar	50 000	60	50	22	150	125	-	-	-
	100 000	110	90	39	340	282	-	50	38
Cebollas	35 000	120	50	22	160	133	-	-	21
Tomates	40 000	110	30	13	150	125	-	17	54
Pepino	35 000	60	45	20	100	83	-	36	-
Alfalfa (heno)	7 000	215 <sup>2</sup>	60	26	130	108	164	19	19
Soja	1 000	160 <sup>2</sup>	35	15	80	66	-	-	-
	2 400	224 <sup>2</sup>	44	19	97	81	-	18	-
Frijoles	2 400	155 <sup>2</sup>	50	22	120	100	-	-	-
Maní	1 500	105 <sup>2</sup>	15	7	42	35	19	11	12
Algodón (semilla + fibras)	1 700	73	28	12	56	46	6	4	5
	5 000	180	63	27	126	105	-	35	30
Tabaco (hojas secas)	1 700	90	22	10	129	107	48	6	4

- Datos no disponibles

1. Nutrientes contenidos en la parte cosechada de la planta (ya sea aérea o subterránea) para el rendimiento del cultivo indicado. Téngase en cuenta que no coinciden con las necesidades de fertilizantes.

2. Los cultivos leguminosos pueden obtener la mayoría de su nitrógeno del aire.

Fuente: Comité Consultivo de la Industria de Fertilizantes, FIAC

## 3.4 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.

Tabla 1. Cereales: cantidad de nutriente total absorbido y extraído en grano expresado en kg de nutriente por tonelada de grano base seca.

Cultivos	Nombre Científico	Absorción Total (kg/ton)						Extracción en Grano (kg/ton)						Fuente
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S	
Trigo	<i>Triticum aestivum</i> L.	30	5	19	3	4	5	21	4	4	0.4	3	2	5,10,11 y 14
Maíz	<i>Zea mays</i> L.	22	4	19	3	3	4	15	3	4	0.2	2	1	5,10,11 y 14
Arroz	<i>Oryza sativa</i> L.	22	4	26	3	2	1	15	3	3	0.1	1	0.6	1 y 11
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i> L.	26	4	20	-	3	4	15	3	5	-	1	2	1,10,11 y 14
Sorgo granífero	<i>Sorghum bicolor</i> L.	30	4	21	-	5	4	20	4	4	0.9	1	2	10,11 y 14
Centeno	<i>Secale cereale</i> L.	26	4	18	-	-	-	15	3	5	-	-	-	10
Avena	<i>Avena sativa</i> L.	34	5	20	-	6	6	20	3	3	-	1	1.8	1,10,11 y 14

- Datos no disponibles

## 3.4 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.

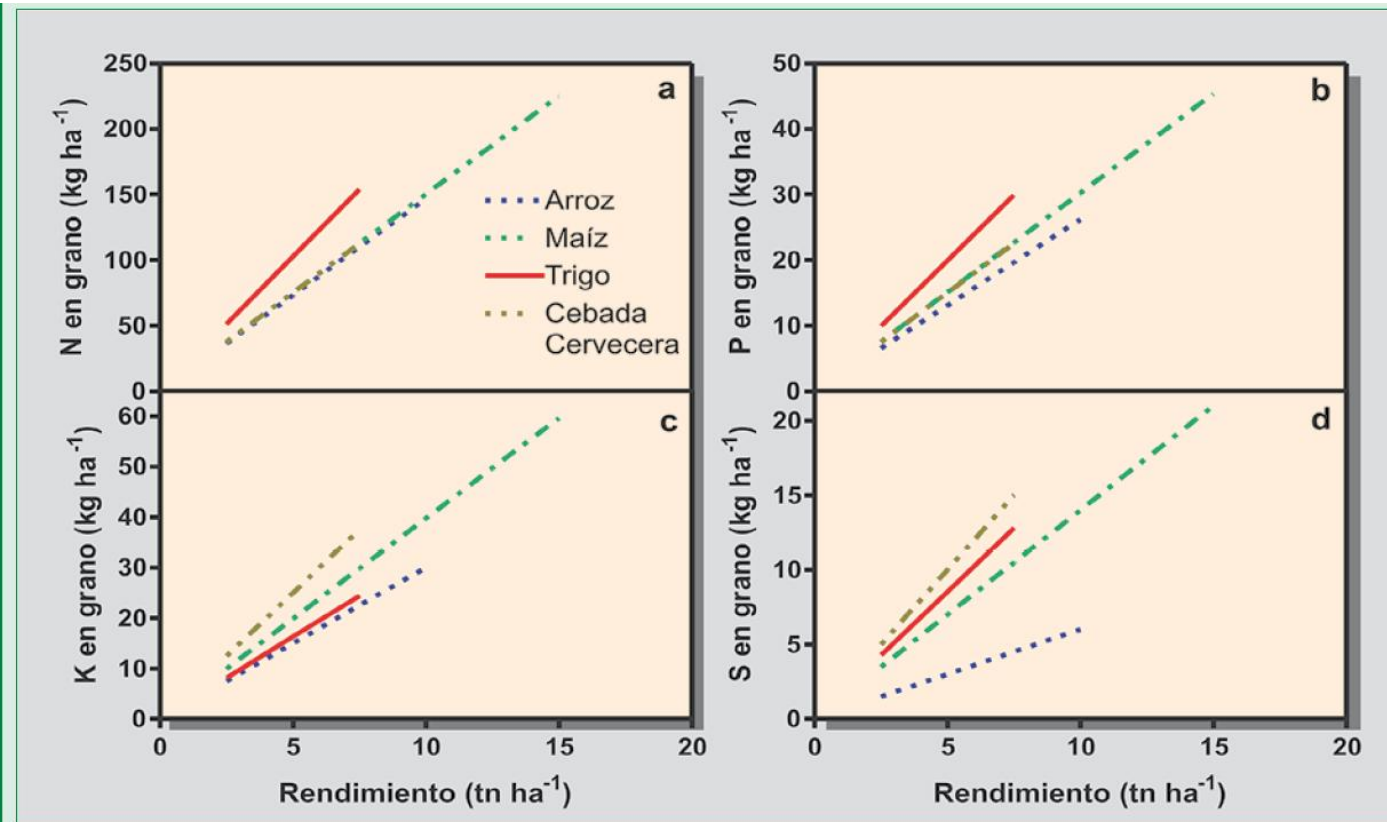


Figura 1. Extracción de nutrientes, N (a), P (b), K (c) y S (d) para distintos niveles de rendimiento de los cereales: arroz, maíz, trigo y cebada cervecera.

## 3.4 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.

Tabla 2. Leguminosas y Oleaginosas: Cantidad de nutriente total absorbido y extraído en los órganos cosechables expresado en kg de nutriente por tonelada de órgano cosechable (grano o fruto, éste último para el caso de maní y olivo) en base seca.

Cultivos	Nombre Científico	Absorción Total (kg/ton)						Extracción en Grano o Fruto (kg/ton)						Fuente
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S	
Soja	<i>Glycine max L.</i>	75	7	39	16	9	4	55	6	19	3	4	3	1,3,5,6,11 y 14
Girasol	<i>Helianthus annus L.</i>	40	11	29	18	11	5	24	7	6	1	3	2	1,2, 11 y 14
Colza/Canola	<i>Brassica napus L.</i>	60	15	65	33	10	12	38	11	28	-	-	7	5, 10 y 14
Lino	<i>Linum usitatissimum L.</i>	45	12	-	-	-	-	30	6	8	2	0.9	3	9, 10 y 14
Maní	<i>Arachis hypogaea L.</i>	69	7	35	19	-	4	44	4	11	2	-	3	1
Olivo	<i>Olea europaea L.</i>	16	5	17	-	-	-	12	2	7	-	-	-	10
Cartamo	<i>Carthamus tinctorius L.</i>	35	5	23	-	-	-	27	4	5	-	-	-	10 y 13
Poroto	<i>Phaseolus vulgaris L.</i>	-	-	-	-	-	-	35	4	15	3	3	5	10
Haba	<i>Vicia faba L.</i>	62	7	33	-	-	-	37	3	12	-	-	-	10
Garbanzo	<i>Cicer arietinum L.</i>	-	-	-	-	-	-	46	4	33	15	7	6	10
Lenteja	<i>Lens culinaris</i>	65	8	40	-	-	-	53	5	35	-	-	-	1 y 8
Mostaza	<i>Brassica juncea L.</i>	56	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	9

- Datos no disponibles



## 3.4 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.

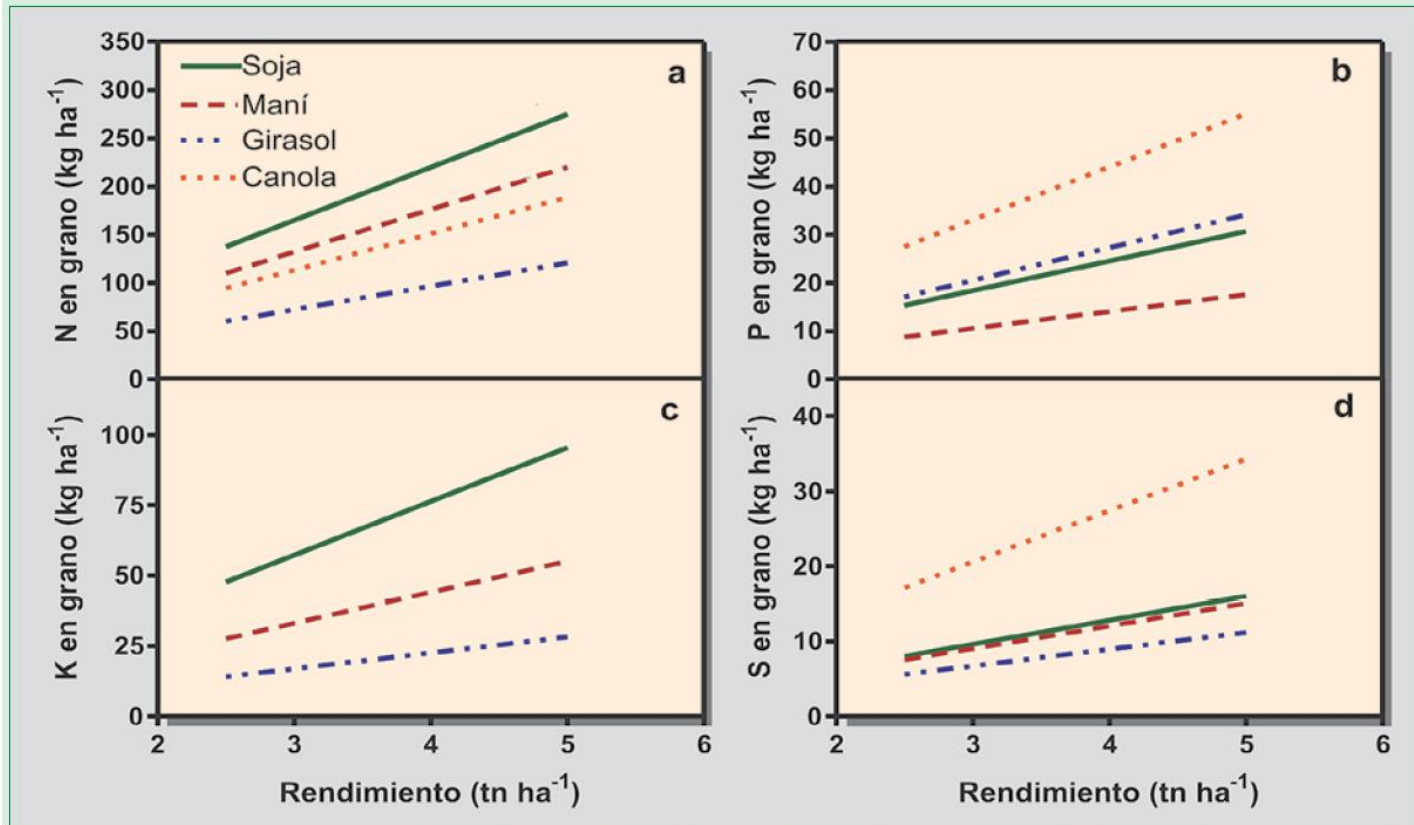


Figura 2. Extracción de nutrientes, N (a), P (b), K (c) y S (d) para distintos niveles de rendimiento de los cultivos oleaginosos: soja, maní, girasol y colza.

## 3.4 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.

Tabla 3. Cultivos Industriales: Cantidad de nutriente total absorbido y extraído expresado en kg de nutriente por tonelada de órgano cosechable en base seca

Cultivos	Nombre Científico	Órgano Cosechable	Absorción Total (kg/ton)						Extracción Total (kg/ton)						Fuente
			N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S	
Algodón	<i>Gossypium spp.</i>	Fibra	150	25	100	-	24	25	70	13	33	-	-	12	7,8,11 y 15
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum L.</i>	Caña (Materia Seca)*	5	1.3	6	-	0.9	0.4	3.4	0.6	3	0.5	0.5	0.2	1,14 y 16
Remolacha azucarera	<i>Beta vulgaris L.</i>	Raíz	4	2	10	-	1	0.4	2	2	2	-	0.6	0.2	10
Café	<i>Coffea arabica L.</i>	fruto	24	2	19	2	1	1	5	0.5	6	-	-	-	1 y 10
Te	<i>Camellia L.</i>	hoja seca	21	3	8	5	2	-	9	2	3	1	0.6	-	10
Yerba mate	<i>Ilex paraguarensis</i>	hoja seca	-	-	-	-	-	-	9	0.6	6	1	1	-	12
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum L.</i>	hoja seca	65	9	100	36	8	10	32	6	36	30	4	5	10,11 y 14

\*En la absorción se considera raíces y partes aéreas, y en la extracción sólo la parte aérea. - Datos no disponibles

## 3.4 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.

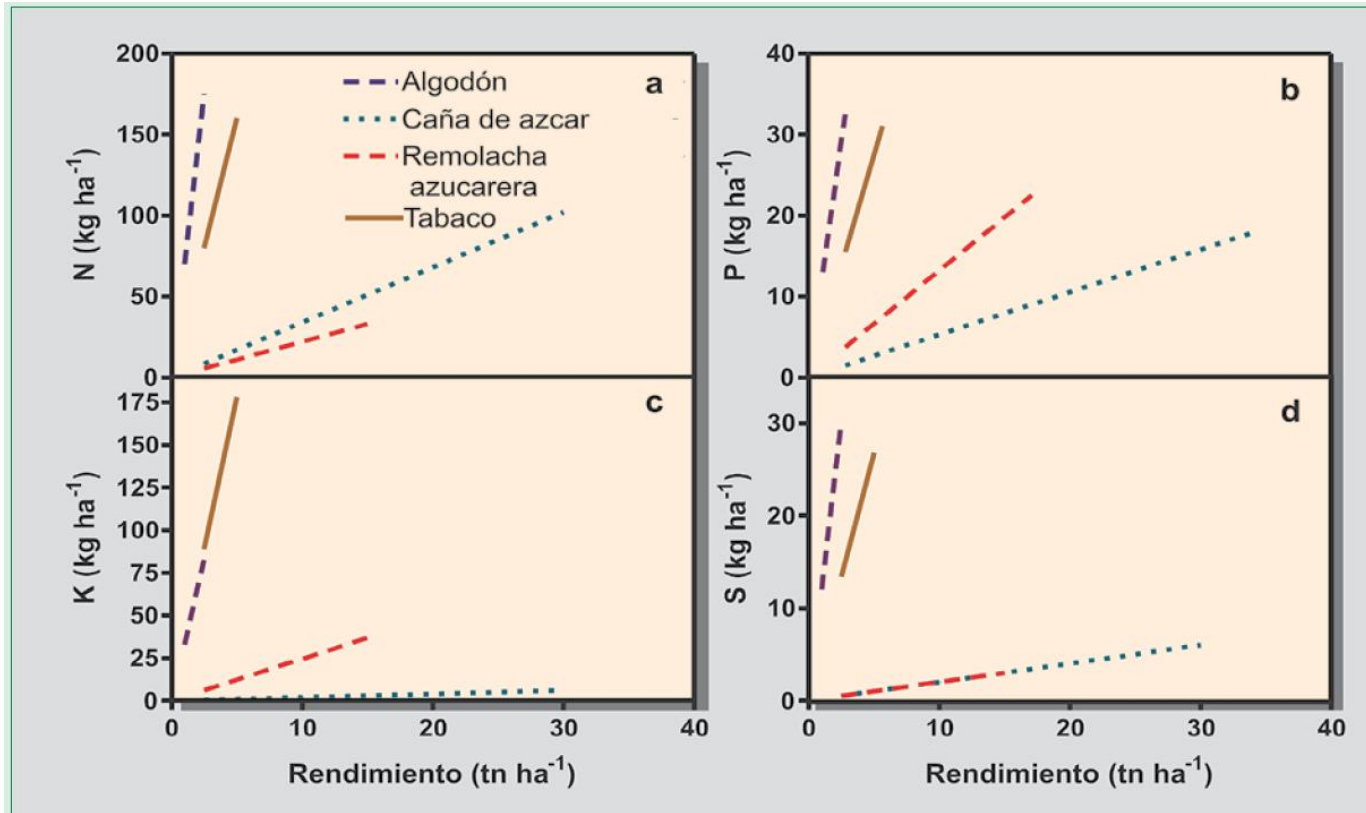


Figura 3. Extracción de nutrientes, N (a), P (b), K (c) y S (d) para distintos niveles de rendimiento de los cultivos industriales: algodón, caña de azúcar, remolacha azucarera y tabaco. Rendimientos expresados en base a materia seca de los órganos cosechables.

