



# DIAGNÓSTICO SUELOS



*Antonio L. Alarcón Vera*

*Dpto. Ciencia y Tecnología Agraria. ETSIA*

*Universidad Politécnica de Cartagena*






# Suelos

- **Introducción**

- ✓ Mantenimiento de la fertilidad de los suelos
- ✓ Fertilidad vs Productividad, influencia de factores externos
- ✓ Conocimiento de las propiedades físico-químicas de un suelo:  
Forma práctica y mediante análisis

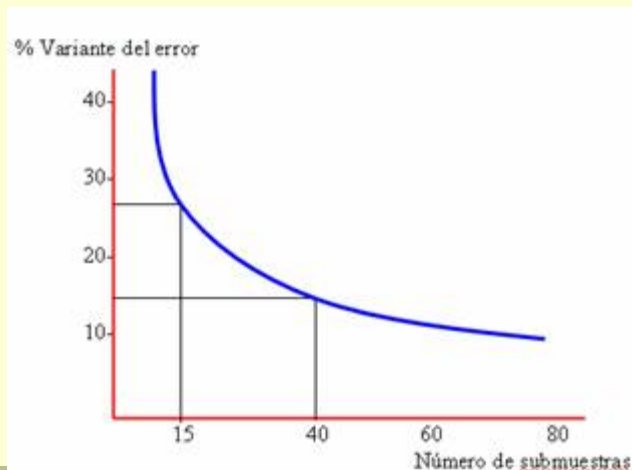
- **Tipos de análisis de suelos**

- ✓ De fertilidad, de caracterización o rutinario (en inicio o ante cambios importantes de técnica o manejo de cultivo): Textura, pH, CE, MO, Carbonatos, Nt, P y K asimilables, CCC, cationes de cambio.
  - ✓ Análisis específico (estudio de problema concreto y/o seguimiento de una determinada experiencia o técnica de cultivo):  
Parámetros físicos (Da, Dr, CC, Pm, AU, Pt); análisis de extractos diluidos o de saturación (iones en solución); microelementos asimilables; etc.
- 

# Suelos

## • Toma de muestras


- ✓ Axioma fundamental “el análisis nunca puede ser mejor que la muestra”
- ✓ El 85% del error total del análisis es debido a la toma de muestras
- ✓ Representatividad, división previa del terreno en zonas homogéneas: División en base a heterogeneidades topográficas, texturales y de color, desarrollo relativo de cultivos y malas hierbas, grado de humedad, tratamientos fertilizantes, cultivo (portainjerto, cv, edad), técnica de riego empleada, etc.
- ✓ División de puntos de muestreo: En cuadrícula, radial, en zig-zag, etc.
- ✓ Número de submuestras: Experimento de Shuffelen (variación entre 43-200%, error inherente al muestreo del 40%).
- ✓ Entre 15 y 40 submuestras para una muestra compuesta de 1 Kg aprox.





# Suelos

## • Toma de muestras

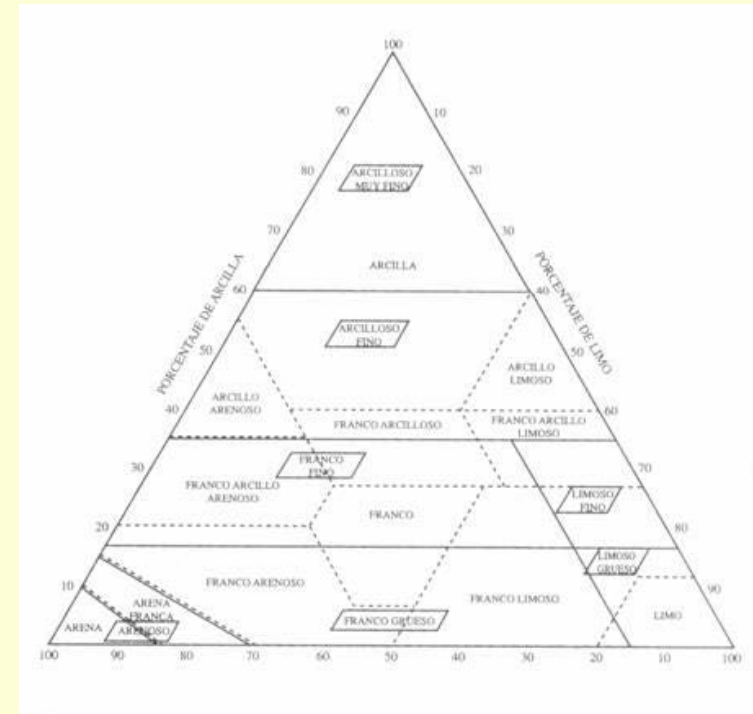
- ✓ Profundidad de muestreos: Franja de suelo con mayor cantidad de raíces activas. En árboles con riego tradicional 25-50 cm, en hortícolas y extensivos 15-25 cm, prados y pastizales 5-7 cm.
  - ✓ Utensilios: azada o pala, sonda acanalada, barrena (con o sin tope)
  - ✓ Época de muestreo: No es fija, recomendable 2 meses después de abonado fuerte y 4 meses después de enmienda orgánica o calcárea. Preferible después de la cosecha o cuando aparecen problemas.
  - ✓ Zonas de muestreo y material muestreado: No muestrear zonas cercanas a bosques, caminos, ramblas, zonas de pastoreo, etc. No mezclar suelo y subsuelo, en suelos salinos muestrear eflorescencias salinas por separado y diferentes niveles de profundidad.
  - ✓ Tamizado y secado: Salvo excepciones se analiza la fracción de suelo desmenuzado y secado que pasa por tamiz de 2 mm.
- 

# Suelos

- **Determinaciones físicas (mismo enfoque para fertirrigados y no)**

- ✓ Textura: Proporciones de arena gruesa (2-0,2 mm), arena fina (0,2-0,02 mm), limo (0,02-0,002 mm) y arcilla (< 0,002 mm)
- ✓ Suelos arenosos vs suelos arcillosos
- ✓ Otras: Densidad real (2,65 g/cc),

Densidad aparente (aumenta conforme es más arenoso el suelo, y para un mismo suelo, conforme está más compactado),  
Velocidad de infiltración, Estabilidad de Agregados, Porosidad, Curva de retención hídrica, etc.



$$\% Pt = 100 (1 - Da/Dr)$$

# MEDIDAS PRÁCTICAS PARA EVALUACIÓN DE LA COMPACTACIÓN DE UN SUELO

● Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)

Tipo de suelo	Ideal	Influyente	Restrictivo
Arenoso	< 1,60	1,70	> 1,80
Franco	< 1,40	1,60	> 1,75
Limoso	< 1,30	1,60	> 1,75
Franco arcilloso o arcilloso	< 1,10	1,40	> 1,50

# MEDIDAS PRÁCTICAS PARA EVALUACIÓN DE LA COMPACTACIÓN DE UN SUELO

## ● Velocidad de infiltración (cm/h)

Tipo de suelo	Valores típicos
Arena	2
Arenosos y limosos	1-2
Suelo franco	0,5-1
Suelo arcilloso	0,1-0,5
Suelo arcilloso sódico	< 0,1

# MEDIDAS PRÁCTICAS PARA EVALUACIÓN DE LA COMPACTACIÓN DE UN SUELO

● Estabilidad de agregados: % de macroagregados (>250  $\mu\text{m}$  estables tras tamizado en húmedo 3 min.)

% Materia orgánica	% Agregados estables al agua	% Arcilla	% Agregados estables al agua
0,4	53	5	60
0,8	66	10	65
1,2	70	20	70
2	75	30	74
4	77	40	78
8	81	60	82
12	85	80	86





# Suelos

## • Determinaciones físicas

- ✓ Porosidad total:  $\% Pt = 100 (1 - Da/Dr)$
- ✓ Parámetros que definen la capacidad hídrica del suelo (expresados en % de suelo seco):

- Equivalente de humedad (Ho): Agua retenida por un suelo en equilibrio cuando se somete a 1000 G. Se calcula según fórmula de Garner:

$$Ho = 0,555 (\% \text{ Arcilla}) + 0,187 (\% \text{ Limo}) + 0,027 (\% \text{ Arena})$$

- Capacidad de campo (Cc): Se calcula según fórmula de Paele:

$$Cc = 0,865 Ho + 2,54$$

- Punto de marchitez (Hm): Se calcula según fórmula de Briggs y Shantz:

$$Hm = Ho / 1,84$$

- Agua útil (AU):

$$AU (m^3/Ha) = (Cc - Hm) \cdot Da \cdot h \cdot 100 \cdot \% \text{ Superficie mojada}$$

Da en g/cc y h profundidad del suelo (raíces) en m





# Suelos

- **Determinaciones físicas**

- ✓ Parámetros que definen la capacidad hídrica del suelo:

- Agua fácilmente utilizable (AFU):

$$AFU = 2/3 AU$$

- Dosis práctica de riego (DPR):

$$DPR = AFU \cdot f$$


$$f = 1,4 \text{ en riego por inundación}$$

$$f = 1,3 \text{ en riego por surcos}$$

$$f = 1,2 \text{ en riego por aspersión}$$

En riego por goteo, siempre que lo permita la correcta oxigenación del terreno, permitir un agotamiento del 10% del AFU del suelo y reponer, en suelos mal aireados aumentar este % de agotamiento hasta 15-25%.

A esto habría que añadir el porcentaje de lavado que sea necesario.



- **Determinaciones físico-químicas (mismo enfoque fertirrigados y no)**

pH: En Agua vs  $\text{Cl}_2\text{Ca}$  (más estable en  $\text{Cl}_2\text{Ca}$ , lectura igual a pH elevados y más baja a pH ácidos), en KCl (estimación de la acidez potencial del suelo), efecto del factor de dilución (medible en extractos 1:10, 1:5, 1:2.5, a más diluido mayor pH, aunque no demasiado importante)

## Interpretación general de los valores de pH del suelo

<i>Valores de pH</i>	<i>Reacción del suelo</i>
<i>Más de 8,5</i>	<i>Fuertemente alcalino</i>
<i>8,0 a 8,5</i>	<i>Moderadamente alcalino</i>
<i>7,5 a 8,0</i>	<i>Ligeramente alcalino</i>
<i>6,6 a 7,4</i>	<i>Neutro o casi neutro</i>
<i>6,0 a 6,5</i>	<i>Ligeramente ácido</i>
<i>5,5 a 6,0</i>	<i>Moderadamente ácido</i>
<i>5,0 a 5,5</i>	<i>Fuertemente ácido</i>
<i>Menos de 5,0</i>	<i>Muy fuertemente ácido</i>

## Términos descriptivos del pH del suelo y efectos esperables en cada rango de acidez

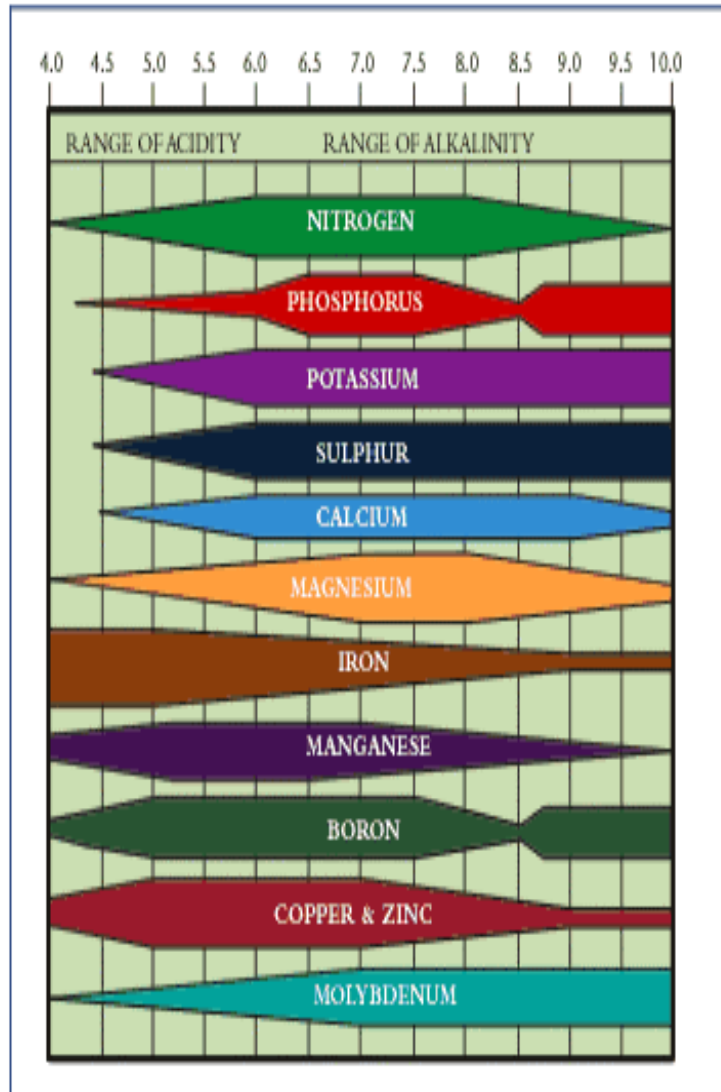
<b>Término descriptivo</b>	<b>Rango de pH (H<sub>2</sub>O 1:2,5)</b>	<b>Efectos esperables</b>
<b>Extremadamente ácido</b>	<b>&lt;4,5</b>	<b>Condiciones muy desfavorables</b>
<b>Muy fuertemente ácido</b>	<b>4,5-5,0</b>	<b>Toxicidad de Al<sup>+3</sup> y lo indicado en las tres líneas siguientes</b>
<b>Fuertemente ácido</b>	<b>5,1-5,5</b>	<b>Exceso de Co, Cu, Fe, Mn y Zn Deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo P y S Actividad bacteriana escasa</b>
<b>Moderadamente ácido</b>	<b>5,6-6,0</b>	<b>Adecuado para la mayoría de los cultivos</b>
<b>Débilmente ácido</b>	<b>6,0-6,5</b>	<b>Máxima disponibilidad de nutrientes</b>
<b>Neutro</b>	<b>6,6-7,3</b>	<b>Mínimo efectos tóxicos Bajo pH 7 no hay CaCO<sub>3</sub></b>

## Términos descriptivos del pH del suelo y efectos esperables en cada rango de alcalinidad

<b>Neutro</b>	<b>6,6-7,3</b>	<b>Mínimo efectos tóxicos Bajo pH 7 no hay CaCO<sub>3</sub></b>
<b>Débilmente Alcalino</b>	<b>7,4-7,8</b>	<b>Suelos generalmente con CaCO<sub>3</sub></b>
<b>Moderadamente alcalino</b>	<b>7,9-8,4</b>	<b>Disminuye la disponibilidad de P Deficiencias crecientes de Co, Cu, Fe, Mn y Zn Clorosis férrica</b>
<b>Fuertemente alcalino</b>	<b>8,5-9,0</b>	<b>En suelos no sódicos puede haber carbonato de magnesio Mayores problemas de clorosis férrica</b>
<b>Muy fuertemente alcalino</b>	<b>&gt; 9,0</b>	<b>Presencia de carbonato de sodio Suelo sódico, actividad microbiana escasa, condiciones muy desfavorables</b>

Figure 1

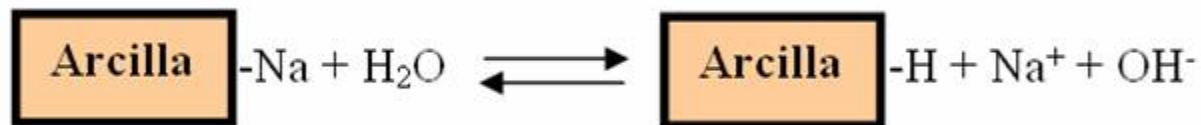
The Influence of Soil pH on Nutrient Availability



**Influencia del pH del suelo sobre la disponibilidad o facilidad de asimilación de los distintos elementos**

# SODIO EN EL SUELO

- Suelos salinos: Elevada proporción de sales solubles aunque el Na de cambio  $< 15\%$ . El pH  $< 8,5$ . Se acumulan costras blancas superficiales por exceso de sales (álcali blanco). Suelos recuperables con lavado y buen drenaje.
- Suelos salino-sódicos: Elevada proporción de sales solubles pero el Na de cambio  $> 15\%$ . El pH raramente es  $> 8,5$ , el exceso de sales soluble neutras actúa de freno.
- Suelos sódicos: No hay exceso de sales solubles neutras y el Na de cambio  $> 15\%$ . El pH es  $> 8,5$ . El Na adsorbido se hidroliza incrementando el pH:



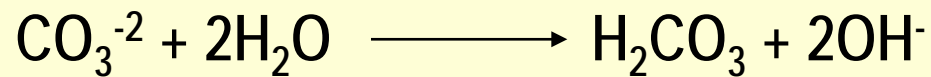
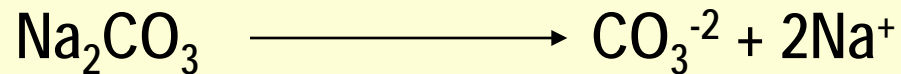


# SODIO EN EL SUELO


## - Suelos sódicos

Se ve aumentada la degradación de la estructura por dispersión de coloides y la toxicidad por  $\text{Na}^+$ .

El pH puede llegar incluso a 10, por la hidrólisis anterior y por la hidrólisis del  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :



A este valor de pH la MO dispersa y se distribuye en superficie de partículas (álcali negro). Suelos de difícil y lenta recuperación (control del Na de cambio, incorporación de Ca, lavado, MO fácilmente degradable, especies resistentes a salinidad, etc.).

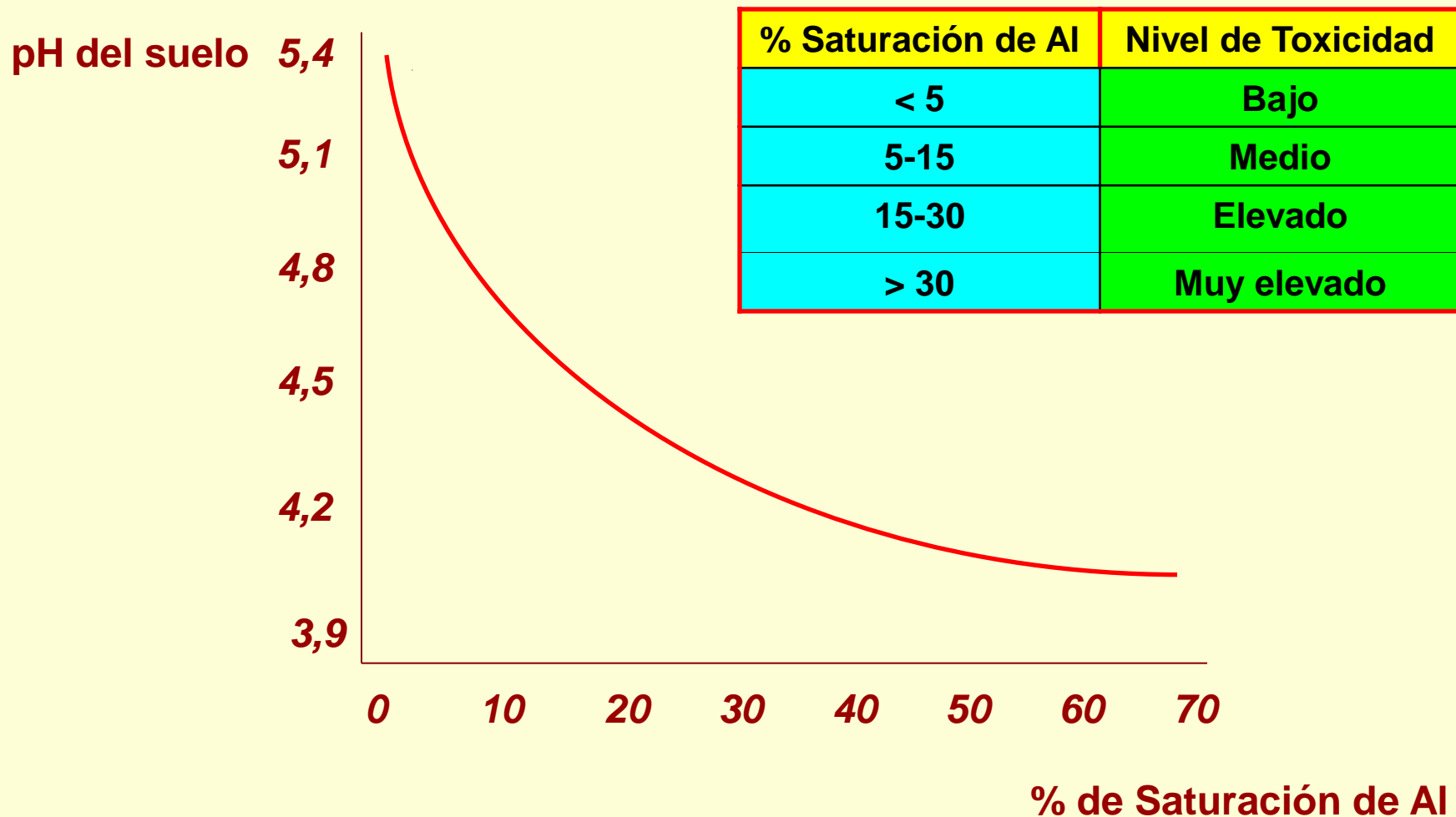




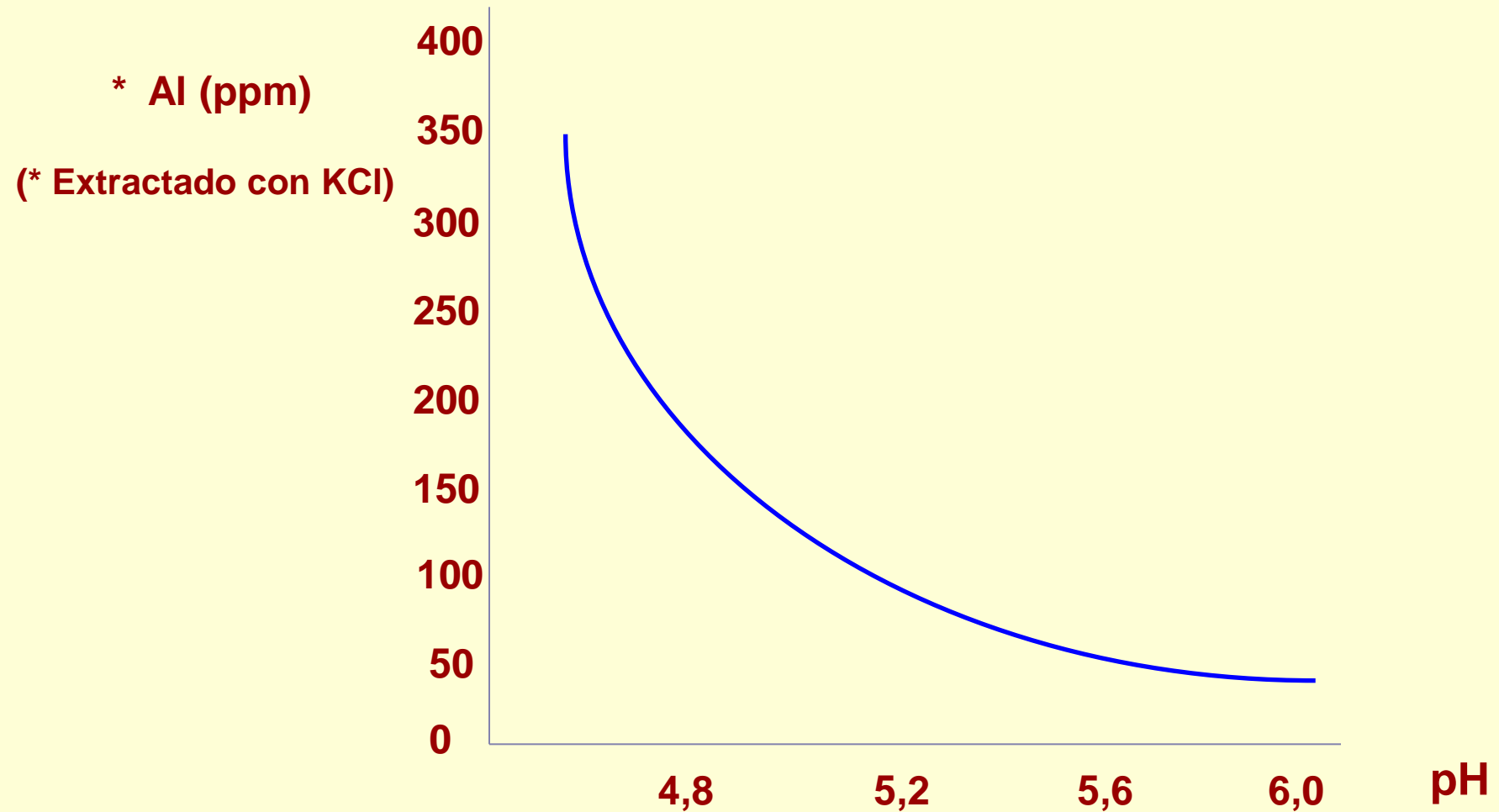
# PROBLEMAS DE INFILTRACIÓN




## Relación entre el pH del suelo y la saturación de Al




## Relación entre pH y concentración de Al intercambiable (soluble en KCl 1M)






## **Factores que generan acidez en un suelo.**

- + Alta Pluviometría. Produce arrastre de Ca, K, Mg, y Na a capas profundas del suelo.***
  - + Transformación de la materia orgánica con liberación de iones  $H^+$***
  - + Fertilizaciones que no restituyen los nutrientes extraídos por los cultivos.***
  - + Uso continuo de fertilizantes de reacción ácida, tales como sulfato de amonio, nitrato de amonio, nitrato de amonios cálcicos (CAN), urea y fosfatos de amonio.***
- 