## 3.4 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.

Tabla 1. Requerimientos y extracción en grano de nutrientes para producir una tonelada de grano de maíz.

Nutriente	Requerimiento	Indice de Cosecha	Extracción
	kg/ton		kg/ton
Nitrógeno	22	0.66	14.5
Fósforo	4	0.75	3.0
Potasio	19	0.21	4.0
Calcio	3	0.07	0.2
Magnesio	3	0.28	0.8
Azufre	4	0.45	1.8
	g/ton		g/ton
Boro	20	0.25	5
Cloro	444	0.06	27
Cobre	13	0.29	4
Hierro	125	0.36	45
Manganeso	189	0.17	32
Molibdeno	1	0.63	1
Zinc	53	0.50	27

## **3.4 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.**

---

Ver hojas de cálculo:

Fertiliza

CalcReq2007

## 3.5 Requerimientos de fertilizantes.

---

- I. Métodos basados en el análisis de suelo y agua.
  
- II. Métodos basados en el análisis de tejido vegetal.

Resolver casos prácticos

## **3.6 Diseño de programas de fertilización.**

---

Resolver casos prácticos en clase y empleando la hoja de cálculo FERTILIZA.

# ***MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN***

## Cuarta Unidad





***OBJETIVO PARTICULAR: Que el alumno sea capaz de describir las fuentes de nutrientes a través de fertilizantes químicos de síntesis y orgánicos, las técnicas de aplicación y el impacto en el ambiente.***

#### CONTENIDOS

4.1 Fertilizantes y enmiendas de origen mineral.

4.2 Fertilizantes y enmiendas de origen orgánico.

4.3 Fertilizantes: Definiciones, estado físico y propiedades químicas, clasificación de los fertilizantes (especiales, lenta liberación, ultrasolubles, foliares, etc.).

4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes (suelo, foliares, fertirrigación, soluciones nutritivas, etc.) y eficiencia.

## ¿Qué es una enmienda?

---

Se trata de prácticas agrícolas mediante las cuales se agregan productos al suelos para mejorar sus condiciones físicas, químicas, físico-químicas y/o biológicas.

## 4.1 Enmiendas minerales.

---

a) Encalado: técnica utilizada para mejorar suelos ácidos.

La acidez en los suelos es una característica poco favorable para los cultivos. Los suelos ácidos son deficientes en calcio, en desarrollo microbiano, en fósforo y en otros nutrientes.

## 4.1 Enmiendas minerales.

---

La acidez del suelo se mejora a través del “método del encalado”, que consiste en agregar distintas sustancias tales como Cal viva ( $\text{CaO}$ ), Cal apagada ( $\text{CaO}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), Carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y Dolomita ( $\text{MgCO}_3 - \text{CaCO}_3$ ).

## 4.1 Enmiendas minerales.

---

La cantidad a agregar es directamente proporcional a la cantidad de coloides presentes en el suelo.

El material a agregar debe estar finamente molido, se incorporará en forma somera, con el suelo seco y tres semanas antes de la siembra.

## 4.1 Enmiendas minerales.

---

Los efectos se aprecian al año de la aplicación. Mejora la estructura del suelo, disminuye la solubilidad del hierro y aluminio y aumenta la solubilidad del calcio y magnesio, mejora el metabolismo de microorganismos heterótrofos y autótrofos y se favorecen los fijadores de nitrógeno libre.

Observación: si se eleva el pH del suelo a más de 8 se produce la insolubilización de nutrientes.

## 4.1 Enmiendas minerales.

---

b) Lavado de sales del suelo: Técnica aplicada a suelos salinos, suelos con exceso de sales solubles tales como los cloruros, sulfatos, etc.

Los excesos de estas sales generan en la mayoría de los cultivos plasmólisis, o sea el transvase de agua de las células a la solución salina provocando disminución en el crecimiento hasta la muerte de las especies vegetales.

## 4.1 Enmiendas minerales.

---

El lavado de los suelos consiste en inundar parcelas, de esta forma se disuelven las sales y por infiltración se van redistribuyendo en el perfil de suelo hasta llegar en algunos casos, hasta el agua subterránea.

El control de la salinidad será eficiente si el agua de lavado es de buena calidad y si la textura de suelo es tal que permita un drenaje libre más allá del enraizamiento.



## 4.1 Enmiendas minerales.

---

c) Incorporación de mejoradores químicos y lavado de sales del suelo: método aplicado a suelos sódicos (no salinos).

El principal problema de los suelos sódicos son las alteraciones físicas que produce el exceso de sodio intercambiable y el aumento del pH.

Al corregir de los suelos sódicos se substituye el sodio de intercambio por el calcio.

## 4.1 Enmiendas minerales.

---

Los mejoradores químicos son el cloruro de calcio, yeso, etc.

Estas sales se aplican al voleo y se incorporan al suelo mediante el arado. Luego se riega hasta inundar.

## 4.1 Enmiendas minerales.

---

Los suelos sódicos también se pueden mejorar por vía biológica.

Esta práctica se basa en los siguientes conceptos

- 1.- Siembra de especies resistentes a la alcalinidad.

## 4.1 Enmiendas minerales.

---

2.- Protección del suelo mediante colchón de rastrojo que evita el planchado del suelo, previene la evaporación, protege las plántulas y baja el pH por desprendimiento de CO<sub>2</sub> originado de la descomposición de la materia orgánica. Esta práctica es menos costosa que la anterior y no tiene el límite de la disponibilidad del agua y el drenaje.

## 4.2 Enmiendas orgánicas.

---

a) Enmienda húmica sólida. Producto sólido que aplicado al suelo aporta humus, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

b) Enmienda no húmica sólida. Producto sólido que aplicado al suelo preferentemente engendra humus, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

## 4.2 Enmiendas orgánicas.

---

c) Ácidos húmicos líquidos. Producto en solución acuosa obtenido por tratamiento o procesamiento de turba, lignito o leonardita.

d) Materia orgánica líquida. Producto en solución o en suspensión obtenido por tratamiento o procesamiento de un material de origen animal o vegetal.

## 4.2 Enmiendas orgánicas.

---

e) Compost. Producto obtenido por fermentación aeróbica de residuos orgánicos.

f) Turba ácida. Residuos vegetales procedentes de plantas desarrolladas y descompuestas en un medio saturado de agua y puede contener originalmente cierta cantidad de material terroso. (Materia orgánica total: 80% - pH inferior a 5).

## 4.2 Enmiendas orgánicas.

---

g) Turba no ácida. Residuos vegetales procedentes de plantas desarrolladas y descompuestas en un medio saturado de agua y puede contener originalmente cierta cantidad de material terroso. (Materia orgánica total: 40% - pH superior a 5).



## **4.3 Fertilizantes.**

---

M. FERNANDA MADRIGAL MORENO  
SUSANA BANDA CAMPOS

SEPTIEMBRE DE 2006

## 4.3 Fertilizantes.

---

- ❑ FERTIMEX - fines de los sesenta.
- ❑ Objeto de impulsar la producción, comercialización distribución y abastecimiento a los productores agrícolas.
- ❑ Estableciendo una política de precios oficiales únicos a nivel Nacional, buscando incentivar el uso de los Fertilizantes.

## 4.3 Fertilizantes.

---

- ❑ Durante 1991 y 1992 se realizó la privatización de FERTIMEX.
- ❑ Las diversas unidades industriales fueron adquiridas por grupos de inversionistas nacionales y extranjeros.
- ❑ Ahora operan en un mercado libre y donde cada empresa toma sus propias decisiones en materia de comercialización.

## 4.3 Fertilizantes.

---

### **CAPACIDAD INSTALADA.**

- ❑ En Fertilizantes Nitrogenados y Fosfatados la Industria Nacional cuenta con Capacidad Instalada suficiente para cubrir plenamente la Demanda Nacional.
- ❑ Además concurrir en el mercado exterior, incrementándose de 1980 a 2000, en un 81%.
- ❑ Los Fertilizantes Nitrogenados Urea y Sulfato de amonio representaron en el año de 2000 el 56% de la Capacidad Instalada Total.

## 4.3 Fertilizantes.

---

### PRODUCCION NACIONAL

□ A partir de la privatización de FERTIMEX la Producción Nacional de Fertilizantes se concentró en productos nitrogenados que incluyen principalmente:

Urea, Sulfato de Amonio y Nitrato de Amonio

□ Productos Fosfatados que incluyen:

Superfosfato de Calcio Simple, Superfosfato de Calcio Triple y Fosfato Diámonico (DAP).

## 4.3 Fertilizantes.

---

□ La Producción Nacional de Fertilizantes se incrementó en 85% del año de 1980 a 1995.

Urea, 35% - fósforo diámonico 13%.

□ Cierre parcial de las plantas productoras (1997) la producción de Urea y Nitrato de amonio (2000) disminuyó un 46% con respecto a 1995.

□ Problemas de producción en FERTINAL, principal productor de fertilizantes fosfatados → cierre definitivo → producción de estos insumos se redujo en un 52%.

## 4.3 Fertilizantes.

---

- ❑ Los fertilizantes pótasicos utilizados en México son de importación y se concentran en cultivos altamente redituables como los Hortícolas, Florícolas y Frutícolas.
- ❑ Mientras que la producción de Complejos NPK incluyen principalmente el 17-17-17, 20-10-20, 20-10-10 y el 18-12-06.

## 4.3 Fertilizantes.

---

### **CONSUMO NACIONAL APARENTE (CNA).**

- El Consumo Nacional Aparente de Fertilizantes en el país sufrió un incremento del 37% en el año de 2000, con respecto a 1980.
- A partir de la privatización de FERTIMEX, el consumo de Fertilizantes en 1992 disminuyó considerablemente, sin embargo en los años de 1993 y 1994 el consumo de estos insumos se elevó debido al crecimiento de las importaciones.
- Los Fertilizantes más utilizados fueron la Urea y el Sulfato de Amonio, representando el 68% del consumo total de Fertilizantes en el año 2000.



## 4.3 Fertilizantes.

---

### COMERCIO EXTERIOR.

- ❑ Las importaciones de los Fertilizantes disminuyeron drásticamente del año de 1980 a 1995.
- ❑ A partir de la privatización de FERTIMEX, y con el cierre de las plantas productoras de Urea y Sulfato de amonio a partir de 1997, las importaciones de estos productos se incrementaron considerablemente,
  - Urea, que representó - 90% del consumo nacional,
  - Nitrato de amonio - 36% del consumo nacional.

## 4.3 Fertilizantes.

---

❑ Los principales fertilizantes Fosfatados de importación en el año de 2000 fueron:

Fosfato monoamónico - Fosfato diámonico

❑ Fertilizantes Potásicos:

Cloruro de Potasio y Sulfato de Potasio representaron en el mismo año el 47% del total de las importaciones totales.

## 4.3 Fertilizantes.

---

### COMERCIALIZACION.

□ En la actualidad los canales directos tanto del sector social como de la iniciativa privada comercializan el total de los fertilizantes.

### PRECIOS.

□ Después de operar durante un largo período bajo una política de precios controlados tanto de productos finales como de las materias primas, la industria de fertilizantes experimentó durante 1991 y 1992 cambios profundos en sus esquemas de precios.

## 4.3 Definiciones.

---

1. **Macroelementos:** macroelementos primarios (N,P,K) y a los secundarios (Ca, Mg y S).
2. **Microelementos:** B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn
3. **Fertilizante o abono:** cualquier sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética → aporta a plantas 1 o + elementos nutritivos.

## 4.3 Definiciones.

---

4. **Fertilizante o abono mineral:** todo producto sin materia orgánica que contiene, en forma útil a las plantas, uno o más elementos nutritivos.

5. **Fertilizante o abono mineral simple:** producto con un solo macroelemento: N, P o K.

6. **Fertilizante o abono mineral complejo:** producto con más de un macro: N, P y/o K.

## 4.3 Definiciones.

---

7. **Fertilizante o abono orgánico:** el que procede de residuos animales o vegetales, y contiene los % mínimos de M.O y nutrientes determinados.

8. **Fertilizante o abono organo-mineral:** mezcla-combinación de abonos minerales y orgánicos.

9. **Fertilizante o abono mineral especial:** el que cumpla determinadas características de:

alta solubilidad o

alta concentración o

contenido de aminoácidos

## 4.3 Definiciones.

---

10. **Corrector de carencia de microelementos:** contiene 1 o varios micros; se aplica al suelo o a la planta; previene o corrige deficiencias.

11. **Enmienda mineral:** sustancia o producto mineral, natural o sintético, capaz de modificar o mejorar las propiedades y las características del suelo.

12. **Enmienda orgánica:** sustancia o producto orgánico capaz de modificar o mejorar las propiedades y las características del suelo.

## 4.3 Definiciones.

---

### 13. Riqueza o concentración de un abono:

Contenido en elementos fertilizantes asimilables por las plantas. Se expresa en tanto % de unidades fertilizantes por elemento.

El contenido de cada uno de los elementos de un fertilizante se expresa de la siguiente forma y en el siguiente orden:



## 4.3 Definiciones.

---

- N, para todas las formas de nitrógeno.
- $P_2O_5$ , para todas las formas de fósforo.
- $K_2O$ , para todas las formas de potasio.
- $CaO$ , para todas las formas de calcio.
- $MgO$ , para todas las formas de magnesio.
- $SO_3$ , para todas las formas de azufre.
- B, para todas las formas de boro.

## 4.3 Definiciones.

---

- ❑ Cl, para todas las formas de cloro.
- ❑ Co, para todas las formas de cobalto.
- ❑ Cu, para todas las formas de cobre.
- ❑ Fe, para todas las formas de hierro.
- ❑ Mn, para todas las formas de manganeso.
- ❑ Mo, para todas las formas de molibdeno.
- ❑ Zn, para todas las formas de cinc.

## 4.3 Definiciones.

---

Fósforo	$P_2O_5 = 2.29 \times P$
Potasio	$K_2O = 1.205 \times K$
Calcio	$CaO = 1.4 \times Ca$
Magnesio	$MgO = 1.66 \times Mg$

## 4.3 Definiciones.

---

**14. Concentración de un abono compuesto o contenido útil de un abono:** suma de la riqueza de los elementos que lo componen. En abonos simples equivale a la riqueza.

Según este concepto los fertilizantes se clasifican en: fertilizantes de baja concentración (concentración  $< 35 \%$ ) y fertilizantes de alta concentración (concentración  $\geq 35 \%$ ).

## 4.3 Definiciones.

---

**15. Equilibrio de un abono compuesto:** relación existente entre los elementos que lo componen. Para su cálculo normalmente se toma como referencia el nitrógeno, dividiendo cada riqueza por la correspondiente al nitrógeno.

## **4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes.**

---

El estado físico en que se presenta un abono, puede ser sólido, líquido y gaseoso. Juega un papel importante en las condiciones de utilización y la eficacia del abono, ya que tanto la homogeneidad de la distribución como su integración más o menos completa en el suelo, van a depender de dicha presentación.

## 4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes..

---

Los abonos **sólidos** son los de mayor uso y suelen presentarse en las siguientes formas:

a) Abonos en polvo, con grado de finura variable según el tipo de fertilizante. Normalmente no son aconsejables, ya que su manejo resulta molesto, entorpecen el funcionamiento de la máquinas y sufren pérdidas en la manipulación. Sin embargo, esta forma sin puede ser apropiada cuando la solubilidad en agua es escasa o nula, y resulta idónea en los casos en los que el abono se mezcla íntimamente con el suelo.

## **4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes..**

---

b) Abonos granulados. Aquéllos en los que al menos el 90 % de las partículas presentan un tamaño de 1 - 4 mm. Esta presentación permite un manejo más cómodo, un mejor funcionamiento de las abonadoras, una dosificación más exacta y una distribución sobre el terreno más uniforme.



## 4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes..

---

c) Abonos cristalinos, que facilitan la manipulación y distribución.

d) Abonos perlados (*prill*). Mediante el sistema de pulverización en una torre de gran altura, se obtienen esferas de tamaño muy uniforme, al solidificarse las gotas durante la caída.

e) Abonos macrogranulados. Constituidos por grandes gránulos, de 1 - 3 cm de diámetro e incluso mayores, de liberación progresiva de los elementos nutritivos.

## 4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes.

---

Dentro de los fertilizantes **líquidos**, los tipos más característicos son los siguientes:

a) Suspensiones. Gracias a la utilización de arcillas dispersas en el agua pueden mantenerse soluciones sobresaturadas de alguna sal (generalmente cloruro potásico) para alcanzar concentraciones totales elevadas en forma líquida. Para mantener las suspensiones se requiere una agitación periódica.