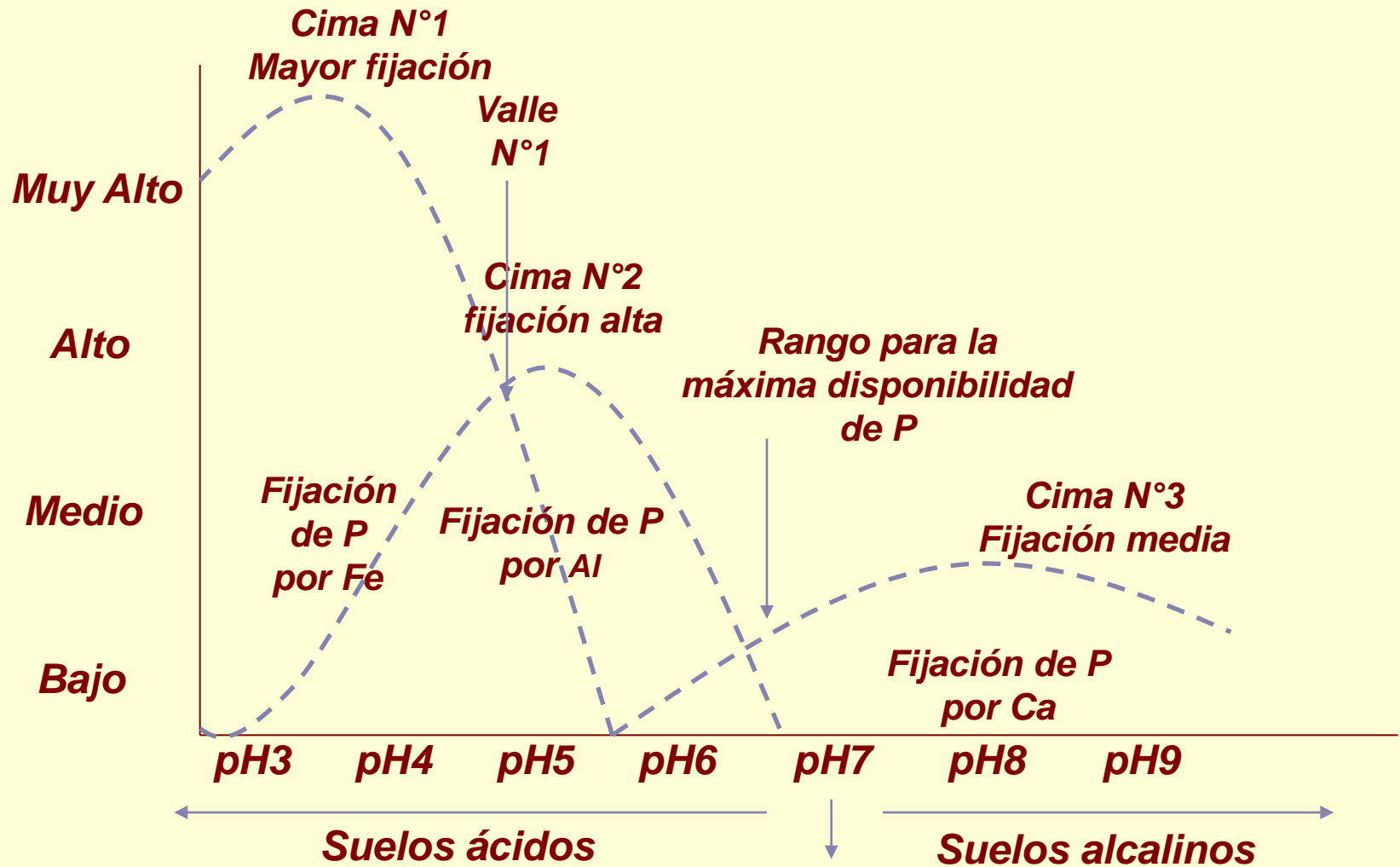
## **Efecto de la acidez por Aluminio.**

- ✦ Menor desarrollo del sistema radicular, limitándose la absorción de agua y nutrientes.***
  - ✦ Inhibición de la actividad de los microorganismos del suelo, disminuyendo el aporte de Nitrógeno y Azufre.***
  - ✦ Menor disponibilidad de Fósforo, por formación de precipitados de fosfatos de aluminio.***
  - ✦ Alteración síntesis de ADN y de la mitosis, afectando la elongación celular y el metabolismo de la planta.***
- 



*Raíces de caña de azúcar afectadas de toxicidad del Al. Las raíces más viejas están muertas y las raíces nuevas son cortas, están hinchadas y son de trayectoria zigzagueante.*

# La disponibilidad del fósforo varía con la reacción del suelo (pH).



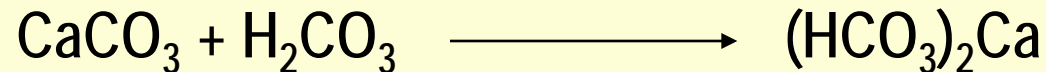
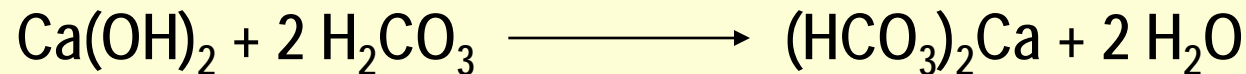
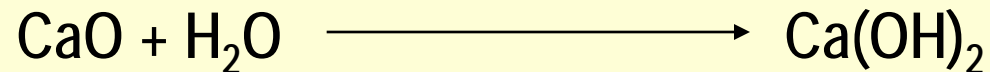


# CALCIO en suelo

## Encalado


• Enmienda de suelos ácidos por aplicación de cales agrícolas (óxido de Ca, hidróxido de Ca, carbonato de Ca, carbonato de Ca-Mg, silicatos de Ca, etc.). Dos procesos simultáneos tienen lugar:

- Solubilización y formación de bicarbonato:



- Adsorción del Ca al complejo coloidal

Con el tiempo se va perdiendo Ca por lixiviación y se va sustituyendo el Ca del complejo coloidal por  $\text{H}^+$ , hasta que es necesaria una nueva enmienda.





# Suelos

- Necesidades de caliza en suelos ácidos (Tm/Ha) en bandas aprox.

Tipo de suelo	De pH 4,5 a 5,5	De pH 5,5 a 6,5
Arenosos y arenoso francos	0,7	0,9
Franco arenosos	1,1	1,6
Franco	1,8	2,3
Franco limosos	2,7	3,2
Franco arcillosos	3,4	4,5
Orgánicos	7,4	8,5

pH adecuado - pH del suelo

$$\text{Dosis de enmienda (Tm/ha) toda superficie} = \frac{\text{pH adecuado} - \text{pH del suelo}}{\text{Capacidad tampón del suelo}}$$

Cuadro 3. Capacidad tampón de suelos

Franco	0,12 – 0,15
Franco arcillosos	0,15 – 0,17
Arcilloso limoso a arcillosos	0,16 – 0,19

# Suelos

- Necesidades de S en suelos alcalinos (Kg/Ha)

pH	Aporte en toda la superficie		Aporte en surcos o bandas	
	Suelo arenoso	Suelo arcilloso	Suelo arenoso	Suelo arcilloso
7,5	450-650	900-1100	225-280	340-550
8,0	1100-1700	1700-2200	340-550	650-900
8,5	1700-2200	> 2200	650-900	> 900

# Suelos

- **Determinaciones físico-químicas**

## CE

Agronómicamente un suelo salino es aquel que por su contenido en sales es capaz de hacer disminuir la productividad del cultivo al 50%. Numéricamente  $> 4$  dS/m en extracto saturado.

CE (dS/m) en extracto 1:5	CE (dS/m) en extracto saturado	Clasificación del suelo
$< 0.35$	$< 2$	No salino
0.35-0.65	2-4	Ligeramente salino
0.65-1.15	4-8	Salino
1.15-2.00	8-16	Muy salino
$> 2.00$	$> 16$	Extremadamente salino

Con  $> 1$  dS/m en extracto 1:5, se recomienda hacer análisis de extracto saturado para estudiar salinidad.

# Suelos

## • Determinaciones físico-químicas

### Carbonato cálcico total

Con  $> 10\%$  de  $\text{CaCO}_3$  total toda la dinámica del suelo se ve dominada por éste.

Valor de $\text{CaCO}_3$ total	Calificación del suelo
$< 5 \%$	Muy poco calizo
5 – 10 %	Poco calizo
10 – 25 %	Medianamente calizo
25 – 45 %	Notablemente calizo
$> 45 \%$	Fuertemente calizo

### Materia Orgánica

La MO total se determina por acenización pero no tiene un interés agrícola directo, lo que normalmente se determina en análisis es la MO fácilmente oxidable que se relaciona con el nivel de humus

% Materia orgánica	Nivel	Tipo suelo y riego	Nivel crítico
$< 1.0$	Muy bajo	Secano	1.5 %
1.0 – 2.0	Bajo	Regadio	2 %
2.0 – 3.0	Normal	Suelo arcilloso	2.5 %
3.0 – 4.0	Alto	Suelo franco	1.8 %
$> 4.0$	Muy alto	Suelo arenoso	2.2 %



# Suelos

- **Determinaciones Químicas (enfoque diferente para fertirrigados y no)**

## **Grupos de cultivos en convencional**

El análisis de caracterización aporta información sobre su riqueza o pobreza, independientemente de factores como clima o cultivo. Un suelo puede ser rico para un cultivo poco exigente y pobre para uno muy exigente.

✓ Grupo I (secano): Pastos, praderas, girasol, cereales de invierno, forrajeras de secano, viña, olivo, almendro y, en general cultivos de secano con pluviometría < 400 mm.

✓ Grupo II (extensivos de regadío): Remolacha, patata, maíz, algodón, cereales de invierno. Cultivos de secano bajo pluviometría > 500 mm, uva de mesa o vid de regadío, frutales bajo sistemas extensivos.

✓ Grupo III (intensivos): Hortícolas, ornamentales, cítricos y frutales no fertirrigados. Bajo fertirriego hay que hacer un seguimiento específico de la solución del suelo.






# Suelos

- **Determinaciones Químicas**

## Extractantes

- **Objeto: Simular el poder de absorción radicular y correlacionarlo con los rendimientos esperados.**
  - **Generalmente se emplean 4 extractantes: DTPA para micronutrientes metálicos, Bicarbonato para P, Amonio para cationes de cambio y Agua para Nitratos, Cloruros, Sulfatos y B.**
  - **Ha habido intentos de obtener el extractante universal (AB-DTPA), pero no han cuajado.**
  - **Reflexión sobre desde cuándo se utilizan estos extractantes y que le exigimos a los mismos.**
  - **Validez para métodos tradicionales de cultivo, no para fertirriego.**
- 

• **Determinaciones químicas:** **Suelos**

• **Caliza activa:**

Fracción más fina del  $\text{CaCO}_3$ . Responsable de la clorosis férrica

Valor de $\text{CaCO}_3$ activo	Nivel
< 6 %	Bajo
6 – 10 %	Medio
10 – 15 %	Alto
> 15 %	Muy alto

$$\text{IPC} = (\% \text{ Caliza activa} / \text{Fe}^{2+}) \times 10^4$$

• **Nitrógeno:**

La mayor parte del N de los suelos está en forma orgánica (> 98%). El N mineral ( $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ ) se extrae con KCl 2N. Nitrógeno total Kjeldahl.