## 4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes..

---

b) Soluciones con presión: soluciones acuosas de nitrógeno en las que participa como componente el amoníaco anhidro con concentración superior a la que se mantiene en equilibrio con la presión atmosférica. Para su aplicación se requieren equipos especiales que soporten la presión adecuada.

c) Soluciones normales o clara sin presión: soluciones acuosas que contienen uno o varios elementos nutritivos disueltos en agua.

## 4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes.

---

Los abonos líquidos ofrecen las siguientes ventajas respecto a los sólidos:

- ❑ Su manejo es totalmente mecanizable.
- ❑ Se alcanza un gran rendimiento en la aplicación.
- ❑ Se consigue una gran uniformidad en la distribución sobre el terreno.

## **4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes.**

---

Entre los abonos gaseosos únicamente se emplea el amoníaco anhidro, que es un gas a la temperatura y presión normal.

Para que pase a estado líquido y facilitar el almacenaje y el transporte, se comprime y vuelve a transformarse en gas cuando se inyecta en el suelo.

## 4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes.

---

Las **propiedades químicas** de los fertilizantes determinan tanto su comportamiento en el suelo, como su manipulación y conservación. Destacan las siguientes:

a) Solubilidad. La solubilidad en agua o en determinados reactivos es determinante sobre el contenido o riqueza de cada elemento nutritivo en un fertilizante concreto.

## 4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes.

---

b) Reacción del fertilizante sobre el pH del suelo. Viene determinada por el índice de acidez o basicidad del fertilizante, que se corresponde con la cantidad de cal viva que es necesaria para equilibrar el incremento de acidez del suelo (fertilizantes de reacción ácida) o producir un incremento de pH equivalente (fertilizantes de reacción básica).

## 4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes.

---

c) Higroscopicidad: capacidad de absorber agua de la atmósfera a partir de un determinado grado de humedad de la misma. Esta absorción puede provocar que una parte de las partículas se disuelvan, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante. Generalmente, cuanto mayor es la solubilidad del fertilizante en agua, mayor es su higroscopicidad. Esta absorción puede provocar que una parte de las partículas se disuelvan, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante.



## 4.3 Estado físico y propiedades químicas de los fertilizantes.

---

c) Higroscopicidad: capacidad de absorber agua de la atmósfera a partir de un determinado grado de humedad de la misma. Esta absorción puede provocar que una parte de las partículas se disuelvan, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante. Generalmente, cuanto mayor es la solubilidad del fertilizante en agua, mayor es su higroscopicidad. Esta absorción puede provocar que una parte de las partículas se disuelvan, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante.

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

- ❑ ESTÁNDAR
- ❑ LÍQUIDOS
- ❑ ULTRASOLUBLES
- ❑ ENTREGA CONTROLADA

## **4.3 Clasificación de los fertilizantes.**

---

### **1. ABONOS MINERALES CON ELEMENTOS PRINCIPALES (SÓLIDOS).**

#### **1.1. ABONOS SIMPLES :**

**1.1.1. ABONOS NITROGENADOS**

**1.1.2. ABONOS FOSFATADOS**

**1.1.3. ABONOS POTÁSICOS**

#### **1.2. ABONOS COMPUESTOS:**

**1.2.1. ABONOS NPK**

**1.2.2. ABONOS NP**

**1.2.3. ABONOS NK**

**1.2.4. ABONOS PK**

# 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

## 2. ABONOS MINERALES CON ELEMENTOS PRINCIPALES (LÍQUIDOS).

### 2.1. ABONOS SIMPLES:

- a) Abonos obtenidos químicamente y por disolución acuosa.
- b) Productos obtenidos por disolución en agua.
- c) Productos obtenidos químicamente o por dilución en agua.
- d) Productos obtenidos químicamente o por suspensión en agua.
- e) Productos obtenidos por vía química.
- f) Producto obtenido por ataque ácido de la roca fosfórica.

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

### 2.2. ABONOS COMPUESTOS:

- a) Solución de abono NPK.
- b) Suspensión de abono NPK.
- c) Solución de abono NP.
- d) Suspensión de abono NP.
- e) Solución de abono NK.
- f) Suspensión de abono NK.
- g) Solución de abono PK.
- h) Suspensión de abono PK.

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

**3. ABONOS MINERALES CON ELEMENTOS SECUNDARIOS (ABONOS QUE CONTIENEN CALCIO, MAGNESIO O AZUFRE COMO ELEMENTO FUNDAMENTAL).**

- a) Sulfato de magnesio.
- b) Solución de cloruro de magnesio.
- c) Sulfato de calcio.
- d) Solución de cloruro de calcio.
- e) Azufre elemental.
- f) **Otros:** kieserita, hidróxido de magnesio, suspensión de hidróxido de magnesio.

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

### 4. ABONOS MINERALES CON MICROELEMENTOS.

Los fertilizantes que incorporan micronutrientes no sólo deben ser solubles, al igual que en el caso de los macronutrientes, sino que además deben ser estables a los valores de pH del medio de cultivo.

En suelos de carácter básico los micros metálicos precipitan rápidamente hacia formas insolubles no asimilables por la planta, si se aportan en forma mineral, por lo que habría que recurrir al empleo de quelatos.

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

Un quelato es un compuesto químico constituido por una molécula de naturaleza orgánica, que rodea y se enlaza por varios puntos a un ión metálico, protegiéndolo de cualquier acción exterior, de forma que evita su hidrólisis y precipitación. Existen numerosos tipos de quelatos autorizados:

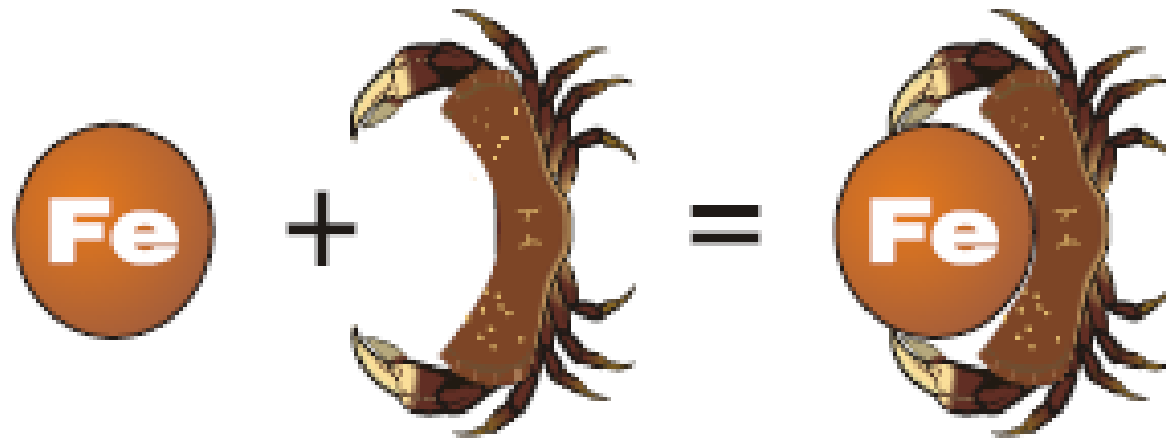


## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

- ❑ EDTA: Ácido Etilén-Diamino-Tetraacético.
- ❑ DTPA: Ácido Dietilén-Triamino-Pentaacético.
- ❑ HEDTA ó HEEDTA: Ácido Hidroxi-Etilén-Diamino-Triacético.
- ❑ EDDHA: Ácido Etilén-Diamino Di-orto-Hidroxi-fenil-acético.
- ❑ EDDHMA: Ácido Etilén-Diamino Di-orto-Hidroxi-para-Metil-fenil-acético.
- ❑ EDDCHA: Ácido Etilén-Diamino Di-orto-Hidroxi-para-Carboxi-fenil-acético.

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.



Metal + Ligando = Quelato

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

### 4.1. ABONOS QUE SÓLO DECLARAN UN OLIGOELEMENTO.

**4.1.1. BORO:** ácido bórico, borato de sodio, borato de calcio, borato etanolamina, abono boratado en solución, abono aboratado en suspensión.

**4.1.2. COBALTO:** sal de cobalto, quelato de cobalto, solución de abono a base de cobalto.

**4.1.3. COBRE:** sal de cobre, óxido de cobre, hidróxido de cobre, quelato de cobre, abono a base de cobre, solución de abono a base de cobre, oxicloruro de cobre, suspensión de oxicloruro de cobre.

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

**4.1.4. HIERRO:** sal de hierro, quelato de hierro, solución de abono a base de hierro.

**4.1.5. MANGANESO:** sal de manganeso, quelato de manganeso, óxido de manganeso, abono a base de manganeso, solución de abono a base de manganeso.

**4.1.6. MOLIBDENO:** molibdato de sodio, molibdato de amonio, abono a base de molibdato, solución de abono a base de molibdeno.

**4.1.7. ZINC:** sal de cinc, quelato de cinc, óxido de cinc, abono a base de cinc, solución de abono a base de cinc.

## **4.3 Clasificación de los fertilizantes.**

---

**4.2. MEZCLAS SÓLIDAS O LÍQUIDAS DE OLIGOELEMENTOS.**

**4.3. ABONOS QUE CONTIENEN ELEMENTOS PRINCIPALES Y/O SECUNDARIOS CON OLIGOELEMENTOS APORTADOS AL SUELO.**

**4.4. ABONOS QUE CONTIENEN ELEMENTOS PRINCIPALES Y/O SECUNDARIOS CON OLIGOELEMENTOS PARA PULVERIZACIÓN FOLIAR.**

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

### 5. ENMIENDAS MINERALES.

Carbonato cálcico molido, carbonato cálcico magnésico, cal viva, cal apagada, espuma de azucarería, margas y productos similares, anhidrita, carbonato magnésico, óxido de magnesio (magnesita).

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

### 6. ABONOS ORGÁNICOS, ORGANOMINERALES Y ENMIENDAS ORGÁNICAS

#### 6.1. ABONOS ORGÁNICOS

- a) **Abono orgánico sólido.** Producto sólido obtenido a partir de residuos animales y/o vegetales.
- b) **Aminoácidos.** Producto en solución acuosa obtenido por alguno de los siguientes procesos: hidrólisis de proteínas, fermentación o síntesis.

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

### 6.2. ABONOS ORGANO-MINERALES

**a) Abono orgánico-mineral sólido.**

Producto sólido obtenido por mezcla o combinación de abonos minerales y orgánicos.

**b) Abono orgánico-mineral líquido.**

Producto en solución o en suspensión procedente de una mezcla o combinación de abonos minerales con materia orgánica de origen animal o vegetal.



## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

### 7. OTROS FERTILIZANTES Y AFINES

#### 7.1. ABONOS ESPECIALES

- a) **Abono de alta solubilidad.** Fertilizante o abono sólido cuyo residuo insoluble en agua a 15 °C, es menor del 0,5 %, a la mayor dosis recomendada para su uso.
- b) **Producto conteniendo aminoácidos.** Producto que incorpora aminoácidos obtenidos por alguno de los siguientes procesos: hidrólisis de proteínas, fermentación o síntesis.

## 4.3 Clasificación de los fertilizantes.

---

### 7.2. CORRECTORES DE CARENCIAS

- a) **Cobre:** acetato de cobre.
- b) **Hierro:** citrato de hierro, sulfato de hierro amoniacal.
- c) **Calcio:** calcio quelatado o complejado, cloruro cálcico.
- d) **Magnesio:** magnesio quelatado o complejado.

## **4.3 Clasificación de los fertilizantes.**

---

### **7.3. ABONOS, ENMIENDAS Y CORRECTORES CON ELEMENTOS SECUNDARIOS Y/O OLIGOELEMENTOS**

Abonos que respondiendo a algún tipo de los definidos en los apartados anteriores, contienen uno o varios elementos secundarios y/u oligoelementos.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

El término “entrega-controlada” (también referido a “entrega o descarga lenta”) es usado para describir fertilizantes que no liberan el 100% de los nutrientes disponibles al momento de la aplicación. La entrega de los nutrientes es variable según el producto y depende de los niveles de humedad del suelo, la temperatura y/o la actividad microbiológica.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

Existen tres categorías básicas:

- ❑ Orgánicos.
- ❑ Nitrógeno de solubilidad lentas.
- ❑ Recubiertos.

El objetivo final de los FEC es entregar nutrientes a una tasa que coincida con la demanda de la planta y de esa forma evitar pérdidas.

## **4.3 Fertilizantes de entrega controlada.**

---

Esto trae como consecuencia una máxima eficiencia en su utilización al optimizar la calidad de la planta, disminuyendo la frecuencia en la fertilización y las pérdidas por lixiviación.

Sin embargo, existen límites en el nivel de control sobre la entrega, los cuales se discutirán a continuación.

## **4.3 Fertilizantes de entrega controlada.**

---

**PRODUCTOS ORGANICOS.** La utilización de productos orgánicos como fuente de fertilizantes es una actividad cultural realizada durante miles de años. Estos incluyen guanos de animales, desechos de pescado, algas marinas, lombrices, huesos, aserrín y desechos de plantas compostadas.

## **4.3 Fertilizantes de entrega controlada.**

---

Estos productos suelen presentar un menor porcentaje de nutrientes en relación a los fertilizantes sintéticos y, por lo mismo, deben ser aplicados en mayor cantidad. Los elementos provenientes de estos fertilizantes pueden ser muy variables y resulta muy difícil predecir su patrón de entrega. Sin embargo, estos productos han sido utilizados en una gran variedad de situaciones, resultando en una alternativa económica a la utilización de FEC.



## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

PRODUCTOS A BASE DE NITROGENO DE BAJA SOLUBILIDAD. Los productos a base de nitrógeno (N) son creados por intermedio de reacciones químicas de un componente nitrogenado soluble en agua y aldehídos. Esto resulta en una estructura molecular compleja con niveles de solubilidad limitados. Una vez introducidos a la solución del suelo, estos productos se liberan y transforman lentamente en formas químicas disponibles para la planta.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

UREA-FORM. Urea-form es uno de los grupos que se obtienen de la reacción de urea y formaldehído. Estos productos están compuestos por polímeros de monometilol-urea de diverso tamaño y solubilidad. Cadenas de polímeros más extensas presentan niveles de solubilidad menor en comparación a cadenas más cortas, en períodos más extensos.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

Urea-form es la clase menos soluble y contiene al menos un 35% de N total, del cual al menos un 15% es urea no reactiva. Urea-form es un sólido blanco indoloro y su descomposición está regulada principalmente por la actividad microbológica en el suelo. Por lo tanto, la liberación de nutrientes dependerá de factores ambientales que regulan la actividad microbológica en el suelo (temperatura del suelo, humedad, pH y aireación).

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

IBDU. Las Isobutilidendiurea (IBDU), como las urea-form, se crean a partir de la reacción de urea y aldehídos, y tienen una solubilidad en agua menor a un 0.1%. Los fertilizantes comercializados contienen cerca de un 30% de N. Los IBDU son sólidos, blancos, cristalinos, disponibles tanto en partículas finas como gruesas.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

A diferencia de las Urea-form, el N en los compuestos IBDU se torna disponible para la planta a través de la hidrólisis. La tasa de entrega del nutriente dependerá entonces del tamaño de los gránulos de IBDU y el contenido de agua en el suelo. Este proceso de liberación se puede acelerar en condiciones de acidez y altas temperaturas. Los IBDU son manufacturados por Nu-Gro Technologies, Inc. y se encuentran disponibles en concentrados para mezclar con fertilizantes o en saquitos.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

PRODUCTOS RECUBIERTOS. A diferencia de los productos nitrogenados de baja solubilidad, los fertilizantes recubiertos permiten la liberación controlada de otros nutrientes además del N. Los FEC recubiertos consisten en un concentrado de nutrientes soluble recubierto por una capa insoluble al agua. Diversos materiales para recubrir los fertilizantes han sido utilizados incluyendo ceras, aceites, azufre, plásticos y resinas.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

Las más comunes son las cubiertas polimeradas. Un polímero es un compuesto de alto peso molecular derivado de la concentración de moléculas más pequeñas. Para situaciones de fertilizantes de corta duración es recomendable una cubierta delgada y liviana. Sin embargo, para períodos de nutrición más largos, mezclas de entrega a corto o largo plazo o mezclas de cubiertas delgadas y gruesas son recomendables para entregas más balanceadas.

## **4.3 Fertilizantes de entrega controlada.**

---

UREA RECUBIERTA CON AZUFRE. Los fertilizantes recubiertos con azufre fueron una de las primeras tecnologías de fertilización controladas disponibles. A veces, una capa de cera microcristalina es utilizada como aislante.



## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

Las ureas recubiertas con azufre (SCU) liberan nutrientes a través de la penetración del agua en las fallas, poros e imperfecciones de la película que cubre el fertilizante.

Una vez que el agua ha penetrado, la urea disuelta es rápidamente liberada desde el gránulo.

La tasa de entrega se encuentra controlada por el grosor y calidad de la cubierta del fertilizante.

## **4.3 Fertilizantes de entrega controlada.**

---

### **FERTILIZANTES RECUBIERTOS CON POLIMEROS.**

Los FEC recubiertos con polímeros son considerados los de mayor avance tecnológico debido a su alta eficiencia en el control de la entrega de nutrientes y la duración del producto.

## **4.3 Fertilizantes de entrega controlada.**

---

En la mayoría de los sistemas hortícolas estos fertilizantes han reemplazado a los productos recubiertos con azufre debido a la entrega gradual y consistente de nutrientes que los recubiertos con polímeros poseen. Los FEC basados en una cubierta polimerizada se pueden clasificar en resinas termoset o resinas termoplásticas.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

La entrega de nutrientes de estos fertilizantes depende tanto del grosor y composición de la cubierta como de las características ambientales del sustrato donde es aplicado

La información sobre la tasa de duración de estos fertilizantes se obtiene donde los propios fabricantes y normalmente va entre un período de 3 a 18 meses. Sin embargo, es importante resaltar que esta información es determinada en condiciones controladas de temperatura en laboratorio (aprox. 21°C).

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

### *Ventajas.*

- ❑ La principal y más clara ventaja de los FEC sobre los fertilizantes solubles de entrega rápida es su habilidad de suministrar nutrientes a las plantas por períodos de tiempo prolongado sólo mediante una aplicación.
- ❑ Debido a su lenta descarga, las posibilidades de daños a las plantas asociadas a niveles de toxicidad se reducen y la eficiencia en el uso de los fertilizantes mejora ostensiblemente.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

- ❑ Otra ventaja es la clara disminución en los niveles de pérdidas de nutrientes por lixiviación.
- ❑ Comúnmente, se piensa que los FEC son costosos en comparación a los fertilizantes solubles en agua. Sin embargo, las constantes aplicaciones requeridas cuando se usan estos últimos pueden resultar más costosas en relación a los FEC.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

### *Desventajas.*

- ❑ La principal desventaja en la utilización de FEC se encuentra en la posibilidad de que ocurran entregas de nutrientes descontroladas. A diferencia de los productos solubles, los FEC no pueden ser ajustados una vez que han sido aplicados.
- ❑ Al momento de usar algunas formulaciones en plantas en maceteros, durante las primeras dos semanas las descargas más rápidas de N y K disminuyeron las demandas de las plantas por nutrientes, incrementando las pérdidas por lixiviación.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

- En otro estudio se encontró que para 17 tipos distintos de FEC existía una entrega desigual de nutrientes, con tasas de liberación más altas en las primeras semanas, especialmente en tratamientos con mayores temperaturas y con períodos de entrega de nutrientes más cortos.
- En estos casos, el suministro de nutrientes puede no corresponder a los requerimientos de las plantas, por lo que las pérdidas por lixiviación pueden aumentar; incluso dentro de productos recubiertos con polímeros similares la intensidad y el patrón de entrega pueden ser variables.



## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

### CONSIDERACIONES AMBIENTALES.

- ❑ La magnitud en la respuesta de las plantas a la aplicación de FEC es notablemente distinta de sitio a sitio.
- ❑ Factores propios del suelo, especialmente el contenido de humedad, pueden tener un profundo efecto en el nivel de respuesta a la fertilización.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

- ❑ La temperatura es otro factor que afecta fuertemente el comportamiento de los FEC.
- ❑ Las tasas de entrega de N, P y K en diversos fertilizantes: aumentan entre un 13% y un 19% con un aumento de temperatura de 10 °C
- ❑ Aumentos de 10 °C en la temperatura del suelo, la liberación de nutrientes en fertilizantes polimerizados aumentaba en el doble.
- ❑ La posible “caída” de los fertilizantes bajo altas temperaturas puede traer como consecuencia una acumulación tóxica de sales, especialmente bajo sitios con altos niveles de estrés hídrico.

## 4.3 Fertilizantes de entrega controlada.

---

### RECOMENDACIONES.

- ❑ La mejor forma de utilizar los FEC es primero conocer los diversos tipos de productos y tecnologías disponibles y después probar en forma meticulosa una variedad de aplicaciones en diversas situaciones ambientales.
- ❑ No todos los FEC son similares, existiendo diferentes efectos bajo distintas situaciones de terreno. Pueden existir diversas fuentes y concentraciones de N en distintos fertilizantes.

# UREA

---

## Nutrientes principales:

- ❑ 46% Nitrógeno total (N)
- ❑ 46% nitrógeno uréico
- ❑ Fórmula química:  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$
- ❑ Peso molecular (g/mol): 60.06
- ❑ Nombre químico: Urea, carbamida, carbonildiamida, ácido carbamídico
- ❑ Olor: Inodoro.

# UREA

---

## Características físicas y químicas:

- ❑ Color y forma: Blanco, forma esférica o granular
- ❑ Densidad (Kg/m<sup>3</sup>): 768 (700 – 800)
- ❑ Solubilidad en agua a 20°C: 1,080 gr/litro
- ❑ Humedad crítica relativa (a 30°C): 73%
- ❑ Acidez equivalente a carbonato de calcio: 84 (Partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de urea)
- ❑ Índice de salinidad: 75.4
- ❑ pH en solución acuosa al 10%: 9 – 10

# UREA

---

- ❑ Punto de fusión: 133 °C (se descompone)
- ❑ Inflamabilidad: No inflamable
- ❑ Propiedades explosivas: La Urea no contaminada no presenta riesgos de explosión, pero puede formar mezclas explosivas sujetas a detonación espontánea cuando se contamina con ácidos fuertes (nítrico o perclórico) o nitratos
- ❑ Propiedades oxidantes: Ninguna

# UREA

---

- ❑ **Compatibilidad:** Limitada con superfosfato triple y simple, ya que reaccionan formando agua y esto causa apelmazamiento. Incompatible con nitrato de amonio, ya que la mezcla de ambos tiene una humedad crítica relativa de 18% a 30°C.
- ❑ **Manejo y almacenamiento:** Producto extremadamente higroscópico. Almacenar en áreas frescas, lejos del calor y fuentes de ignición.

# UREA

---

- ❑ Comportamiento en el suelo: La urea tiene reacción ácida. En época seca pueden producirse pérdidas de amoníaco por volatilización, especialmente si la urea se aplica a la superficie del suelo. En suelos alcalinos ( $\text{pH} > 7$ ) se intensifica este fenómeno. En suelos ligeramente ácidos ( $\text{pH}$  entre 5.5 y 6.5), su nitrificación es más rápida.
- ❑ Observaciones: Para aplicaciones foliares se debe conocer la cantidad de biuret (carbamyl urea) presente, ya que existen cultivos muy susceptibles a éste. Se recomienda que su contenido sea menor del 1%, en urea para aplicación foliar.



# NITRATO DE AMONIO

---

## ❑ **Nutrientes principales:**

- ❑ 33.5% Nitrógeno total (N)
- ❑ 16.6% nitrógeno amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)
- ❑ 16.9% nitrógeno nítrico (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

## ❑ **Características físicas y químicas:**

- ❑ Fórmula química: NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>
- ❑ Peso molecular (g/mol): 80.04 g/mol
- ❑ Nombre químico: Nitrato de amonio
- ❑ Color: Blanco
- ❑ Punto de fusión: 169.6 °C
- ❑ Punto de ebullición: 210 °C (descomposición)
- ❑ Densidad (Kg/m<sup>3</sup>): 1725

# NITRATO DE AMONIO

---

- ❑ Solubilidad: 200 g/100 ml de agua (20oC)
- ❑ Humedad crítica relativa (a 30°C): 59%
- ❑ Acidez equivalente a carbonato de calcio: 59 (Partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de nitrato de amonio)
- ❑ Índice de salinidad: 104.7
- ❑ Compatibilidad: Compatible con la mayoría de fertilizantes, excepto con la urea (forma una pasta), ya que la humedad crítica relativa de la mezcla es de 18.

# NITRATO DE AMONIO

---

- Manejo y almacenamiento: Producto extremadamente higroscópico. Puede iniciar fuego y es explosivo (nitrato). Se recomienda almacenarlo con los más altos estándares de seguridad; bajo ningún punto de vista debe someterlo a presión.
- Comportamiento en el suelo: Contiene nitrógeno amoniacal (disponibilidad moderada) y nítrico (disponibilidad inmediata). En presencia de sales alcalinas, el nitrato de amonio libera fácilmente su amoníaco, ocasionando pérdidas de nitrógeno por volatilización. En cultivos inundados, su eficiencia es menor que la del nitrógeno 100% amoniacal.
- Observaciones: Puede mezclarse con la mayoría de fertilizantes, excepto con productos alcalinos y cianamida cálcica.

# NITRATO DE CALCIO

---

## Nutrientes principales:

- ❑ 15.5% Nitrógeno total (N)
- ❑ 1% nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )
- ❑ 14.5% nitrógeno nítrico ( $\text{NO}_3^-$ )
- ❑ 26.5% Calcio (CaO)

# NITRATO DE CALCIO

---

## Características físicas y químicas:

- ❑ Fórmula química:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- ❑ Peso molecular (g/mol): 424.1
- ❑ Nombre químico: Nitrato de calcio y amonio, decahidratado
- ❑ Color y forma: Blanco, granular
- ❑ Densidad ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ): 2360 (grado técnico)
- ❑ Solubilidad: 220g/100ml de agua
- ❑ Humedad crítica relativa (a  $30^\circ\text{C}$ ): 47%
- ❑ Acidez equivalente a carbonato de calcio: neutro
- ❑ Índice de salinidad: 65

# NITRATO DE CALCIO

---

- ❑ **Compatibilidad:** No es recomendable mezclar con ninguna materia prima (Urea, Nitrato de Amonio, Cloruro de Amonio, DAP), con excepción del sulfato de potasio (SOP). Su humedad crítica relativa es baja (47% a 30°C) y es aún menor en mezclas con nitrato de amonio (24%).
- ❑ **Manejo y almacenamiento:** Higroscópico y deliquescente, tiende a apelmazarse si se descuida su almacenamiento. Evite almacenar en áreas húmedas, en contacto con el suelo o al cielo abierto.
- ❑ **Comportamiento en el suelo:** Fuente de calcio 100% soluble, no dependiente del pH del suelo. Nitrógeno rápidamente disponible, no incrementa acidez del suelo.

# SULFATO DE AMONIO

---

## Nutrientes principales:

- ❑ 21% Nitrógeno total (N)
- ❑ 21% nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )
- ❑ 24% Azufre (S)
- ❑ Fórmula química:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- ❑ Peso molecular (g/mol): 132.14
- ❑ Nombre químico: Sulfato de amonio

# SULFATO DE AMONIO

---

## Características físicas y químicas:

- ❑ Color y forma: Sólido cristalino blanco, a veces con tono ligeramente amarillo.
- ❑ Densidad (Kg/m<sup>3</sup>): 962
- ❑ Solubilidad: 76 g/100 ml de agua (25°C)
- ❑ Humedad crítica relativa (a 30°C): 79%



# SULFATO DE AMONIO

---

- ❑ Acidez equivalente a carbonato de calcio: 110 (Partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de sulfato de amonio).
- ❑ Índice de salinidad: 69

# SULFATO DE AMONIO

---

- ❑ Compatibilidad: Compatible con la mayoría de fertilizantes.
- ❑ Manejo y almacenamiento: Producto de baja higroscopicidad. Se recomienda evitar el almacenamiento prolongado (más de 6 meses) de mezclas con cloruro de potasio, sulfato de potasio y superfosfatos, para evitar el humedecimiento de la mezcla y el apelmazamiento.

# SULFATO DE AMONIO

---

- ❑ Comportamiento en el suelo: Alto poder acidificante del suelo, debido al grupo amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), no al sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ). El sulfato de amonio libera fácilmente amoníaco en el suelo, en presencia de sales alcalinas. Evite mezclar con cal, para reducir las pérdidas de nitrógeno.
- ❑ Observaciones: No se debe mezclar con herbicidas a base de clorato, debido al peligro de explosión.

# **SUPER FOSFATO DE CALCIO TRIPLE**

---

## **Nutrientes principales:**

- ❑ 46% Fósforo ( $P_2O_5$ )
- ❑ 20% Calcio (CaO)

## **Características físicas y químicas:**

- ❑ Fórmula química:  $Ca(H_2PO_4)_2$
- ❑ Peso molecular (g/mol): 132.05
- ❑ Nombre químico: Fosfato de calcio, monobásico
- ❑ Color y forma: Cristales blancos.

# SUPER FOSFATO DE CALCIO TRIPLE

---

- ❑ Densidad (kg/m<sup>3</sup>): 1,040 -1,088
- ❑ Solubilidad: Moderadamente soluble en agua: Aproximadamente 1.8g/100ml de agua a 30°C
- ❑ Humedad crítica relativa (a 30°C): 94%
- ❑ Acidez equivalente a carbonato de calcio: neutro
- ❑ Índice de salinidad: 10.1
- ❑ Compatibilidad: Compatible con la mayoría de fertilizantes. Compatibilidad limitada con urea y fosfato de amonio doble (DAP).

# SUPER FOSFATO DE CALCIO TRIPLE

---

- ❑ Manejo y almacenamiento: No requiere de manejo o precauciones especiales en su almacenamiento; sin embargo, deben seguirse todas las prácticas de buen manejo. Como todos los fertilizantes, tiende a ser corrosivo, por lo que es preferible emplear estructuras de madera, para su almacenamiento. Tiende a apelmazarse al ser estibado, pero los grumos son fáciles de romper.
- ❑ Comportamiento en el suelo: Reacción levemente ácida en el suelo. Su pH en solución acuosa es aproximadamente de 4. Material de velocidad media de liberación del fósforo.

# FOSFATO DIAMONICO (DAP)

---

## Nutrientes principales:

- ❑ 18% Nitrógeno total (N)
- ❑ 18% nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )
- ❑ 46% Fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )

## Características físicas y químicas:

- ❑ Fórmula química:  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
- ❑ Peso molecular (g/mol): 132.05 132.05
- ❑ Nombre químico: Fosfato de amonio, dibásico;  
Fosfato de amonio, monoácido.

# FOSFATO DIAMONICO (DAP)

---

- ❑ Color y forma: Color variable, desde blanco (cristal, grado técnico) hasta café (granular)
- ❑ Densidad (kg/m<sup>3</sup>): 912 912
- ❑ Solubilidad: 58g/100ml de agua
- ❑ Humedad crítica relativa (a 30°C): 82.8%
- ❑ Acidez equivalente a carbonato de calcio: 69 (Partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de DAP).
- ❑ Índice de salinidad: 29.2



# FOSFATO DIAMONICO (DAP)

---

- ❑ **Compatibilidad:** Con la mayoría de fertilizantes, compatibilidad limitada con superfosfato triple y superfosfato simple, resultando en el apelmazamiento de la mezcla (Las mezclas poseen baja humedad crítica relativa).
- ❑ **Manejo y almacenamiento:** Por su alta humedad crítica relativa, no requiere de manejo o precauciones especiales en su almacenamiento; sin embargo, deben seguirse todas las prácticas de buen manejo, principalmente evitando el contacto con la humedad. El sólido puede perder gradualmente hasta un 8 % de nitrógeno amoniacal, al exponerse al aire.

# FOSFATO DIAMONICO (DAP)

---

❑ Comportamiento en el suelo: Efecto inicial basificante, similar a la urea (producción de  $\text{NH}_3$ ) y luego acidifica. En algunos cultivos no es recomendable aplicarlo junto con urea al momento de sembrar. No debe aplicarse junto con productos alcalinos, para evitar pérdidas de nitrógeno amoniacal. El pH de la solución acuosa es de 8. Este producto puede emplearse como fuente de nitrógeno (18%) o de fósforo (46%).

# FOSFATO MONOAMONICO (MAP) 10-50-00

---

## Nutrientes principales:

- ❑ 10% Nitrógeno total (N)
- ❑ 10% nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )
- ❑ 50% Fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )

## Características físicas y químicas:

- ❑ Fórmula química:  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
- ❑ Peso molecular: 115.0
- ❑ Nombre químico: Fosfato de amonio, monobásico;  
Fosfato diácido de amonio

# FOSFATO MONOAMONICO (MAP) 10-50-00

---

- ❑ Color y forma: Color variable, desde blanco (cristal, grado técnico) hasta café (granular)
- ❑ Densidad (kg/m<sup>3</sup>): 944-1024
- ❑ Solubilidad: 40g/100ml de agua
- ❑ Humedad crítica relativa (a 30°C): 92%
- ❑ Acidez equivalente a carbonato de calcio: 65 (Partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de MAP).
- ❑ Índice de salinidad: 24.3

# FOSFATO MONOAMONICO (MAP) 10-50-00

---

- ❑ Compatibilidad: Compatible con la mayoría de fertilizantes.
- ❑ Manejo y almacenamiento: Por su alta humedad crítica relativa, no requiere de manejo o precauciones especiales en su almacenamiento; sin embargo, deben seguirse todas las prácticas de buen manejo, principalmente evitando el contacto con la humedad.

# FOSFATO MONOAMONICO (MAP) 11-52-00

---

## Nutrientes principales:

- ❑ 11% Nitrógeno total (N)
- ❑ 11% nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )
- ❑ 52% Fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )

## Características físicas y químicas:

- ❑ Fórmula química:  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
- ❑ Peso molecular: 115.0
- ❑ Nombre químico: Fosfato de amonio, monobásico; Fosfato diácido de amonio.