Valor de Nitrógeno total	Valor de Nitrógeno mineral	Nivel
< 0,05 %	< 10 ppm	Muy bajo
0,05 – 0,10 %	11-20 ppm	Bajo
0,10 – 0,20 %	21-40 ppm	Normal - Medio
0,20 – 0,30 %	41-75 ppm	Alto
> 0,30 %	> 75 ppm	Muy alto

## • Determinaciones químicas: **Suelos**

### • Relación C/N:

Da idea de la capacidad de liberación de N que posee la MO presente en el suelo, es decir, el ritmo de mineralización de la MO.

Relación C/N	Nivel	Liberación de N
< 6	Muy bajo	Excesiva
6 – 10	Bajo	Alta
10 – 12	Normal	Normal
12 – 15	Alto	Escasa
> 15	Muy alto	Muy escasa

Relación C/N alta, indica poca capacidad para liberar nitratos. Una relación C/N baja indica agotamiento del suelo, cuando se explota intensamente o se erosiona. Además aumenta el riesgo de pérdida de estabilidad estructural.

En condiciones ácidas la relación C/N tiende a ser más elevada, y a ser más baja a mayor profundidad.



# Suelos

- **Determinaciones químicas**

## P asimilable: Método Mehlich vs otros específicos

P tiende a inmovilizarse y a ser un factor limitante en los cultivos.

Cada tipo de suelo debe usar un método específico para extraer el P asimilable: Olsen (suelos calizos), Saunder (suelos ácidos no orgánicos), Bray-Kurtz (suelos no calizos ni arcillosos), Truog (suelos con baja CCC), etc.

Método Mehlich III	
P asimilable	Nivel
< 30 ppm	Pobre
30-75 ppm	Medio
> 75 ppm	Rico

Método Dyer

Valor de Fósforo asimilable	Nivel
0-1 ppm	Insuficiente
1-1.5 ppm	Medio
> 3 ppm	Bien provisto

Fósforo asimilable

Método Saunder

Valor de Fósforo asimilable	Nivel
200 ppm	Alto
100 ppm	Normal
50 ppm	Bajo
30 ppm	Deficiente

Método Bray-Kurtz

Valor de Fósforo asimilable	Nivel
0-3 ppm	Muy bajo
3-7 ppm	Bajo
7-20 ppm	Normal
20-30 ppm	Alto
> 30 ppm	Muy alto

Método Truog

Valor de Fósforo asimilable	Nivel
0-5 ppm	Muy bajo
5-15 ppm	Bajo
15-25 ppm	Normal
25-40 ppm	Alto
> 40 ppm	Muy alto

Método Joret-Hebert

Valor de Fósforo asimilable	Nivel
0-0.5 ppm	Insuficiente
0.5-1.5 ppm	Medio
> 1.5 ppm	Bien provisto

Método Buriel-Hernando

Valor de Fósforo asimilable	Nivel
< 50 ppm	Pobre
50-130 ppm	Medio
> 130 ppm	Rico

# Suelos

- **Determinaciones químicas**

➤ **P asimilable: Método Olsen extracción con bicarbonato a pH 8,5**

*Método Olsen*

CULTIVO		Nivel de fósforo asimilable (ppm)				
		Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
GRUPO I	Suelto	0-4	5-8	9-12	13-20	21-32
	Franco	0-6	7-12	13-18	19-30	31-48
	Arcilloso	0-8	9-16	17-24	25-40	41-64
GRUPO II	Suelto	0-6	7-12	12-18	19-30	31-48
	Franco	0-8	9-16	17-24	25-40	41-64
	Arcilloso	0-10	11-20	21-30	31-50	51-80
GRUPO III	Suelto	0-8	9-16	17-24	25-40	41-64
	Franco	0-10	11-20	20-30	31-50	51-80
	Arcilloso	0-12	13-24	25-36	37-60	61-96

En suelos calizos la cantidad de P soluble queda condicionada por la concentración de  $\text{Ca}^{+2}$ , cantidad y tamaño de partículas de  $\text{CaCO}_3$ , contenido de MO, cantidad de arcilla total o parcialmente saturada con  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ , etc.

No se debe aplicar la tabla anterior con el mismo rigor en todos los suelos calizos.

# Suelos

- **Determinaciones químicas**

- **P asimilable: Previsiones de abonado**

- Contenidos normales o altos: Mantener niveles de aportes
- Contenidos bajos: Incrementar en base a:

TIPO DE SUELO	Nivel de Carbonato cálcico		
	Bajo	Medio	Alto
Arenoso	10 %	20 %	30 %
Franco	20 %	30 %	40 %
Arcilloso	30 %	40 %	50 %

- Contenidos muy altos: reducir en base a:

TIPO DE SUELO	Nivel de Carbonato cálcico		
	Bajo	Medio	Alto
Arenoso	30 %	20 %	10 %
Franco	40 %	30 %	20 %
Arcilloso	50 %	40 %	30 %

- Niveles excesivos: Suprimir aportes durante 1-3 años (árboles) o reducir a la mitad (hortícolas)

# Suelos

## Determinaciones químicas

### Aniones en el extracto soluble (extracto saturado)

Válido para el seguimiento de nutrientes presentes en la solución del suelo (fertirriego) y determinación de aniones en cualquier tipo de análisis considerado (sulfatos, cloruros, bicarbonatos, nitratos).

Nivel de cloruros	Nivel de sulfatos	Nivel de bicarbonatos	Interpretación
-	< 1 meq/l	< 0.1 meq/l	Bajo
< 10 meq/l	1-20 meq/l	0,1-2,5 meq/l	Satisfactorio
10-15 meq/l	20-30 meq/l	2,5-5 meq/l	Medio
> 15 meq/l	> 30 meq/l	> 5 meq/l	Excesivo

Si se emplean extractos diluidos los resultados se expresan en meq/100g, para independizar el resultado del grado de dilución empleado.

Para pasar de meq/100 g a meq/l en extracto saturado:

$$f \cdot \text{meq/100g} = \text{meq/l en extracto saturado}$$

$$f = 33,4 \text{ (suelo arenoso); } 25,0 \text{ (suelo franco); } 16,6 \text{ (suelo arcilloso)}$$

# Suelos

## Determinaciones químicas

### Análisis del complejo de cambio

Capacidad de Cambio Catiónico: Valores y Unidades

Valor de CCC (meq/100 g)	Nivel
<5	Muy bajo
5-10	Bajo
10-20	Medio
20-30	Elevado
>30	Muy elevado

Tipo de suelo	Valor medio de CCC (meq/100 g)
Arenoso	10
Franco	15
Arcilloso	20

CCC o T indica la cantidad de cationes que el suelo adsorbe, depende del tipo y cantidad de arcilla, MO y del pH.

Se expresa en meq/100g, también se puede hacer en cmol/Kg, cmol/l o meq/l, pero es menos correcto.

La suma de bases de cambio (S) se llama CCC efectiva, y la CCC ocupada por H<sup>+</sup> se llama CCC bloqueada. El grado de saturación es el porcentaje de CCC ocupado por bases de cambio.

# Determinaciones químicas **Suelos**

## Análisis del complejo de cambio

Cationes de cambio: Principalmente  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+}$  y  $\text{K}^{+}$ , aunque también puede haber cantidades apreciables de  $\text{H}^{+}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{NH}_4^{+}$  y micronutrientes metálicos

Cationes	Nivel (% sobre CCC total)	Nivel (meq/100 g)	Interpretación
Calcio	<50	<3,5	Muy bajo
	50-65	3,5-10	Bajo
	65-75	10-20	Medio
	75-85	20-30	Alto
	>85	>30	Muy alto
Magnesio	<10	<0,6	Muy bajo
	10-15	0,6-2,5	Bajo
	15-20	2,5-5	Medio
	20-30	5-7,5	Alto
	>30	>7,5	Muy alto
Potasio	<2,5	<0,25	Muy bajo
	2,5-5	0,25-0,5	Bajo
	5-10	0,5-0,75	Medio
	10-20	0,75-1	Alto
	>20	>1	Muy alto
Sodio	-	-	-
	<0.5	-	Sin riesgo
	0.5-5	<2	Riesgo medio
	5-15	2-5	Riesgo alto
	>15 (suelo sódico)	>5	Riesgo muy alto

# Suelos

## Determinaciones químicas

### Análisis del complejo de cambio

Cationes de cambio

Fuerza de retención:  $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ , pero cuidado con el K interlaminar o fijado.

Cationes de cambio vs cationes extraíbles

K extraíble o asimilable

CULTIVO		Nivel de potasio asimilable (meq/100 g)				
		Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
GRUPO I	Suelto	0-0,5	0,15-0,3	0,3-0,45	0,45-0,75	0,75-1,2
	Franco	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-1	1-1,6
	Arcilloso	0-0,25	0,25-0,5	0,5-0,75	0,75-1,25	1,25-2
GRUPO II	Suelto	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-1	1-1,6
	Franco	0-0,25	0,25-0,5	0,5-0,75	0,75-1,25	1,25-2
	Arcilloso	0-0,3	0,3-0,6	0,6-0,9	0,9-1,5	1,5-2,4
GRUPO III	Suelto	0-0,25	0,25-0,5	0,5-0,75	0,75-1,25	1,25-2
	Franco	0-0,3	0,3-0,6	0,6-0,9	0,9-1,5	1,5-2,4
	Arcilloso	0-0,35	0,35-0,7	0,7-1,05	1,05-1,75	1,75-2,8

# Suelos

## • Determinaciones químicas

### **K extraíble o asimilable: Previsiones de abonado (no apto en fertirriego)**

- Contenidos normales o altos: Mantener niveles de aportes
- Contenidos bajos: Incrementar en base a:

TIPO DE SUELO	Nivel de Potasio	
	Bajo	Muy bajo
Arenoso	20 %	40 %
Franco	10 %	20 %
Arcilloso	30 %	40 %

- Contenidos muy altos: reducir en base a:

TIPO DE SUELO	Nivel de potasio Alto
Arenoso	10 %
Franco	20 %
Arcilloso	40 %

- Niveles excesivos: Suprimir aportes durante 1-3 años (árboles) o reducir a la mitad (hortícolas)



# Suelos

## Determinaciones químicas

### Análisis del complejo de cambio

Ca, Mg y Na extraíble o asimilable

CATION	Nivel asimilable (meq/100 g)					
	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto	
Calcio	Suelto	0-3	3-6	6-7	7-8	> 8
	Franco	0-4,5	4,5-9	9-10,5	10,5-12	> 12
	Arcilloso	0-6	6-12	12-14	14-16	> 16
Magnesio	Suelto	0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	> 2
	Franco	0-0,75	0,75-1,5	1,5-2,25	2,25-3	> 3
	Arcilloso	0-1	1-2	2-3	3-4	> 4
Sodio	Suelto	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1	1-1,5	> 1,5
	Franco	0-0,45	0,45-0,9	0,9-1,5	1,5-2,25	> 2,25
	Arcilloso	0-0,6	0,6-1,2	1,2-2	2-3	> 3

Atención extracción de Ca con Acetato amónico

# Suelos

## Determinaciones químicas

### Análisis del complejo de cambio

Relaciones entre cationes de cambio

<b>K/Mg (meq/100 g)</b>	<b>Ca/Mg (meq/100 g)</b>	<b>Nivel</b>
<b>&lt; 0.2</b>	<b>&lt;1</b>	<b>Bajo</b>
<b>0,2-0,3</b>	<b>5</b>	<b>Ideal</b>
<b>&gt;0.5</b>	<b>&gt;10</b>	<b>Alta</b>

Saturación con Al: Niveles variables en función de la tolerancia a la toxicidad por Aluminio del cultivo

<b>% Saturación de Al</b>	<b>Riesgo de toxicidad</b>
<b>&lt; 5</b>	<b>Bajo</b>
<b>5-15</b>	<b>Medio</b>
<b>15-30</b>	<b>Elevado</b>
<b>&gt; 30</b>	<b>Muy elevado</b>



# Suelos

## Determinaciones químicas

### Microelementos

Se consideran fracción asimilable la presente en la solución del suelo, más la cambiante más la quelatada o ligada (de forma lábil). La fracción soluble es muy baja para los 4 microelementos metálicos, pero es el mejor criterio para el seguimiento del B.