# FOSFATO MONOAMONICO (MAP) 11-52-00

---

- ❑ Color y forma: Color variable, desde blanco (cristal, grado técnico) hasta café (granular)
- ❑ Densidad (kg/m<sup>3</sup>): 944-1024
- ❑ Solubilidad: 40g/100ml de agua
- ❑ Humedad crítica relativa (a 30°C): 92%
- ❑ Acidez equivalente a carbonato de calcio: 65
- ❑ (Partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de MAP)
- ❑ Índice de salinidad: 25

# FOSFATO MONOAMONICO (MAP) 11-52-00

---

- ❑ Compatibilidad: Compatible con la mayoría de fertilizantes.
- ❑ Manejo y almacenamiento: Por su alta humedad crítica relativa, no requiere de manejo o precauciones especiales en su almacenamiento; sin embargo, deben seguirse todas las prácticas de buen manejo, principalmente evitando el contacto con la humedad.



# FOSFATO MONOAMONICO (MAP) 11-52-00

---

❑ Comportamiento en el suelo: Es más soluble y asimilable en suelos ligeramente neutros (pH entre 6.5-7). No debe aplicarse junto con productos alcalinos, para evitar pérdidas de nitrógeno amoniacal. Su efecto neto en el suelo es acidificante. El pH en solución acuosa es aproximadamente de 4. Este producto puede emplearse como fuente de nitrógeno (11%) o de fósforo (52%).

# FOSFATO POTÁSICO

---

## Características generales:

- ❑ Densidad: 1,300 g/l
- ❑ Adecuado para una correcta nutrición.
- ❑ Alta pureza.
- ❑ Completamente soluble en agua, lo cual lo hace un ingrediente ideal para fertirrigación y aplicación foliar.

# FOSFATO POTÁSICO

---

- ❑ Producto cristalino de alta solubilidad.
- ❑ Una combinación perfecta de fósforo y Potasio rápidamente asimilables.
- ❑ Bajo índice salino, lo que le permite mezclarse con otros fertilizantes sin riesgos, como Nitrato potásico, Nitrato de calcio, nitrato de magnesio.

# FOSFATO POTÁSICO

---

## Características químicas:

❑ Fósforo ( $P_2O_5$ ) soluble en agua y citrato	52%
❑ Potasio ( $K_2O$ ) soluble en agua	34%
❑ Sulfato ( $SO_4$ ) soluble en agua	0.2%
❑ Sodio (Na)	0.005%
❑ Magnesio (Mg)	0.003%
❑ Metales pesado	< 0.001%
❑ Ca Calcio (Ca)	0.005%
❑ pH (10%)	4.5
❑ Densidad	1,300 g/l

# SULFATO DE POTASIO

---

## Características químicas:

- ❑ 50% Potasio ( $K_2O$ )
- ❑ 17% Azufre (S)
- ❑ Características físicas y químicas
- ❑ Fórmula química:  $K_2SO_4$
- ❑ Peso molecular (g/mol): 174.25
- ❑ Nombre químico: Sulfato de potasio

# SULFATO DE POTASIO

---

- ❑ Color y forma: Cristales blancos
- ❑ Densidad (kg/m<sup>3</sup>): 1200
- ❑ Solubilidad: 12g/100ml de agua
- ❑ Humedad crítica relativa (a 30°C): 96%
- ❑ Acidez equivalente a carbonato de calcio: neutro
- ❑ Índice de salinidad: 42.6

# SULFATO DE POTASIO

---

- ❑ **Compatibilidad:** Compatible con la mayoría de fertilizantes, en particular con los fosfatos naturales, superfosfatos ordinarios y amoniacaes, el fosfato bicálcico y el cloruro de potasio. Permite formar sales dobles, en particular con sulfato de magnesio y calcio.
- ❑ **Manejo y almacenamiento:** Es un fertilizante medianamente higroscópico. Posee alta humedad crítica relativa, que disminuye cuando se mezcla con nitrato de calcio, nitrato de sodio y nitrato de amonio.

# SULFATO DE POTASIO

---

□ Comportamiento en el suelo: Fuente de potasio ( $K^+$ ) y azufre en forma de sulfato ( $SO_4^{-2}$ ). Este anión se retiene un poco más en suelos ácidos ( $pH < 7$ ) que en suelos alcalinos ( $pH > 7$ ). Al mezclarse con sales solubles de calcio forma  $CaSO_4$  que es poco soluble, disminuyendo temporalmente la rápida disponibilidad del  $SO_4^{-2}$ .



# NITRATO DE POTASIO

---

## Características químicas y físicas:

- ❑ 15% Nitrógeno total (N)
- ❑ 15% nitrógeno nítrico ( $\text{NO}_3^-$ )
- ❑ 14% Potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ )
- ❑ 0.02% Boro (B)
- ❑ 18% Sodio (Na)

# NITRATO DE POTASIO

---

## Características químicas y físicas:

- ❑ Fórmula química:  $\text{KNO}_3 + \text{NaNO}_3$
- ❑ Nombre químico: Nitrato de sodio y potasio
- ❑ Color y forma: Gránulos esféricos de color rosado clarión
- ❑ Índice de salinidad: 92

# NITRATO DE POTASIO

---

- ❑ **Compatibilidad:** Compatible con la mayoría de fertilizantes.
- ❑ **Manejo y almacenamiento:** Es un fertilizante poco higroscópico, se conserva bien en sacos ordinarios. Se recomiendan las prácticas de buen manejo, principalmente evitar el contacto con la humedad.

# NITRATO DE POTASIO

---

□ Comportamiento en el suelo: Fuente de potasio libre de cloro. Aporta dos elementos esenciales en la nutrición de la planta: nitrógeno de alta y rápida disponibilidad, y potasio, en proporción óptima 1:1. Puede aplicarse en todos los cultivos y en casi todos los suelos, excepto en aquellos suelos con problemas de salinidad, ya que contiene alrededor de un 18 % de sodio (Na). Sal neutra; no altera el pH del suelo. Adicionalmente, aporta Boro.

# NITRATO DE POTASIO PERLADO

---

## Características químicas y físicas:

- ❑ 13.5% Nitrógeno total (N)
- ❑ 13.5% nitrógeno nítrico ( $\text{NO}_3^-$ )
- ❑ 44% Potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ )
- ❑ Fórmula química:  $\text{KNO}_3$
- ❑ Peso molecular (g/mol): 101.1

# NITRATO DE POTASIO PERLADO

---

- ❑ Nombre químico: Nitrato de potasio
- ❑ Color: Blanco
- ❑ Densidad (kg/m<sup>3</sup>): 2110 (grado técnico)
- ❑ Solubilidad: 35g/100ml de agua
- ❑ Humedad crítica relativa (a 30°C): 91%
- ❑ Índice de salinidad: 70

# NITRATO DE POTASIO PERLADO

---

- ❑ **Compatibilidad:** Compatible con la mayoría de fertilizantes. Su humedad crítica relativa (a 30°C) se reduce en mezclas con nitrato de calcio (31%), nitrato de amonio (60%), nitrato de sodio y urea (65%).
- ❑ **Manejo y almacenamiento:** Es un fertilizante poco higroscópico, se conserva bien en sacos ordinarios. Se recomiendan las prácticas de buen manejo, principalmente evitar el contacto con la humedad.

# NITRATO DE POTASIO PERLADO

---

❑ Comportamiento en el suelo: Fuente de potasio libre de cloro. Aporta dos elementos esenciales en la nutrición de la planta: nitrógeno de alta y rápida disponibilidad, y potasio. Puede aplicarse en todos los suelos y en todos los cultivos. Sal neutra; no altera el pH del suelo.



# **CLORURO DE POTASIO O MURIATO DE POTASIO**

---

## **Características químicas y físicas:**

- ❑ 46% Cloruro ( $\text{Cl}^-$ )
- ❑ 60% Potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ )
- ❑ Fórmula química:  $\text{KCl}$
- ❑ Peso molecular (g/mol): 74.55
- ❑ Nombre químico: Cloruro de potasio

# CLORURO DE POTASIO O MURIATO DE POTASIO

---

- ❑ Color y forma: Gránulos o polvo de color café rojizo
- ❑ Densidad (kg/m<sup>3</sup>): 1041
- ❑ Solubilidad: 35g/100ml de agua
- ❑ Humedad crítica relativa (a 30°C): 84%
- ❑ Acidez equivalente a carbonato de calcio: neutro
- ❑ Índice de salinidad: 116.3

# CLORURO DE POTASIO O MURIATO DE POTASIO

---

- ❑ Compatibilidad: Compatible con la mayoría de fertilizantes.
- ❑ Manejo y almacenamiento: Es un fertilizante medianamente higroscópico. Cuando se humedece, aumenta la tasa de corrosión del hierro, zinc, aluminio y otros metales.

# CORURO DE POTASIO O MURIATO DE POTASIO

---

□ Comportamiento en el suelo: Es el fertilizante potásico más empleado. No reacciona con ningún compuesto. Se aplica a todo tipo de suelo y cultivos, excepto aquellos en los que el cloro está contraindicado (ej: tabaco, melón, etc.).

# ÁCIDO NÍTRICO

---

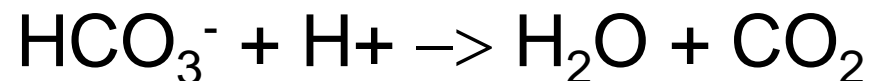
## Características químicas y físicas:

- ❑ Fórmula química:  $\text{HNO}_3$
- ❑ Peso molecular: 63
- ❑ Ácido fuerte cuya principal función, aparte de suministrar nitrógeno al cultivo, es la de acidificar el agua de riego, para conseguir un pH óptimo de 5.5 - 6.0

# ÁCIDO NÍTRICO

---

- Para ello, en los sistemas de fertirrigación más sofisticados, es frecuente que se inyecte desde un depósito independiente al resto de fertilizantes, controlándose dicha inyección mediante lecturas de un pH-metro, hasta alcanzar el valor deseado.
- La reducción del pH del agua tiene lugar por la destrucción de los bicarbonatos según la siguiente reacción:



# ÁCIDO NÍTRICO

---

□ Cuando en el agua de riego quedan aproximadamente 0,5 mmol/l de bicarbonatos, el pH se sitúa en torno a 5.5-5.8, por lo que a la hora de realizar cálculos de abonado, se debe dejar esa cantidad sin neutralizar, ya que a partir de ese punto se produce una bajada brusca de pH con pequeñas adiciones de ácido. En caso de presencia de carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), es necesaria la adición de 2 moles de ácido por cada mol de carbonatos.

# ÁCIDO NÍTRICO

---

□ La acidificación del agua de riego no sólo conviene para favorecer la asimilación de los distintos nutrientes, sino también para prevenir la formación de ciertos precipitados a pH elevado (fosfatos de hierro o calcio, carbonatos, etc.), que pueden provocar precipitaciones en las instalaciones de riego.



# ÁCIDO NÍTRICO

---

□ El ácido nítrico también se emplea en los tratamientos de limpieza de las instalaciones de riego por goteo, que suelen realizarse en algunos cultivos al finalizar la campaña agrícola, con objeto de eliminar los microorganismos, precipitados y sedimentos sólidos que hayan podido atravesar los filtros de la instalación. Con dicho fin, se dejan llenar de agua las tuberías de riego y, una vez alcanzada la presión de trabajo, se mantiene la instalación con agua a pH 2 durante una hora aproximadamente.

# ÁCIDO NÍTRICO

---

□ Posteriormente, a la mayor presión posible, se abren los extremos de las tuberías primarias hasta que salga el agua limpia; se cierran y se realiza la misma operación con el resto de tuberías y ramales portagoteros. En los casos en los que no es posible el control del pH del agua, se suele inyectar una cantidad aproximada de 4 litros por cada 1000 m<sup>2</sup> de ácido nítrico y se detiene el suministro cuando empieza a salir la solución por los goteros, manteniendo así la instalación durante 15 minutos, transcurridos los cuales, se realiza un lavado con agua sola para eliminar las posibles incrustaciones.

# ÁCIDO NÍTRICO POTÁSICO

---

## Características químicas y físicas:

- ❑ 14-5-41
- ❑ El Ácido Nitrato Potásico es un fertilizante cristalino compuesto de Nitrógeno en forma Nítrica, fósforo soluble en agua y potasio procedente de Nitrato Potásico de Kemira GrowHow.
- ❑ Su principal ventaja es su bajo pH (3.2) que le confiere las siguientes ventajas:
- ❑ Mantiene la instalación limpia previniendo atascos.

# ÁCIDO NÍTRICO POTÁSICO

---

- ❑ Mejora la absorción de microelementos.
- ❑ Bajo índice salino.
- ❑ Alta pureza libre de percloratos, y bajo contenido en metales pesados.
- ❑ Bajo contenido en cloro y sodio <0.05%
- ❑ Compatible con otros fertilizantes (incluido Nitrato de calcio o Nitrato de magnesio)
- ❑ Ideal para fertirrigación con aguas salinas.

# ÁCIDO NÍTRICO POTÁSICO

---

## Recomendaciones en aplicación foliar:

- ❑ Tomate, pimiento, calabacín, sandía, melón, fresa, etc.: 10 kg/ha en 150 litros de agua, 3 aplicaciones en intervalos de 10 días, empezando en la floración.
- ❑ Manzana, pera, melocotón, cítrico, olivo, etc.: 10 kg/ha en 150 litros de agua, 3 aplicaciones en intervalos de 10 días, empezando en la floración.
- ❑ Viña 10 kg/ha en 150 litros de agua, 2 aplicaciones en intervalos de 10 días, empezando antes de la floración.

# ÁCIDO NÍTRICO POTÁSICO

---

❑ Nitrógeno total y nítrico	14%
❑ Fósforo Total $P_2O_5$ soluble en agua	5%
❑ $K_2O$ Oxido de potasio soluble en agua	41%
❑ $MgO$ Oxido de magnesio soluble en agua	0.7%
❑ $SO_4$ Anhídrido sulfúrico	1.6%
❑ Cloro Cl	0.1%
❑ Sodio Na	0.05%
❑ Calcio Ca	0.05%
❑ Humedad	< 1%
❑ Solubilidad	450 g/l
❑ pH (0.1% solución)	3.2
❑ Densidad	1.1-1.2 t/m <sup>3</sup>

# CLOURURO DE CALCIO

---

## Características químicas y físicas:

- ❑ El cloruro de Calcio de Kemira GrowHow es la principal fuente de calcio mas usada en cultivo hidropónico o aplicación foliar.
- ❑ Es adecuado para una correcta nutrición
- ❑ Incrementa el contenido de calcio en fruto.
- ❑ Aporta calcio sin nitrógeno.

# CLORURO DE CALCIO

---

## Ventajas

- ❑ Completamente soluble en agua, lo cual lo hace un ingrediente ideal para fertirrigación y aplicación foliar.
- ❑ Producto en escamas de alta solubilidad.
- ❑ Fuente de calcio de rápida disponibilidad y asimilación, le hacen ideal para corregir carencias en calcio.
- ❑ Aumenta conductividad sin afectar al cultivo en hidroponía (Tomate).
- ❑ Controla la aparición de Bitter pit en Manzana.
- ❑ Mejora la calidad del fruto en post-cosecha en todo tipo de cultivo hortícola o fruticultura.



# COLORURO DE CALCIO

---

❑ Cloruro de calcio	77%
❑ Cloruro (Cl)	50%
❑ Calcio (Ca)	28%
❑ Sodio (Na)	1%
❑ Magnesio (Mg)	0.05%
❑ Densidad	830 g/l
❑ pH (10%)	9 -10
❑ Solubilidad	977 g/l

# COLORURO DE CALCIO

---

## Ventajas

- ❑ Completamente soluble en agua, lo cual lo hace un ingrediente ideal para fertirrigación y aplicación foliar.
- ❑ Producto en escamas de alta solubilidad.
- ❑ Fuente de calcio de rápida disponibilidad y asimilación, le hacen ideal para corregir carencias en calcio.
- ❑ Aumenta conductividad sin afectar al cultivo en hidroponía (Tomate).
- ❑ Controla la aparición de Bitter pit en Manzana.
- ❑ Mejora la calidad del fruto en post-cosecha en todo tipo de cultivo hortícola o fruticultura.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

El método de aplicación de los fertilizantes (abono orgánico o fertilizantes minerales) es un componente esencial de las buenas prácticas agrícolas. La cantidad y la regulación de la absorción dependen de varios factores, tales como la variedad del cultivo, la fecha de siembra, la rotación de cultivos, las condiciones del suelo y del tiempo.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

En las prácticas agrícolas eficientes, el agricultor escoge la cantidad y la oportunidad en el tiempo, de manera que las plantas usen los nutrientes tanto como sea posible. Para un aprovechamiento óptimo del cultivo y un potencial mínimo de contaminación del medio ambiente, el agricultor debe suministrar los nutrientes en el momento preciso que el cultivo los necesita.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

Esto es de gran relevancia para los nutrientes móviles como el nitrógeno, que pueden ser fácilmente lixiviados del perfil del suelo, si no es absorbido por las raíces de las plantas.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

En los casos de aplicación de urea y de fosfato diamónico, las pérdidas pueden darse a través de la emisión de amoníaco en el aire. Ambos fertilizantes deben ser incorporados en el suelo inmediatamente después de la aplicación, si no hay una lluvia inmediata o riego para incorporarlos en el suelo. Es de importancia particular en los suelos alcalinos (calcáreos).