### Macronutrientes vs micronutrientes en fertirriego

Fe asimilable	Mn asimilable	Zn asimilable	Cu asimilable	Interpretación
< 2 ppm	< 1 ppm	< 0,5 ppm	< 0,2 ppm	Muy bajo
2-4 ppm	1-2 ppm	0,5-1 ppm	0,2-0,4 ppm	Bajo
4-10 ppm	2-5 ppm	1-2 ppm	0,4-0,8 ppm	Medio
> 10 ppm	> 5 ppm	> 2 ppm	> 0,8 ppm	Alto (suficiente)

Atención con los antagonismos y con el nivel de MO (caso del Mn)

Micronutrientes metálicos extraídos con DTPA



# Suelos

## Determinaciones químicas

### Microelementos

B soluble en agua hirviendo	B en extracto saturado	Interpretación
< 0,2 ppm	< 0,2 ppm	Muy bajo
0,2-0,5 ppm	0,2-0,7 ppm	Bajo
0,5-3 ppm	0,7-1,5 ppm	Normal
> 3 ppm	> 1,5 ppm	Excesivo (tóxico)

Interpretar el B atendiendo a la especie cultivada y tipo de suelo. En función del tipo de suelo, los niveles críticos de B son: Suelos calizos (1 ppm), suelos arcillosos (0,8 ppm), suelos francos (0,5 ppm), suelos arenosos (0,3 ppm).

Molibdeno asimilable	Interpretación
< 0,05 ppm	Muy bajo
0,05-0,1 ppm	Bajo
0,1-0,2 ppm	Normal
> 0,2 ppm	Alto (suficiente)

Molibdeno extraído con oxalato amónico.

# Suelos

## Factores de demanda

CULTIVO	Factor de demanda (Kg/Tm de producto)		
	N	P	K
Pimiento	3,6	0,3	4,2
Tomate	7,4	0,9	11,0
Fresa	7,0	0,9	8,1
Melón	4,0	1,0	6,2
Sandía	3,2	0,8	3,3
Coliflor	7,5	1,1	12,0
Brócoli	6,0	0,9	5,0
Col	5,0	0,8	5,5
Café	18,0	1,3	16,6
Caña de azúcar	1,3	0,2	1,2
Tabaco	77	5,7	73
Aguacate	21,7	3,3	13,9
Limón	5,7	0,6	3,6
Naranja	5,8	0,6	3,4
Manzana	5,8	0,6	3,4
Arroz	13,2	3,3	26,0
Patata	4,0	0,5	3,8
Trigo	24,3	3,5	24,1

**Demanda del cultivo – Suministro del suelo**

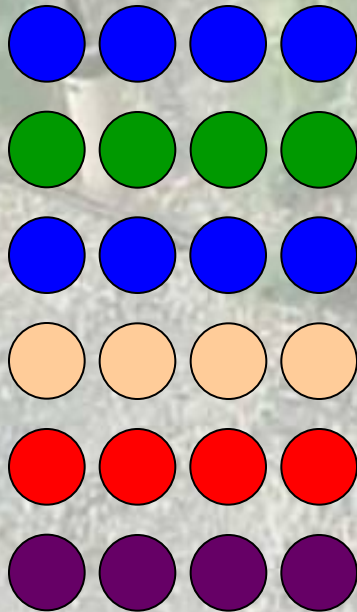
$$\text{Dosis a aplicar} = \frac{\text{Demanda del cultivo – Suministro del suelo}}{\text{Eficiencia}}$$

# SUELOS BAJO FERTIRRIGACIÓN

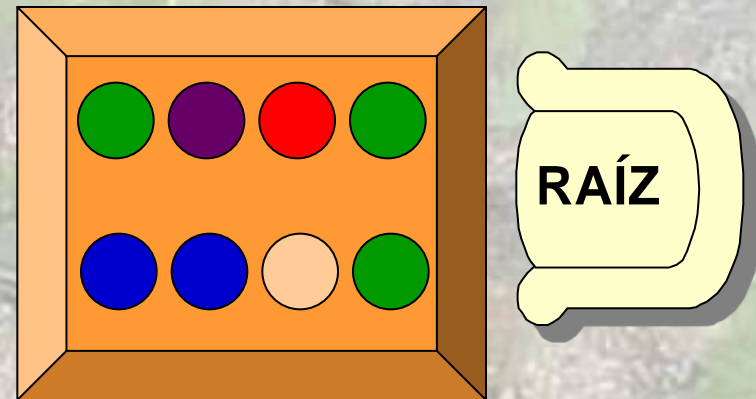
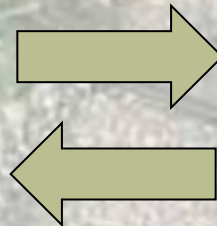
## CONTROL DEL APORTE FERTILIZANTE EN FERTIRRIGACIÓN:



- ¿Curvas de extracción de nutrientes?
- ¿Análisis foliar?
- Suelo como reserva vs. Solución del suelo



**DESPENSA**  
(complejo de cambio)



**MESA**  
(solución del suelo)



# NUTRICIÓN MINERAL

## CONTROL DEL PROCESO DE NUTRICIÓN BAJO FERTIRRIGACIÓN

- Solución nutritiva aplicada
- Medio externo a la solución del suelo: condiciones climáticas, momento fenológico y manejo del cultivo, tipo de suelo, sintomatología del cultivo
- Seguimiento de la solución del suelo (sondas de succión): extracción y análisis





# NUTRICIÓN MINERAL

## CONTROL DEL PROCESO DE NUTRICIÓN BAJO FERTIRRIGACIÓN

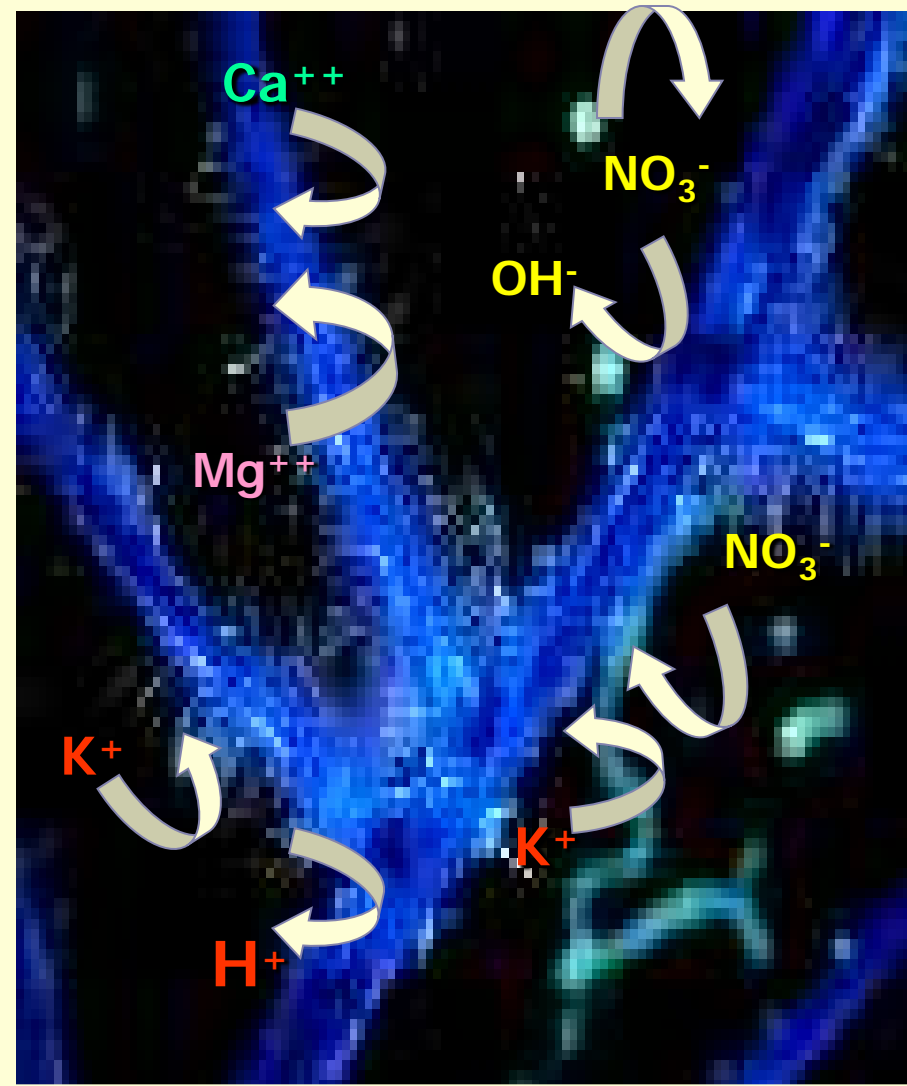
- Extractómetros, sondas de succión.
- Análisis de extracto saturado, extracto 1:2 (factor 2-2,5)



# SOLUCIÓN DE NUTRIENTES

Las raíces absorben los nutrientes de la solución del suelo.

Los contenidos de nutrientes de la solución del suelo como también la C.E. son dinámicos y varían a través de la temporada muy notoriamente.





**La solución nutritiva con que estamos fertirrigando sufrirá cambios al interactuar con la solución del suelo.**

**Por lo tanto resulta muy útil monitorear periódicamente los cambios, en la solución del suelo, para así hacer los ajustes necesarios en el programa de fertirrigación.**



sonda de succión de solución de suelo



**Muestreo y Análisis  
de la Solución del Suelo**

Distribución del **Nitrógeno Nítrico** en el bulbo de riego, en función del momento en que este es inyectado durante el tiempo de riego.

● **Nitrógeno Nítrico.**

tiempo hipotético de riego: **2 horas**

gotero



Nitrato inyectado en la primera hora de riego.

Nitrato inyectado en la última hora de riego.

Distribución del **Nitrógeno Nítrico** en el bulbo de riego, en función del momento en que este es inyectado durante el tiempo de riego.



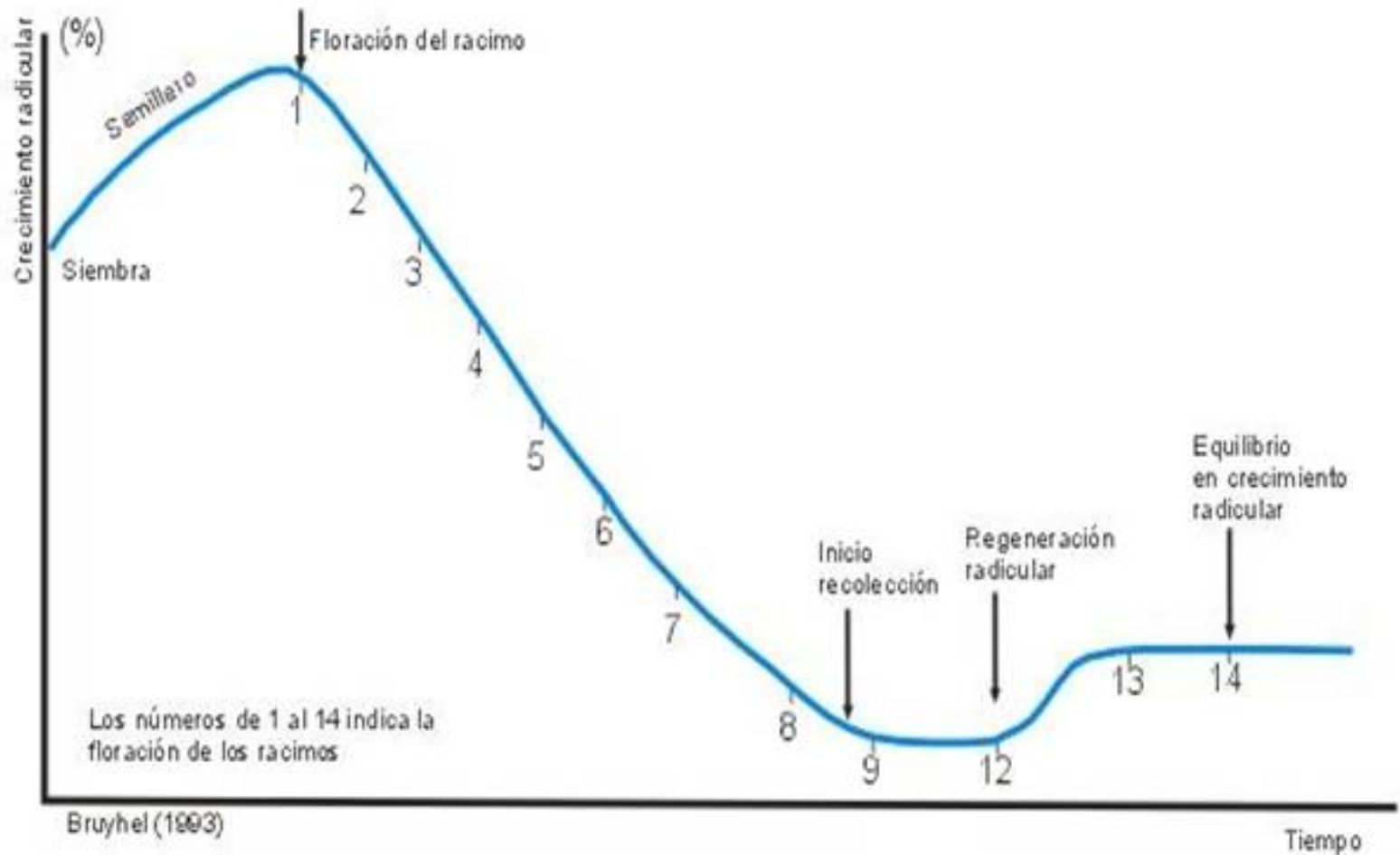
**N- Nítrico inyectado durante las 2 horas de riego.**