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

Todos los nutrientes primarios y secundarios deberían ser incorporados inmediatamente después de la aplicación en las regiones en las que se esperan lluvias abundantes, para evitar pérdidas debidas al escurrimiento y a la erosión.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

Cuando el fertilizante es aplicado a mano, debería tenerse un cuidado extremo para distribuir los nutrientes uniformemente y en las dosis exactas. Donde se usa equipo de aplicación de fertilizantes, éste debería ser ajustado a fin de asegurar un esparcimiento uniforme y en proporciones correctas. El equipo debe ser mantenido en buenas condiciones.



## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

### **A VOLEO**

El esparcimiento a voleo del fertilizante (es decir aplicándolo a la superficie de un campo) es usado principalmente en cultivos densos no sembrados en filas o en filas densas (pequeños granos) y en prados.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

Es también usado cuando los fertilizantes deberían ser incorporados en el suelo después que la aplicación sea efectiva (fertilizantes fosfatados), o para evitar las pérdidas por evaporación de nitrógeno (urea, fosfato diamónico). La incorporación a través de la labranza o arada es también recomendada para aumentar el nivel de fertilidad de la capa arada entera.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

Si el fertilizante es esparcido a voleo a mano o con un equipo de distribución de fertilizante, el esparcimiento debería ser tan uniforme como sea posible.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

### **LOCALIZACIÓN EN BANDAS O HILERAS**

Cuando la aplicación del fertilizante es localizada (poniendo el fertilizante sólo en lugares seleccionados en el campo), el fertilizante es concentrado en partes específicas del suelo durante la siembra, que puede ser ya sea en bandas o en una franja debajo de la superficie del suelo o al lado de, y debajo de, la semilla.

## 4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.

---

Este proceso puede ser realizado a mano o por medio de equipos especiales de siembra y / o equipos para la aplicación del fertilizante (*sembradora de semilla y fertilizante*). Es preferible usarlo para cultivos en hileras, que tienen relativamente grandes espacios entre las filas (maíz, algodón y caña de azúcar); o en suelos con una tendencia a la fijación de fosfato y potasio; o donde cantidades relativamente pequeñas de fertilizantes son usadas en suelos con un bajo nivel de fertilidad.

## 4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.

---

En los lugares en los cuales los cultivos son trabajados a mano y plantados en colinas, el número de gramos de fertilizantes recomendado es ubicado en la hilera o en el hoyo cavado (medido preferiblemente con un tarro o lata), debajo, o al lado de la semilla, y cubierto con tierra. Se debe tener mucho cuidado que ningún fertilizante sea ubicado demasiado cerca a la semilla o a la plántula para evitar la toxicidad, es decir daño por sal en el sembrado (quemando las raíces).

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

### **APLICACIÓN EN COBERTERA**

El abono en cobertera (esparciendo el fertilizante a voleo sobre un cultivo en pie) es usado principalmente en cultivos de granos pequeños y grandes y en cultivos tales como forrajes.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

La aplicación en cobertura es una práctica normal en suelos en los cuales hay necesidad de nitrógeno adicional y en cultivos en los cuales una aplicación simple de la cantidad total de nitrógeno necesario en el momento de la siembra podría llevar a pérdidas a través de la lixiviación, o donde los cultivos muestran una necesidad especial de nitrógeno en ciertas etapas de desarrollo.



## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

El nitrato móvil se mueve hacia abajo en el suelo y puede ser tomado por las raíces de las plantas.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

El abono en cobertura de potasio, que no se mueve en el suelo al mismo grado del nitrógeno, podría ser recomendado en suelos ligeros, es decir aplicando la cantidad total dividida entre un abono de fondo y uno de cobertura.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

El fosfato difícilmente se mueve en el suelo. De aquí que sea aplicado usualmente antes o en el momento de la siembra o de la plantación (aplicación de fondo), preferiblemente combinado con potasio y parte del nitrógeno. El nitrógeno restante debería ser aplicado como un abono en cobertura en una o más aplicaciones separadas.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

### **APLICACIÓN ENTRE LÍNEAS**

Aplicar el fertilizante entre líneas es la práctica de ponerlo al lado de las plantas espaciadas ampliamente en hileras tales como maíz, algodón y caña de azúcar. Los árboles y otros cultivos perennes son también abonados de esta manera.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

### **APLICACIÓN FOLIAR**

La aplicación foliar es el método más eficiente de suministro de micronutrientes (pero también de N o NPK en una situación crítica para el cultivo) que son necesarios solamente en pequeñas cantidades y pueden llegar a ser indisponibles si son aplicados en el suelo.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

Para minimizar el riesgo de quemado de las hojas, la concentración recomendada tiene que ser respetada y propagada preferiblemente en días nublados y en las primeras horas de la mañana o en las últimas del atardecer (para evitar que las gotitas se sequen inmediatamente).

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

### **FERTIRRIGACIÓN**

Es entendida como la aplicación de diferentes fertilizantes a través del agua de riego, a cultivos, durante las diferentes etapas de su desarrollo.

## **4.4 Técnicas y métodos de aplicación de fertilizantes.**

---

A través del fertirriego se combina el riego con la aplicación de fertilizantes (sales nutritivas) de alta solubilidad, método muy reconocido para mantener el nivel de fertilidad y el suministro de agua óptimos, de acuerdo con los requerimientos específicos de cada cultivo y del tipo de suelo, dando como resultado altos rendimientos y una mejor calidad de los cultivos.



# ***Micorrizas, bacterias y minerales.***

## Quinta Unidad



***OBJETIVO PARTICULAR: Que el alumno sea capaz de describir el rol que juegan las micorrizas, sus características, los tipos de asociación con las plantas, su dinámica en el suelo y las posibilidades de su manejo desde el punto de vista agronómico.***

#### CONTENIDOS

5.1 Grupos, morfología y estructuras.

5.2 Infección de la raíz, demanda de fotosintetatos y desarrollo de la planta hospedera.

5.3 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.

5.4 Rol de las micorrizas en la tolerancia a metales pesados.

5.5 Otros efectos de las micorrizas.

5.6 Manejo agronómico de las micorrizas.

## **5.1 Grupos, morfología y estructura.**

---

### **RIZOSFERA**

Es la porción de suelo directamente influenciada por las raíces. Este suelo será el que queda adherido a las raíces cuando éstas se sacan del suelo. Suele tener un grosor de 1 a 4 mm y se puede diferenciar por sus propiedades químicas del resto del suelo ó suelo bulk.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

**Micorriza:** (mico = hongo, riza = raíz). Asociación de un hongo con una raíz de una planta superior. Esta unión íntima y generalmente simbiótica de la raíz de una planta con las hifas de determinados hongos, actualmente también se considera como un parasitismo limitado en casos particulares.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

Esta asociación puede ser interna, endotrófica o intracelular y externa, extracelular o ectotrófica. El hongo micorrízico asociado con las raíces de las plantas, ayuda en la captación de fósforo, nitrógeno y otros nutrientes, en suelos generalmente poco fértiles.

# 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---



## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

□ Las micorrizas fueron descubiertas por el botánico alemán Frank en 1885, en las raíces de algunos árboles forestales; recién en 1900 el francés Bernard puso de manifiesto su importancia estudiando las orquídeas.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

□ Las micorrizas eran consideradas excepciones, pero ahora se sabe que casi la totalidad de las plantas verdes, con algunas excepciones, viven en simbiosis con hongos. Esto es así para musgos, helechos y Fanerógamas.



## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

□ Las primeras que despertaron interés fueron las micorrizas de los árboles forestales, y aunque las de las plantas cultivadas comenzaron a estudiarse en 1910, es recién después de los trabajos de Mosse en Inglaterra, 1955, cuando se empieza a reconocer la importancia y la generalidad de esta simbiosis.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

### **BENEFICIOS DE LAS MICORRIZAS**

- 1) Incrementan el área fisiológicamente activa en las raíces.
- 2) Incrementan la captación de las plantas de agua y nutrientes como fósforo, nitrógeno, potasio y calcio del suelo.
- 3) Incrementan la tolerancia de las plantas a las temperaturas del suelo y acidez extrema causadas por la presencia de aluminio, magnesio y azufre.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

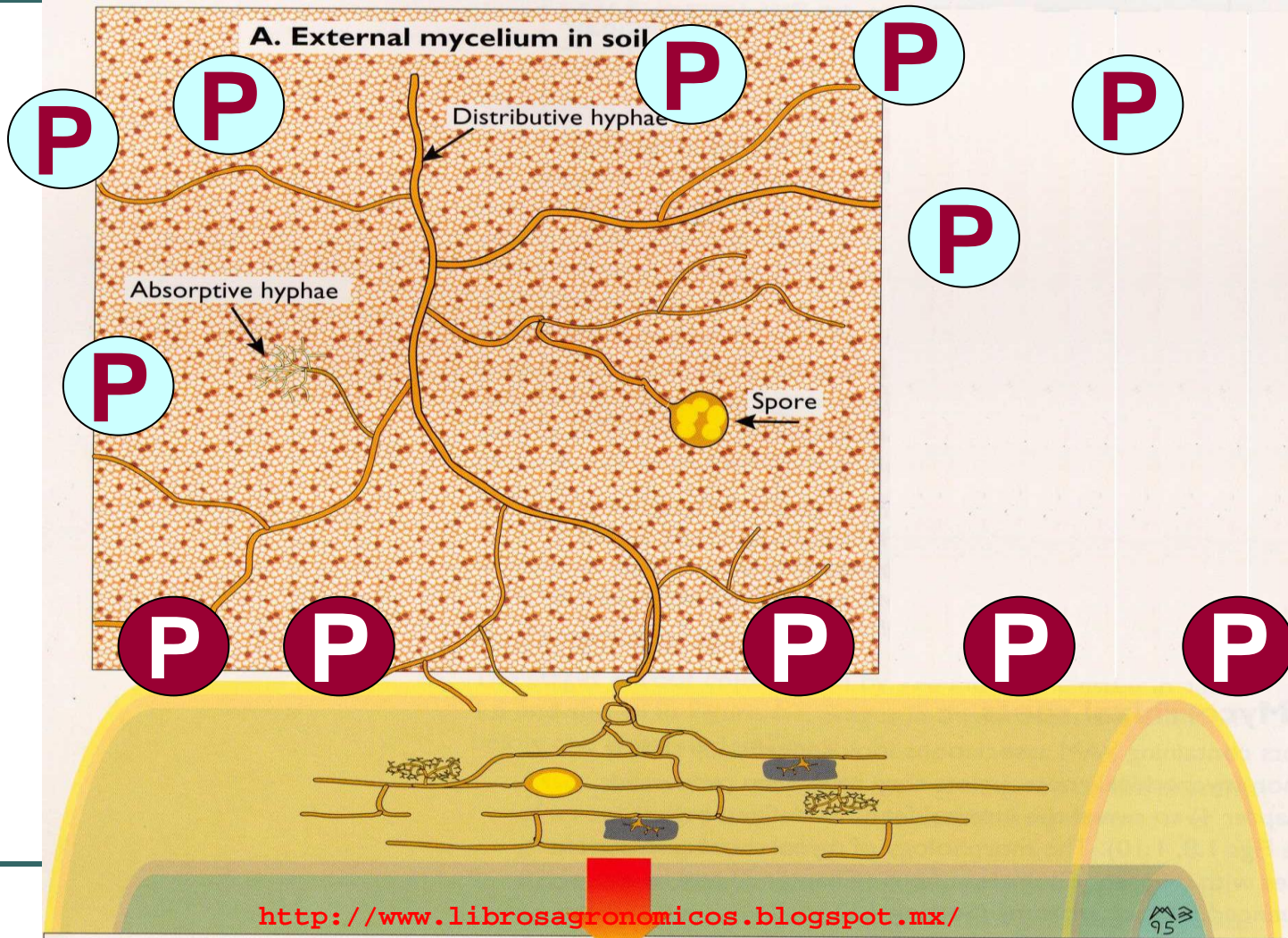
---

4) Proveen protección contra ciertos hongos patógenos y nematodos.

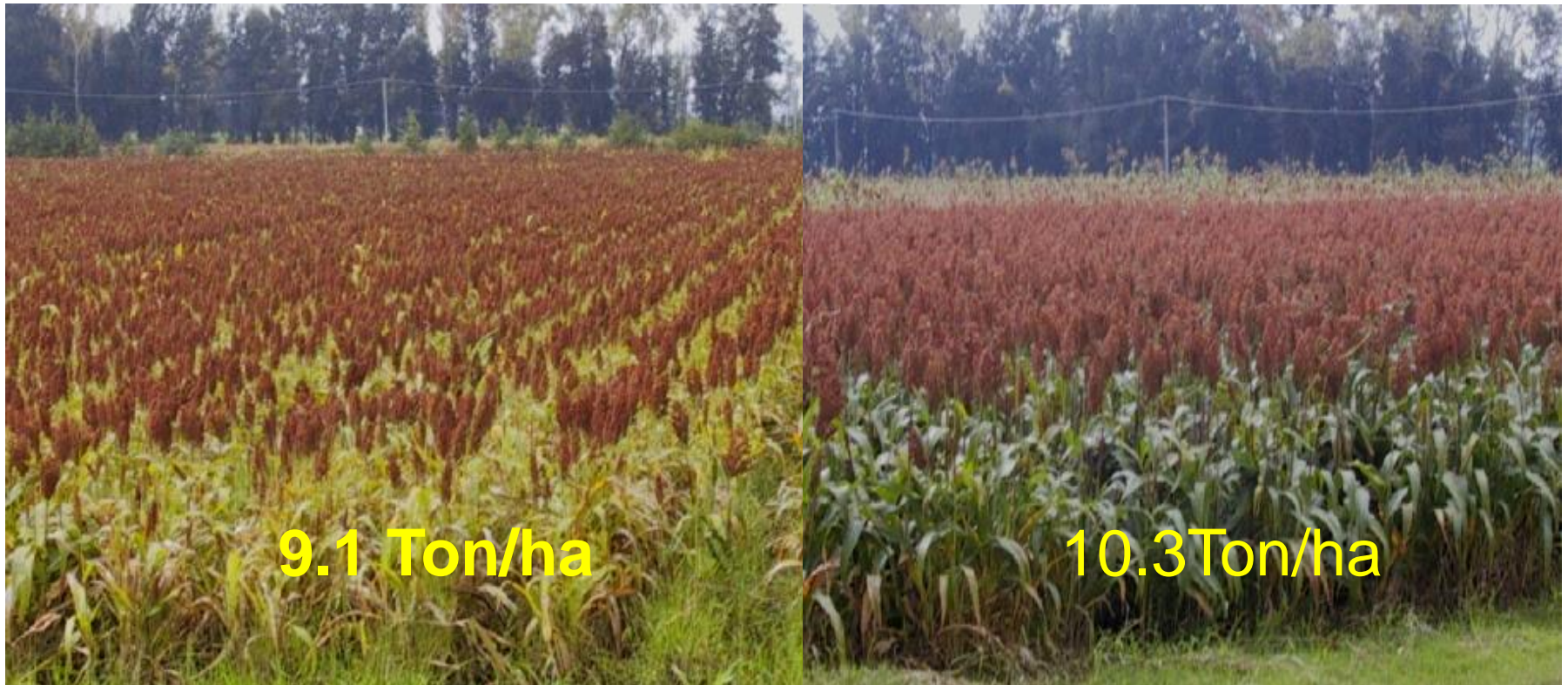
5) Inducen relaciones hormonales que producen que las raíces alimentadoras permanezcan fisiológicamente activas por periodos mayores que las raíces no micorrizadas.

Para el hongo: reciben principalmente carbohidratos y vitaminas desde las plantas.

# 5.1 Grupos, morfología y estructura.



## 5.1 Grupos, morfología y estructura.



9.1 Ton/ha

10.3 Ton/ha

**Sin micorriza**

**Con Micorriza**  
**1/2 DOSIS DE P**

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

### TIPOS DE MICORRIZAS:

□ Aproximadamente unas 5,000 especies de hongos con carpóforos (principalmente Basidiomycetes) están asociadas a árboles forestales en regiones boreales y templadas, estableciendo un tipo de micorrizas.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

□ Las raíces de los árboles de las selvas tropicales, de los árboles frutales, y de casi la totalidad de las demás plantas verdes están asociadas a hongos inferiores, la mayoría microscópicos y que no producen carpóforos típicos.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

□ Estos hongos, aunque presentes en casi todo el planeta, asociados con casi todas las plantas verdes, establecen otro tipo de micorrizas y no pertenecen mas que a 6 géneros y alrededor de un centenar de especies.



## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

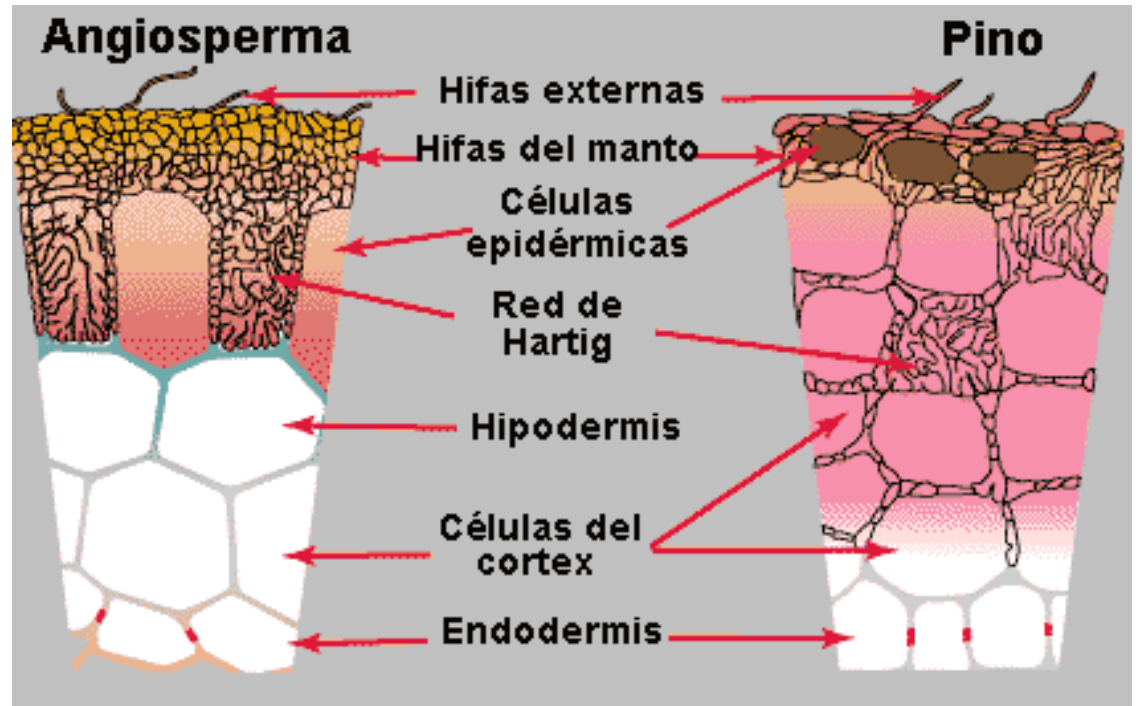
---

□ Los dos tipos más comunes, más extendidas y más conocidas son las ectomicorrizas y las endomicorrizas. Cada tipo se distingue sobre la base de la relación de las hifas del hongo con las células radicales del hospedador.

# 5.1 Grupos, morfología y estructura.

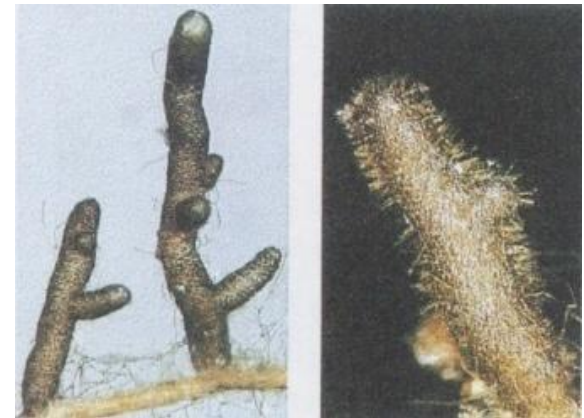
## Ectomicorrizas

El micelio invade la raíz sin entrar en el interior de las células, de aquí el nombre de ectomicorrizas.



## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

- El primer tipo se caracteriza por una modificación morfológica de la raíz que pierde sus pelos absorbentes y generalmente los extremos se ramifican profusamente y se acortan ensanchándose.



## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

□ El extremo de una raíz ectomicorrizada típicamente esta cubierta por un manto de hifas, como una vaina, que puede ser desde una capa floja hasta pseudo-parenquimática.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

□ Desde este manto se extiende una red de hifas entre las primeras capas de células de la corteza radical y rara vez llegan hasta la endodermis, pero sin entrar en el interior de las células, de aquí el nombre de ectomicorrizas. Esta red se llama "red de Hartig", donde las hifas también pueden tener muy variadas formas.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

□ Desde el manto hacia afuera se extiende la red micelial, ***incluso llegando a formar cordones especializados en la conducción de sustancias.***

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

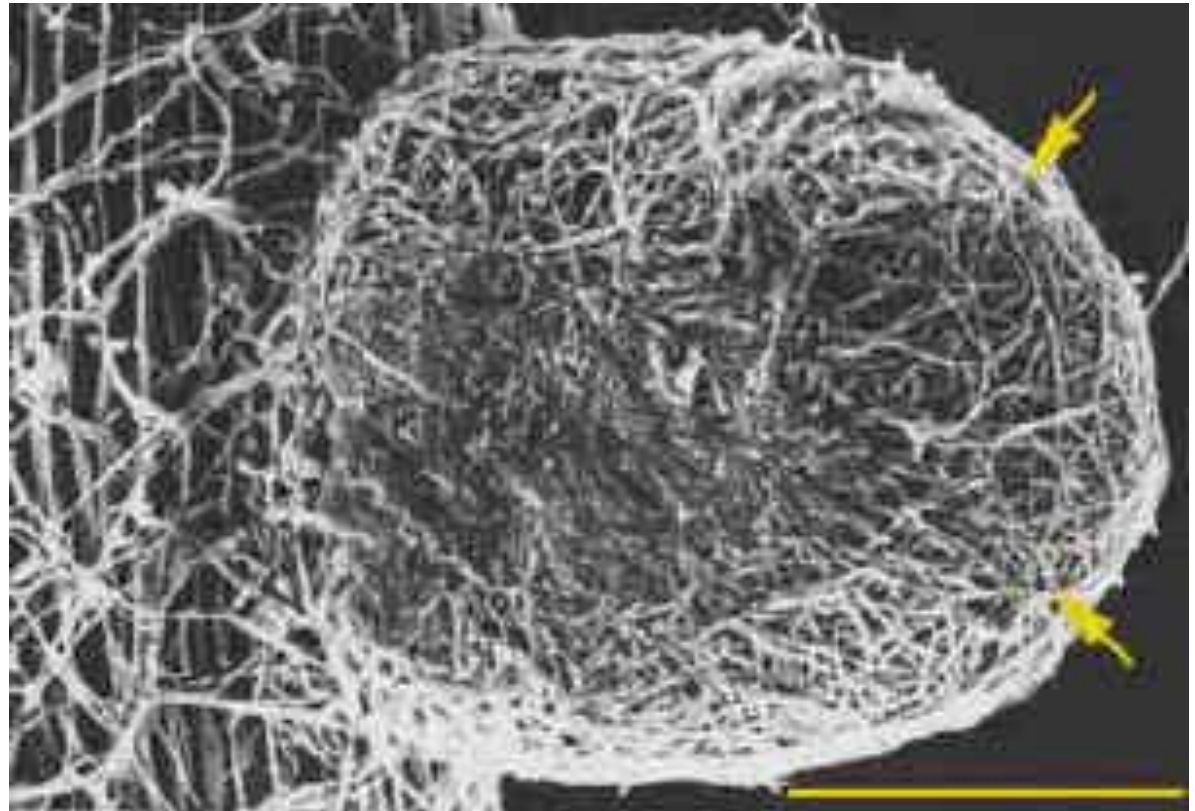
---

□ Las ectomicorrizas están ampliamente dispersas en la naturaleza y se estima que el 10% de la flora mundial presenta este tipo de asociación. Principalmente las familias Pinaceas, Betulaceas, Fagaceas, y también Ericaceas y algunas Myrtaceas, Junglandaceas y Salicaceas

# 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

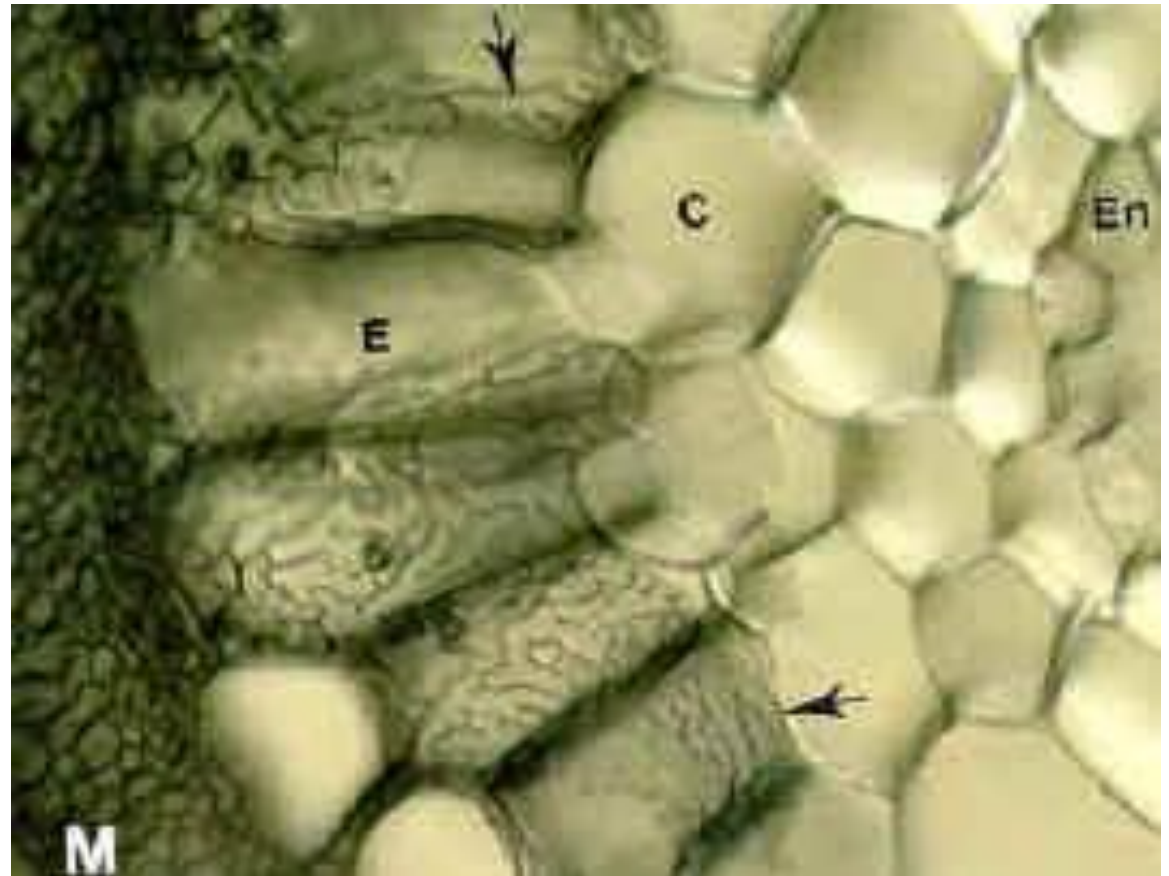
Raíz de pino colonizada por *Pisolithus tinctorius*. Manto de hifas (flecha).





# 5.1 Grupos, morfología y estructura.

Corte transversal de raíz de *Populus tremuloides* mostrando hifas en laberinto de la red de Hartig (flecha).



## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

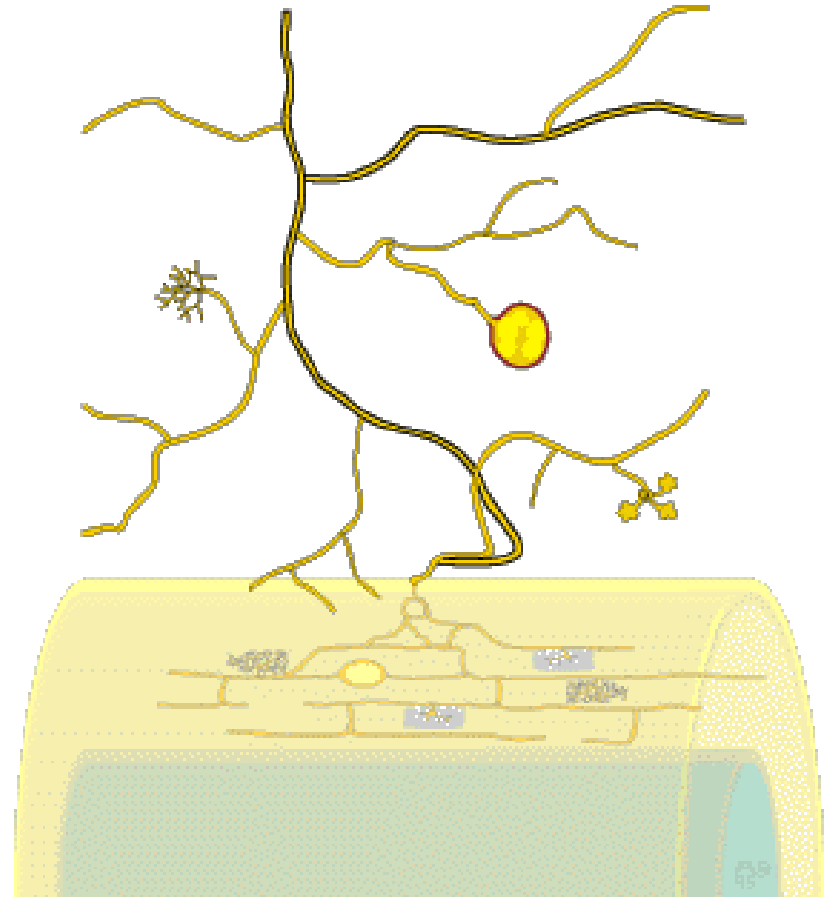
---

- ❑ Los hongos que forman estas micorrizas son en general los conocidos hongos de sombrero, como "amanitas" y "boletos". Solo en **Norte América son mas de 2,000 especies, en su mayoría Basidiomycetes y algunos Ascomycetes** ("trufas").
- ❑ Muchos de estos hongos pueden ser cultivados en **cultivo puro**, aislados de su planta huésped, pero no pueden formar carpóforos en su ausencia.

# 5.1 Grupos, morfología y estructura.

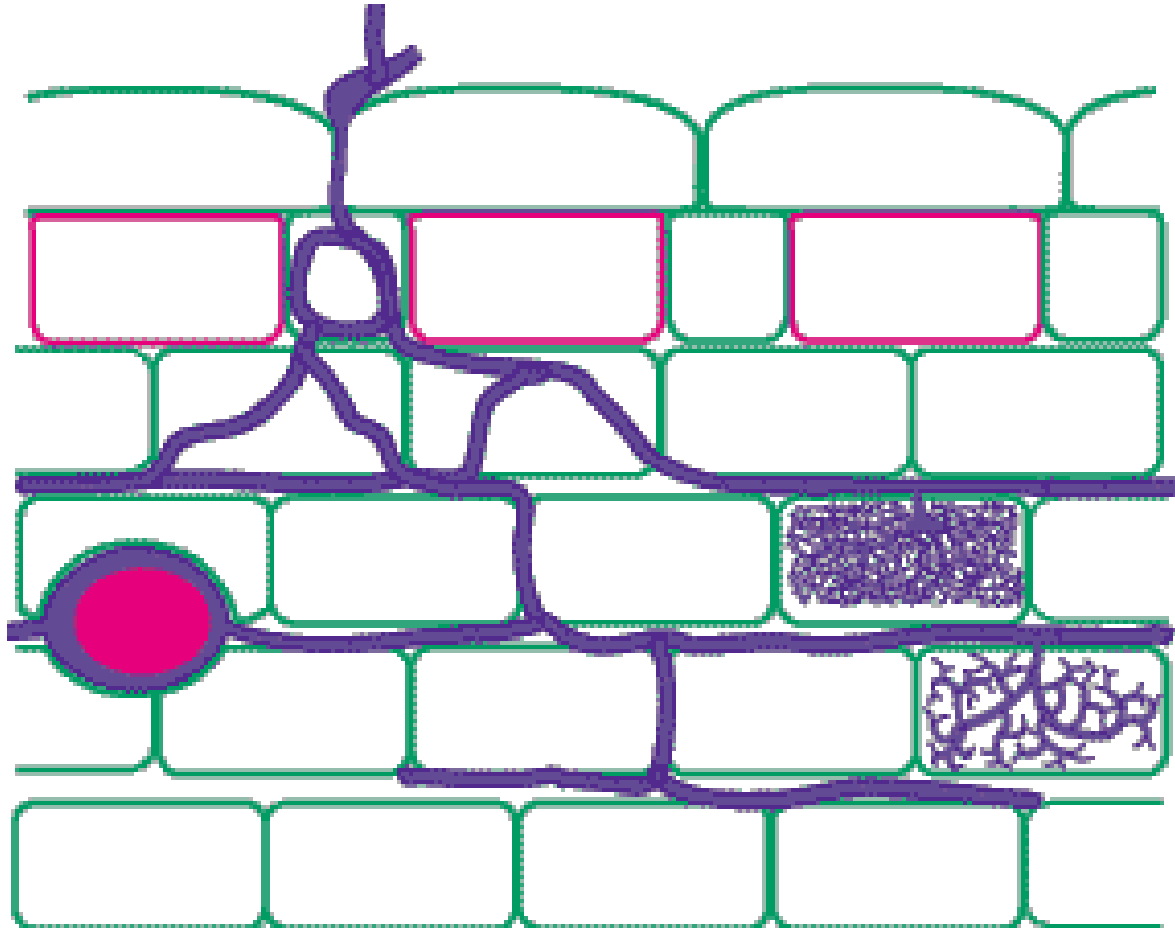
## ENDOMICORRIZAS

En las endomicorrizas el micelio invade la raíz, inicialmente es intercelular, pero luego penetra en el interior de las células radicales, desde la rizodermis hasta las células corticales.



# 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---



Micorrizas producidas por *Glomus sp.*

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

□ El segundo tipo más extendido de micorrizas provoca pocos cambios en la estructura de la raíz. Generalmente no se observa un crecimiento denso de hifas en la superficie de la raíz, no hay un manto. Sin embargo hay una red miceliar interna. El micelio penetra en la raíz, donde inicialmente es intercelular, pero luego penetra en el interior de las células radicales, desde la rizodermis hasta las células corticales.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

□ ***Una vez dentro de las células, forma minúsculas arborescencias muy ramificadas que se llaman arbusculos.***

Estos arbusculos son los que aseguran una gran superficie de contacto entre ambos simbioses. Estos arbusculos tienen una vida efímera, de algunos días hasta algunas semanas, y siempre terminan por ser digeridos por la planta hospedadora.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

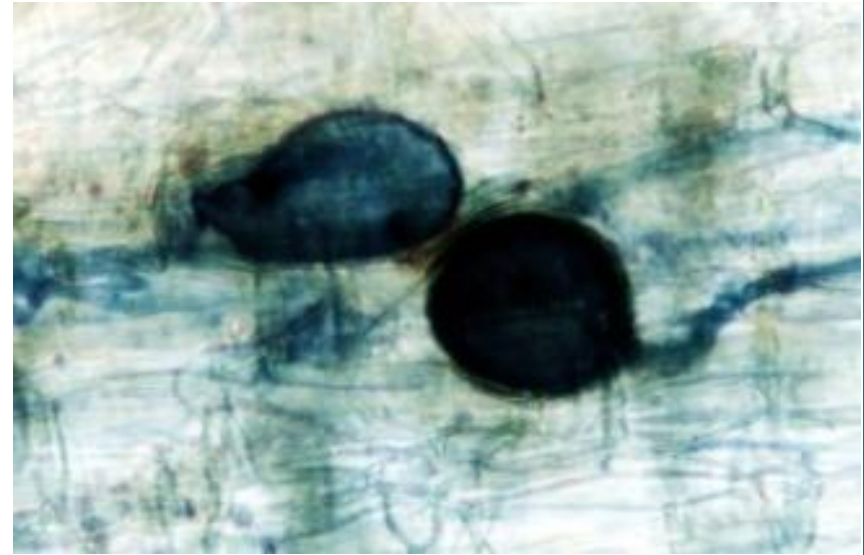
□ También en el interior de la raíz se encuentran comúnmente **vesículas, que son los órganos de reserva del hongo.** Por la producción de estas vesículas y arbusculos, estas micorrizas reciben comúnmente el nombre de V-A.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---



Arbuscules de *Glomus mosseae* en el córtex de una raíz de *Allium porrum*.



Vesículas en córtex de una raíz de Yerba mate (*Ilex paraguariensis*)



## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

□ Este tipo de micorrizas ***es muy frecuente y está extendido en todo el planeta.*** Se les encuentra en la mayoría de los árboles de las zonas tropicales y algunos árboles de bosques templados, como el arce y el fresno, y algunas coníferas como la araucaria. La mayoría de las plantas arbustivas y herbáceas poseen este tipo de asociación, y casi la totalidad de las plantas cultivadas, con la excepción de las crucíferas y las quenopodiáceas.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

- Estos hongos inferiores que forman endomicorrizas V-A pertenecen a un solo grupo, las Glomales (Zygomycetes), con seis géneros y un centenar de especies distribuidas en todos los continentes.
- Estos hongos son estrictamente simbióticos, y no pueden ser cultivados en cultivo puro, o sea en ausencia de su hospedador, contrariamente a los hongos ectomicorrícicos.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

Las endomicorrizas son las más comunes, colonizan los espacios inter e intracelulares, formando arbuscúlos y vesículas y extendiendo sus hifas hasta por varios metros fuera de la raíz. El hongo se beneficia al obtener carbohidratos y diversos nutrientes. Esta asociación es más frecuente en suelos ricos en humus.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

### OTROS TIPOS DE MICORRIZAS:

#### □ Endomicorrizas Orquidioides:

Llamadas de ovillo, y tal vez representan el tercer tipo mas importante de micorrizas, ya que estas plantas son dependientes en estado juvenil, de protocormo, de su hongos simbiontes. Una vez que la planta crece y fotosintetiza, generalmente se independiza del hongo.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

### □ Ectendomicorrizas:

Donde se puede apreciar la formación de un manto, junto con la penetración de hifas a las células.

## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

### □ Ericoides:

Son las mas sencillas, con raíces muy simples e hifas penetrando en las células para formar ovillos.

### □ Arbutoides:

□ Donde también tenemos un manto externo junto con hifas que penetran a las células para formar rulos.

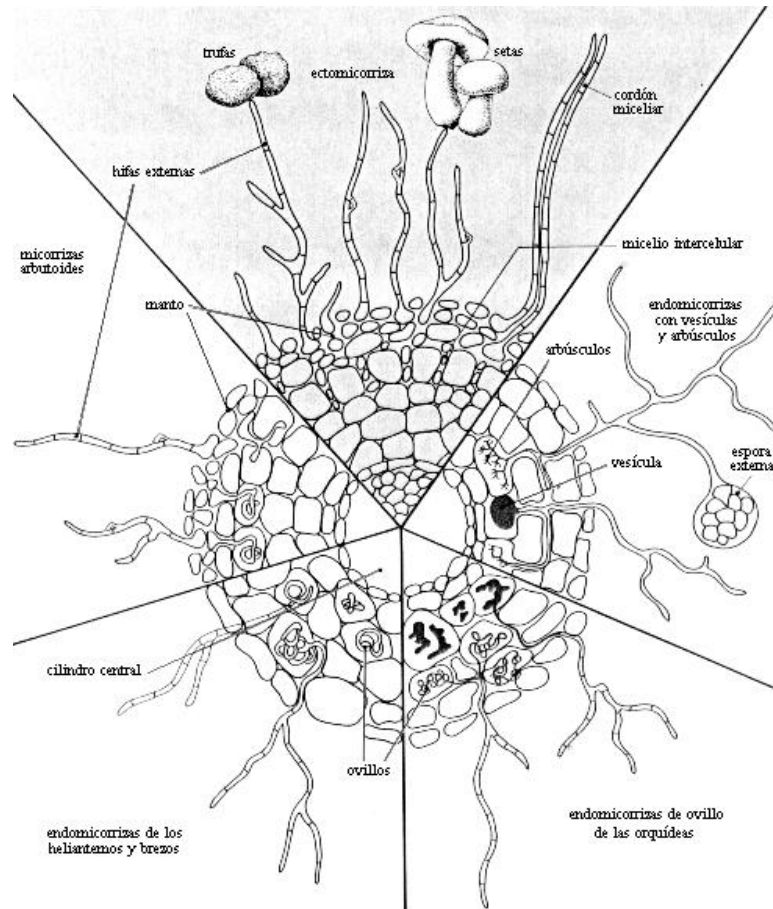
## 5.1 Grupos, morfología y estructura.

---

### □ **Monotropoides:**

Diferenciada apenas por la forma de penetración de las hifas a las células radicales.

# 5.1 Grupos, morfología y estructura.





## **5.2 Contribución de las micorrizas al control de patógenos del suelo.**

---

□ El control de los patógenos del suelo en sistemas de producción intensiva agrícola y forestal se ha llevado a cabo tradicionalmente por incorporación de resistencias a los materiales vegetales en programas de mejora genética y sobretodo por la aplicación de pesticidas.

## **5.2 Contribución de las micorrizas al control de patógenos del suelo.**

---

□ La alternativa de controlar enfermedades utilizando recursos biológicos está siendo considerada actualmente como una alternativa factible aunque todavía de uso minoritario, probablemente debido a la elevada especificidad de los productos comerciales, que tienen un espectro de actuación muy limitado a un patógeno o grupo de patógenos pertenecientes a la misma familia.

## 5.2 Contribución de las micorrizas al control de patógenos del suelo.

---

□ Forman la simbiosis mutualística, o asociación beneficiosa para ambos organismos, planta y hongo, más universal que se conoce en el mundo vegetal. Se encuentran dentro de la raíz, colonizando el tejido cortical, y en sus alrededores formando una extensa trama de micelio en la rizosfera de la planta hospedadora. Sus interacciones con otros grupos de microorganismos con funciones específicas, incluidos los patógenos, podrían estar relacionados con la supresividad natural de un suelo.

## **5.2 Contribución de las micorrizas al control de patógenos del suelo.**

---

El control se lleva a cabo por los siguientes mecanismos:

- ❑ Una mejora en la nutrición de la planta, que es capaz de compensar los daños causados por el patógeno.
- ❑ Una competencia entre el hongo micorrízico y el patógeno por los fotosintatos de la planta hospedadora y los espacios colonizados en el tejido vegetal.

## **5.2 Contribución de las micorrizas al control de patógenos del suelo.**

---

- ❑ Cambios en la anatomía y en la arquitectura del sistema radical.
- ❑ Modificaciones en las poblaciones microbiológicas de la rizosfera.
- ❑ Activación de mecanismos de defensa en la planta hospedadora.

## 5.2 Contribución de las micorrizas al control de patógenos del suelo.

---

□ La mayor parte de los trabajos realizados y publicados hasta ahora demuestran el efecto beneficioso de las micorrizas y la reducción de daños causados por distintos patógenos de suelo. Se refieren principalmente a hongos patógenos que causan podredumbres de raíz como *Phytophthora*, *Aphanomyces*, *Pythium* y daños vasculares como *Fusarium* y *Verticillium* y a nematodos fitoparásitos agalladores y lesionadores como *Meloidogyne* y *Pratylenchus*. En cualquier caso, la consecuencia directa sobre el desarrollo de la planta es un incremento de tolerancia hacia el patógeno cuando ésta está micorrizada.

## **5.3 Infección de la raíz, demanda de fotosintetatos y desarrollo de la planta hospedera.**

---

□ La selección de hongos por su capacidad colonizadora y por su eficacia como estimuladores de crecimiento es el primer paso en este proceso. A partir de aquí existen metodologías distintas para los hongos formadores de micorrizas arbusculares y para los hongos ectomicorrícicos, que, a pesar de realizar funciones paralelas, los primeros en los cultivos agrícolas de mayor importancia, y los segundos en especies de interés forestal, se manejan de forma diferente debido a sus distintas características fisiológicas y reproductivas.

## **5.3 Infección de la raíz, demanda de fotosintetatos y desarrollo de la planta hospedera.**

---

□ La inoculación es adaptable al sistema de producción y sólo requiere la proximidad de una raíz susceptible de ser colonizada en las condiciones ambientales adecuadas. Puede realizarse actualmente en condiciones de semillero, de vivero y de campo.



## **5.3 Infección de la raíz, demanda de fotosintetatos y desarrollo de la planta hospedera.**

---

□ Los hongos ectomicorrícicos comprenden numerosas especies de Ascomicetos y Basidiomicetos formadores de esporocarpos epigeos e hipogeos, las típicas setas que recolectamos en el bosque. Las esporas de estas setas pueden usarse como inóculo para la micorrización controlada de las plantas.

## **5.3 Infección de la raíz, demanda de fotosintetatos y desarrollo de la planta hospedera.**

---

□ El ámbito de aplicación de la tecnología de las micorrizas es amplio y no se restringe únicamente a la agricultura o a la explotación forestal sino que cada vez más su importancia es reconocida en programas de restauración y paisajismo en los que la combinación de ambos tipos de simbiosis es imprescindible para la reconstrucción de zonas degradadas.

## **5.4 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.**

---

A las micorrizas se les reconoce un rol trascendental en la sobrevivencia y en el ciclado de nutrientes en los ecosistemas, encontrándose en todo tipo de suelos. Todas, a excepción de unas pocas especies de plantas vasculares, pertenecientes principalmente a las familias Crucíferas, Quenopodiáceas, Ciperáceas y Juncáceas, son capaces de formar micorrizas.

## **5.4 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.**

---

Las micorrizas más importantes son las micorrizas arbusculares, llamadas así por las estructuras tipo arbúsculos que forman al interior de la raíz. Sin duda los microorganismos más importantes en el aumento de la biodisponibilidad de Fósforo son los hongos formadores de micorrizas arbusculares.

## 5.4 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.

---

A diferencia de *Rhizobium*, en las micorrizas existe una carencia de “especificidad”, de modo que cualquier hongo de las micorrizas arbusculares puede colonizar la raíz de la planta hospedera; no obstante, la capacidad de colonización y su beneficio, difiere según la especie vegetal e incluso el cultivar, para un ecotipo de hongo determinado.

## **5.4 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.**

---

**Razones porque las micorrizas arbustivas mejoran la nutrición fosfatada de las plantas:**

- ❑ Absorber Fósforo en menor concentración que lo hace una raicilla.
- ❑ Explorar una mayor cantidad de suelo.
- ❑ Una mayor velocidad de transporte al interior de la hifa.
- ❑ Una posible absorción de Fósforo orgánico previa mineralización.

## **5.4 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.**

---

Cabe destacar que la actividad de las micorrizas arbustivas se ve inhibida, en presencia de un exceso de Fósforo exógeno, por lo que los fertilizantes fosfatados en dosis altas, especialmente los solubles, disminuyen su efecto beneficioso, igualmente el uso de funguicidas es negativo para las micorrizas arbustivas.

## 5.4 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.

---

**Otros efectos beneficiosos que entregan las micorrizas arbustivas:**

- ❑ Disminuyen los efectos negativos al estrés del trasplante, hídrico, salino, acidez, presencia de aluminio y/o metales pesados, acción de patógenos, etc.
- ❑ Mejora la capacidad de agregación del suelo, disminuyendo la erosión por la red de hifas que se forma y la producción de glomalinas que genera.
- ❑ Produce un efecto sinérgico con ***Rhizobium***.



## **5.4 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.**

---

### **Importancia del fomento de la presencia de hongos micorrícicos:**

Los hongos micorrícicos pertenecen a diversas especies que establecen una asociación simbiótica - llamada micorriza - con la mayor parte de las especies vegetales a través de sus raíces. En ésta simbiosis, las plantas entregan energía al hongo, y éste entrega a la planta agua y nutrientes. Las micorrizas son especialmente eficientes en aumentar los niveles de abastecimiento de Fósforo a los vegetales y microorganismos.

## **5.4 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.**

---

### **Mecanismos de acción de los hongos micorrícicos:**

Los mecanismos utilizados por estos hongos para aumentar la capacidad de absorción, entre otros, son la producción de una gran cantidad de micelios, lo que aumenta el volumen de suelo explorado y la superficie de absorción.

## **5.4 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.**

---

También es importante la capacidad que tienen para acumular Fósforo intracelularmente en forma activa, contra fuertes gradientes de concentración. Esto permite a las micorrizas extraer Fósforo en forma más eficiente, especialmente de soluciones de muy baja concentración. Un factor adicional de eficiencia de extracción es que las raíces con micorrizas se mantienen funcionales durante más tiempo.

## **5.4 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.**

---

### **Factores que determinan la presencia y actividad de hongos micorrícicos:**

Se ha detectado la presencia de hongos micorrícicos en prácticamente todo tipo de suelos, pero su población y actividad dependen de condiciones ambientales adecuadas.

## **5.4 Rol de las micorrizas en la nutrición mineral de las plantas hospederas.**

---

La existencia de nutrientes solubles y agroquímicos, los extremos de humedad - especialmente el exceso- y los extremos de temperatura, disminuyen su actividad y capacidad de crecimiento. La existencia de Materia Orgánica y la actividad biológica del suelo tienen efectos positivos. Cabe destacar que determinadas especies de hongos, bacterias y nematodos se alimentan de hongos micorrícicos.

# Referencias Bibliográficas

No.	TITULO/AUTOR
1	Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plant. 2da. Edición. Academic Press. 888 P.
2	Cadahia, L. C. 2000. Fertirrigación. 2da. Edición. Mundi-Prensa. 474 P
3	Benton, J.J. 1998. Plant nutrition manual. CRC Pres. 149 P.
4	Alcantar González, G. y Libia I. Trejo Téllez. 2007. Nutrición de Cultivos. Primera ed. Mundi-Prensa. México. 438 p.
5	Navarro Blaya, S. y Ginés Navarro G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda ed. Mundi-Prensa. México. 487.
6	IFA. 2002. Los fertilizantes y su uso. 4ta. Ed. FAO Ed. 87 P. <a href="ftp://ftp.fao.org/aql/aqll/docs/fertuso.pdf">ftp://ftp.fao.org/aql/aqll/docs/fertuso.pdf</a>