A close-up photograph of a plant's root system, showing several thick, light-colored roots extending from the soil. The roots are covered in a dense network of fine, hair-like root hairs. A green rectangular text box with a white border is superimposed over the center of the image.

**Debemos ser unos excelentes productores de raíces**

# UN AGRICULTOR CON ÉXITO ES UN EXCELENTE PRODUCTOR DE RAÍCES

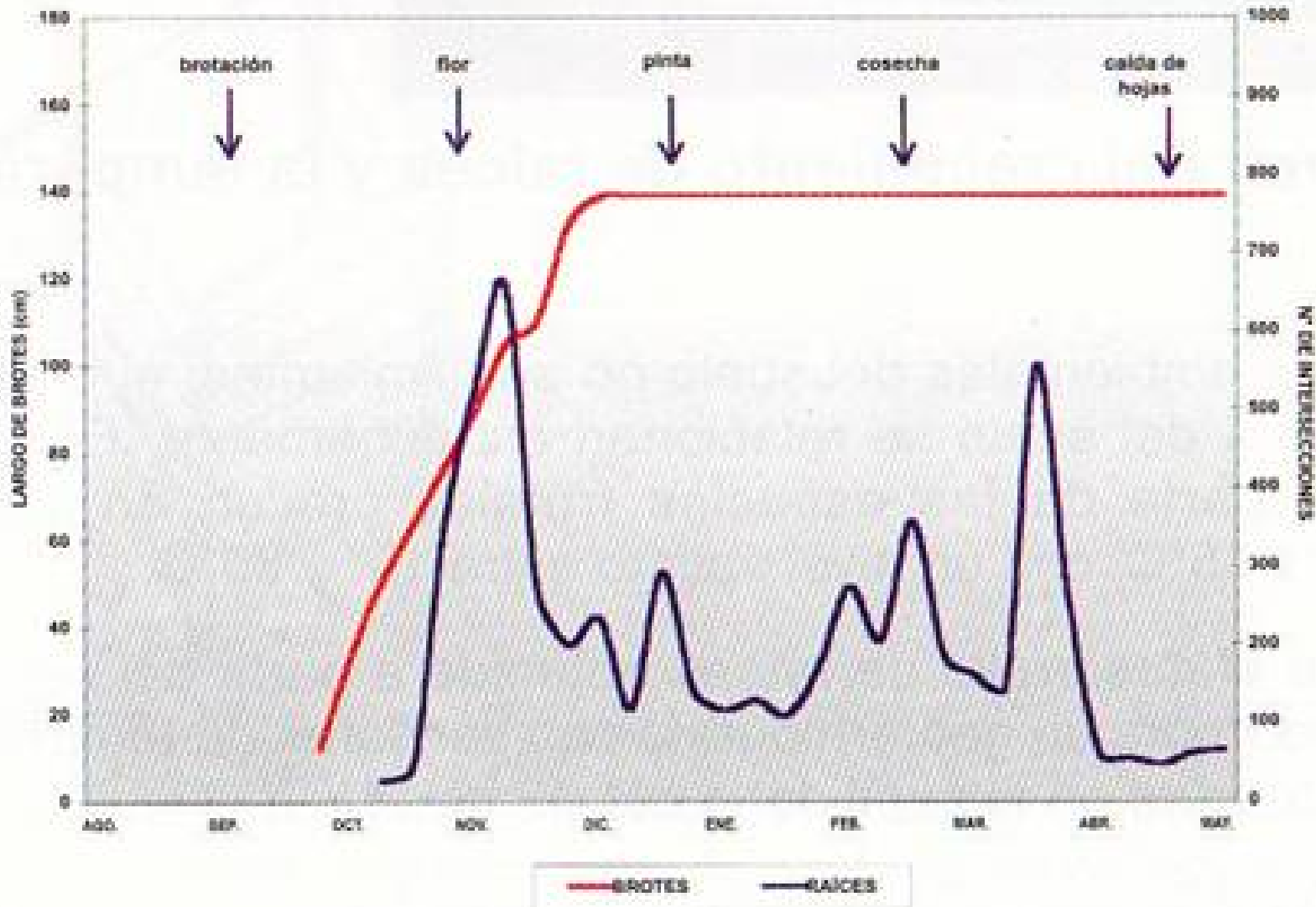
## Curva típica del desarrollo de la raíz: ejemplo Tomates



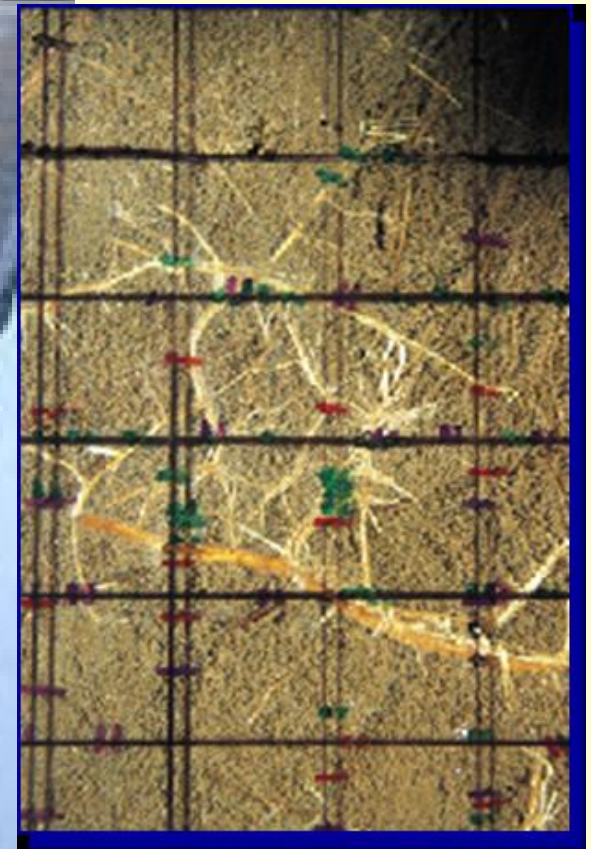


# UN AGRICULTOR CON ÉXITO ES UN EXCELENTE PRODUCTOR DE RAÍCES

## Curva típica del desarrollo de la raíz: ejemplo Uva



**UN AGRICULTOR CON ÉXITO  
ES UN EXCELENTE PRODUCTOR DE RAÍCES**



# LA PLANTA TIENE PRIORIDADES

## PENSEMOS COMO PLANTAS:

- SON SERES VIVOS CON INSTINTO DE SUPERVIVENCIA Y DE PERPETUAR LA ESPECIE
- ENERGÍA Y FOTOSINTATOS SEGÚN PRIORIDADES

1. RAÍZ
2. PARTE AÉREA
3. FLORES
4. FRUTOS CUAJADOS
5. FRUTOS EN DESARROLLO
6. FRUTOS EN MADURACIÓN



# Efecto de la carencia de los diversos Nutrientes sobre el crecimiento radicular

Solución nutritiva **Completa**



Solución nutritiva sin **Calcio**



Solución nutritiva sin **Magnesio**



Solución nutritiva sin **Fósforo**



Solución nutritiva sin **Nitrógeno**



Solución nutritiva sin **Hierro**



Solución nutritiva sin **Manganeso**



Solución nutritiva sin **Potasio**



Solución nutritiva sin **Cinc**

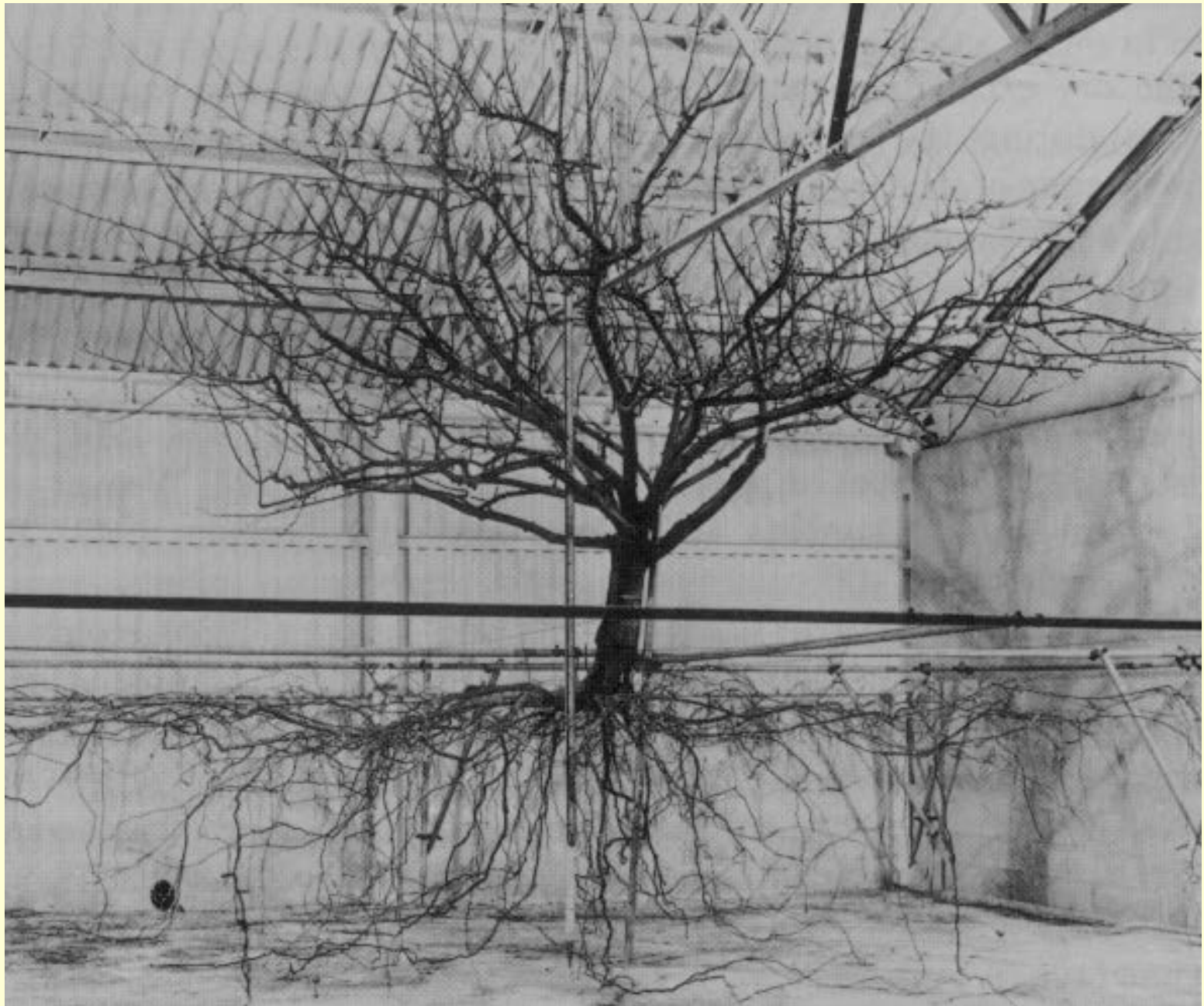


Solución nutritiva sin **Boro**



White ( 1934 )

**Solo Fósforo para las raíces?**



# Manejo nutricional

Enfoque y planteamiento de la SN:  
Balance vegetativo / generativo



# Fases en la elaboración de la solución nutritiva



## 1. Diseño de la SN

- Fases fenológicas del cultivo que merezcan una nutrición diferenciada
- Relación N/K
- Potencial del cultivo, cv, sistema, clima, etc...
- Valores (mM) de N, K y balance del resto

• N      P      K      Ca      Mg      S

## 2. Cálculo de la SN

## 3. Manejo y diagnóstico de la SN



# Soluciones nutritivas estándar

Relaciones N/K (mM) según cultivos

Alta: Pimiento, rosa: 14/5 (1:1,2 en UF)

Media: Melón, pepino: 12/6 (1:1,7 en UF)

Media: Clavel, lechuga: 12/7 (1:2 en UF)

Baja: Tomate: 11/9 (1:2,7 en UF)





# Soluciones nutritivas

**Potencial del cultivo, sistema (cerrado y abierto),  
clima, cv, etc...**



# Soluciones nutritivas

## Otros ratios

- **Ca-Mg: 1-0,5 (mM)**
- **P 5-8% de aniones**
- **S y micros**
- **pH y CE**



# Diagnóstico nutricional bajo fertirrigación

## Seguimiento visual del cultivo ejemplo tomate

- Grosor de tallo y copas
- Distancia entrenudos
- Aspecto de las flores
- Primer ramillete
- Estado de endurecimiento de las plantas
- Tamaño, color y forma de frutos
- Síntomas visuales de clorosis, necrosis, etc.



# Soluciones nutritivas estándar en CSS

Soluciones nutritivas tipo. Iones mayoritarios en mM, micronutrientes en ppm

CULTIVO	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
CLAVEL	13,0	0,5	1,5	7,0	6,0	2,5	2,2	1,7	0,6	0,4	0,6	0,1	0,05
CRISANTEMO	14,0	0,5	1,6	8,0	5,5	2,5	2,2	2,5	1,0	0,5	0,6	0,1	0,05
FRESA	12,0	0	1,3	6,5	5,5	2,5	2,0	2,2	0,8	0,6	0,6	0,1	0,05
GERBERA	11,5	0,6	1,5	6,0	5,0	2,5	1,5	2,2	0,8	0,5	0,7	0,1	0,05
MELÓN	12,0	0	1,5	6,0	5,0	2,5	2,5	2,0	1,0	0,6	0,5	0,1	0,1
PEPINO	13,5	0,5	1,3	7,0	6,0	3,0	2,5	1,8	1,0	0,6	0,5	0,1	0,05
PIMIENTO	13,0	0	1,4	6,5	6,0	3,0	2,5	2,0	1,2	0,6	0,6	0,1	0,05
POINSETTIA	11,5	0,3	1,5	6,8	6,0	2,5	2,2	1,0	0,5	0,5	0,8	0,1	0,05
ROSA	13,0	0,5	1,5	4,5	5,5	3,0	2,5	1,7	0,5	0,4	0,5	0,1	0,05
TOMATE	12,0	0,5	1,8	8,0	6,5	3,0	3,0	2,0	1,0	0,6	0,5	0,1	0,05



# Soluciones nutritivas estándar en CSS


Ejemplos:

Pimiento

Etapa	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{SO}_4^{-2}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$
I	14	< 0,5	1,5	5	5	2,5	> 1,5	< 8	< 6
II	13	< 0,5	1,2	6,5	6	3	> 2	< 8	< 6

Tomate

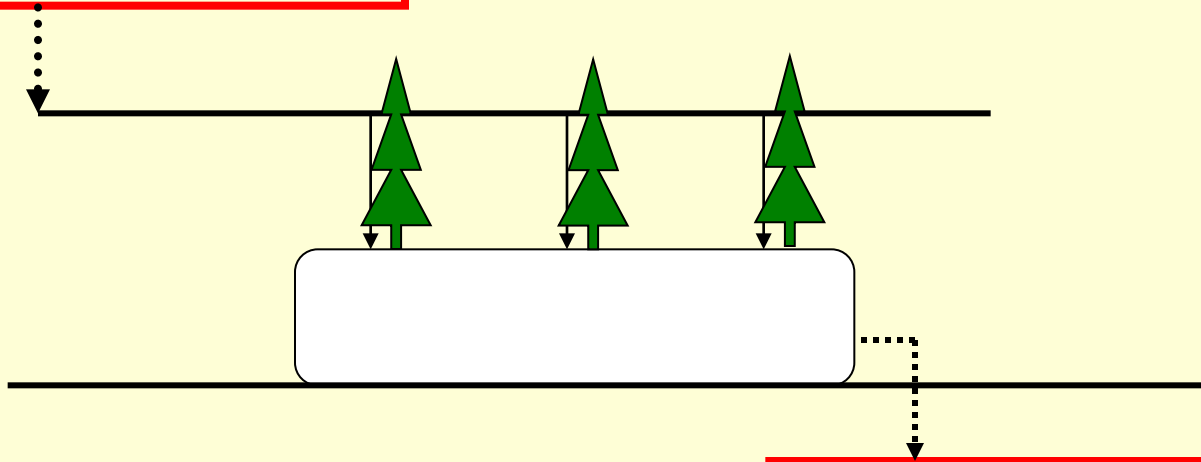
Etapa	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{SO}_4^{-2}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$
I	12	0,5	1,5	6	5	2,5	> 2	< 10	< 10
II	12	0,5	1,8	8	6,5	3	> 2	< 12	< 12



# ¿ES POSIBLE ESTA SITUACIÓN?

Sustrato que no libera nutrientes, con cultivo implantado

SN: 10 mmoles/l  $\text{NO}_3^-$



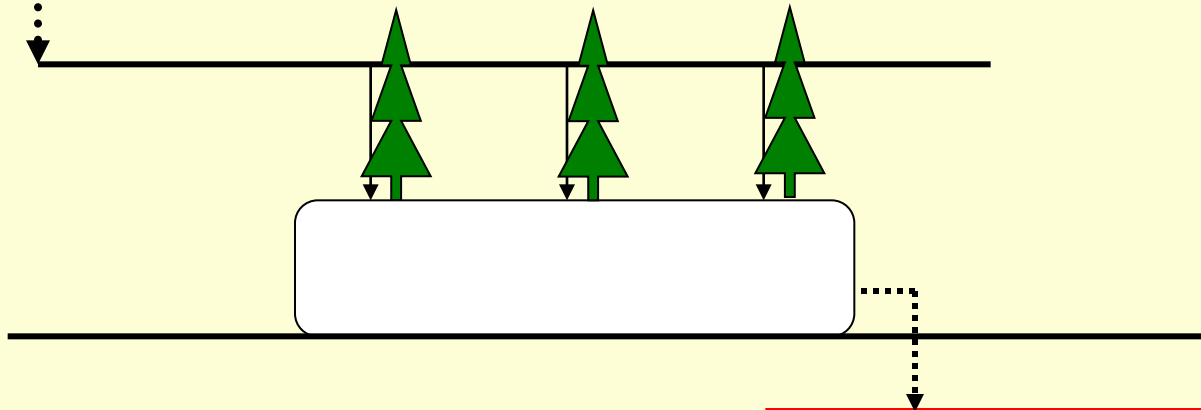
Drenaje: 15 mmoles/l  $\text{NO}_3^-$

# PUES SÍ, ADEMÁS ES DE LO MÁS NORMAL

Las plantas toman agua y nutrientes, son unidades de concentración

SN: 10 mmoles/l  $\text{NO}_3^-$

Ej: 10 litros de SN = 100 mmoles  $\text{NO}_3^-$



Drenaje: 15 mmoles/l  $\text{NO}_3^-$

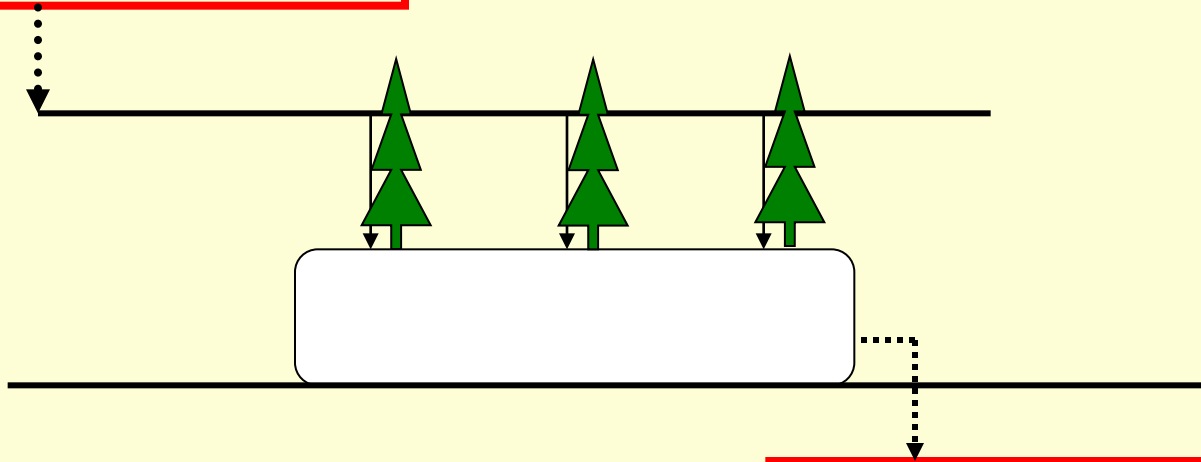
Ej: 3 litros de Drenaje = 45 mmoles  $\text{NO}_3^-$

**La planta absorbió 55 mmoles  $\text{NO}_3^-$**

# ¿QUÉ PASA SI SE MANTIENE LA CONCENTRACIÓN?

SN: 10 mmoles/l  $\text{NO}_3^-$

Ej: 10 litros de SN = 100 mmoles  $\text{NO}_3^-$



Drenaje: 10 mmoles/l  $\text{NO}_3^-$

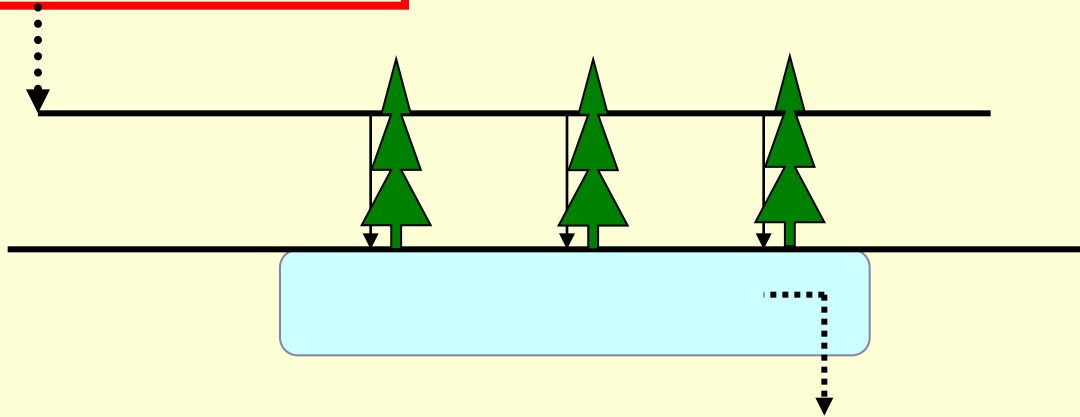
Ej: 3 litros de Drenaje = 30 mmoles  $\text{NO}_3^-$

**La planta está absorbiendo agua y  $\text{NO}_3^-$  (en este caso) en la misma proporción, en equilibrio**



# ¿Y QUÉ PASA EN SUELO?

SN: 10 mmoles/l  $\text{NO}_3^-$



Solución del suelo: 10 mmoles/l  $\text{NO}_3^-$



**Ocurre lo mismo: La planta está absorbiendo agua y  $\text{NO}_3^-$  (en este caso) en la misma proporción, en equilibrio**

Parámetro	Solución nutritiva	Valor esperado en solución del suelo	Observaciones
CE	2	2,3-3,5	Depende de calidad de agua de riego, como referencia el factor a multiplicar por la CE de la SN, puede ser $f = 1,5$
pH	6	6-6,8	Depende del tipo de suelo entre otros factores
Nitratos $\text{NO}_3^-$	8	4-8	Depende de la sintomatología de la plantación. Balance vegetativo / generativo
Potasio $\text{K}^+$	6	2-5	
Amonio $\text{NH}_4^+$	0,5	0	Absorción muy rápida, su detección en la solución del suelo puede implicar situaciones de anoxia
Fósforo $\text{H}_2\text{PO}_4^-$	1	0,1-0,4	Absorción rápida (10-40% inferior en la solución del suelo)
Calcio $\text{Ca}^{+2}$	4	5-7	Absorción lenta (20-100% superior en la solución del suelo)
Magnesio $\text{Mg}^{+2}$	2	3-5	Absorción lenta (20-100% superior en la solución del suelo)
Azufre $\text{SO}_4^{-2}$	2	3-5	Absorción lenta (20-100% superior en la solución del suelo)
Sodio $\text{Na}^+$ Cloruros $\text{Cl}^-$	2	3-6	Interesa el nivel lo más bajo posible. Depende de la sensibilidad de la especie
Micros	-	-	B Absorción lenta Mn Absorción rápida Micros metálicos: Niveles solubles bajos

# Manejo nutricional específico

## 1. Influencia de la temperatura



## 2. Nitrógeno

- Formas de aporte nitrogenado. Toxicidad por amonio
- Presencia de cloruros
- Influencia de las condiciones climáticas



Exceso de N/K en tomate (blotchy)



Exceso de nitrógeno (toxicidad por amonio) en pepino

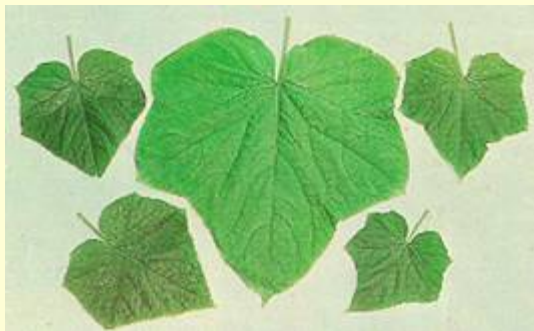
# Manejo nutricional específico

## 3. Fósforo

- Influencia de temperatura y pH
- Inducción de deficiencia de hierro

## 4. Potasio

- Importancia de la relación N/K
- Bloqueo de calcio y magnesio



# Manejo nutricional específico

## 5. Calcio

- Dinámica de absorción y transporte
- Antagonismos
- Calidad de cosechas



**Deficiencias en tomate, rizado hacia arriba, extremo apical doblado hacia abajo, venas pardas en las hojas, blossom end rot en el fruto**

# Manejo nutricional específico

## 6. Magnesio

- Movilidad y temperatura
- Hojas senescentes



## 7. Azufre

- Relación con nitratos
- Baja fitotoxicidad

# Manejo nutricional específico

## 8. Hierro

- Quelatos de hierro
- Inducción de clorosis férrica
- Importancia de la raíz
- Inducción de deficiencias por exceso de hierro



## 9. Manganeso, cinc y cobre

- Deficiencia y toxicidad
- Interacciones



# Manejo nutricional específico

## 10. Boro

- Deficiencia y toxicidad
- Interacción con el calcio








# Material vegetal

## • Historia

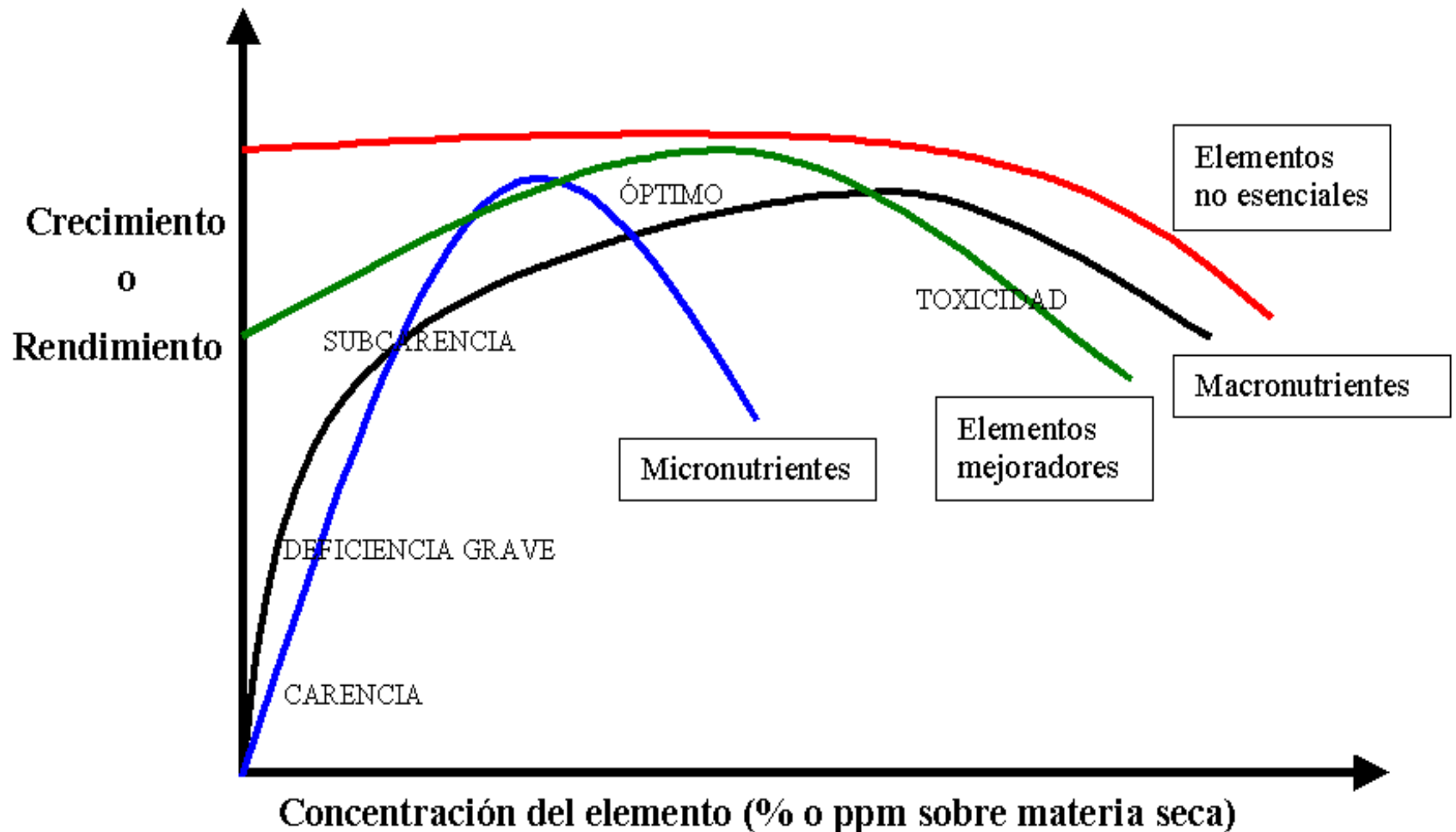
- ✓ Entre otros, De Saussure y posteriormente Liebig (ley del mínimo), pusieron de manifiesto el papel fisiológico de los elementos minerales y su cuantificación.
- ✓ Hasta primera mitad del siglo XX (Lagatu y Maume) no se define el diagnóstico del estado nutricional de una planta por la evolución de la composición química de una hoja convenientemente elegida.
- ✓ La planta es capaz de modificar la relación de absorción de nutrientes según sus necesidades, las concentraciones en los diferentes tejidos varían en rangos más o menos estrechos y dependientes del órgano en cuestión, y éstas junto a la disponibilidad existente en el medio externo y las necesidades, regulan la absorción de cada nutriente.

## • Limitaciones

- ✓ Carácter dinámico de los bioelementos.
  - ✓ Interacciones entre los bioelementos en el metabolismo vegetal.
  - ✓ De esta forma es necesario conocer el papel de cada bioelemento (para predecir su grado de interacción entre nutrientes) y la existencia de factores no minerales que pueden modificar los criterios de diagnóstico.
- 

# Material vegetal

- Curva del estado nutricional








# Material vegetal

- **Problemática del muestreo y del análisis foliar en general**

Es necesario considerar los siguientes puntos:

- ✓ Facilidad de muestreo y posibilidad de repetición
  - ✓ Máxima fiabilidad respecto a la sensibilidad ante variaciones ocasionadas por ciclo vegetativo, aportes fertilizantes, condiciones medioambientales, etc.
  - ✓ Hojas del mismo tipo y edad, misma ubicación en planta, misma especie y bajo condiciones agroclimáticas similares
  - ✓ Otras problemáticas: Fracciones activas de los bioelementos, influencia de la cosecha (N, Ca, Mg aumentan; K disminuye con la carga de cosecha), edad del órgano muestreado (N, P, K bajan; Ca, Mg, suben su contenido con la edad), posición relativa respecto a los frutos (en cítricos ramas sin fruto tienen N, P, K más altos y Ca más bajo), carga de cosecha en frutales de hoja caduca, etc.
  - ✓ Análisis del fruto (Ca y B)
  - ✓ Validez par fertirrigación?
- 




# Material vegetal

## • Generalidades en el muestreo

- ✓ Especies leñosas: Tercio medio de los brotes del año, definiendo su posición respecto al fruto.
- ✓ Especies herbáceas: Hojas jóvenes completamente desarrolladas.


## • Criterios de muestreo para diferentes cultivos

- ✓ Cítricos: Hojas con pecíolo del tercio medio de ramas no fructíferas, de 5 a 7 meses.
  - ✓ Aguacate: Hojas sin pecíolo de 5 a 7 meses de edad de ramas no fructíferas del brote de primavera.
  - ✓ Banano: 3<sup>a</sup> Hoja considerando como 1<sup>a</sup> la más joven que tenga una superficie superior a las  $\frac{3}{4}$  partes de una hoja normal. Las épocas pueden ser dos, corte y floración.
  - ✓ Café: Tercero y cuarto par de hojas de las ramas con frutas recolectadas en verano.
  - ✓ Caña de azúcar: Parte central (sin vena central) de las hojas medias de la caña 4 meses después de la germinación.
  - ✓ Melocotonero (durazno): Hojas con pecíolo maduras de la parte media o hacia la base de ramas terminales del año, 8 a 12 semanas después de la floración.
  - ✓ Manzano: Hojas con pecíolo de los brotes del año durante el verano.
  - ✓ Almendro, albaricoquero: Hojas con pecíolo de la parte media de los brotes del año tomadas 8 a 12 semanas después de la floración.
- 



# Material vegetal


## • Criterios de muestreo para diferentes cultivos

- ✓ Olivo: Hojas con pecíolo de la parte central de los brotes del año, de noviembre a febrero (hemisferio norte).
  - ✓ Vid pecíolos: Hojas situadas en la proximidad de los racimos al final del período de floración, o para medir potasio, 60-70 días después de la floración sobre las hojas más jóvenes llegadas a la madurez.
  - ✓ Vid limbos: Hojas opuestas al racimo basal en el momento del cuajado del fruto, o bien, hojas opuestas al 2º racimo, o bien hojas situadas en el tercio medio de sarmientos con frutos al comienzo de la maduración.
  - ✓ Cereales: Las 2-4 primeras hojas a partir de la cima, en el momento de desarrollo de la espiga. O bien brote completo a partir de 5-8 cm sobre el suelo.
  - ✓ Maíz: Limbo de la hoja de la espiga una vez que se han formado por completo los penachos, la época más adecuada es la inmediata a la polinización, desde que aparecen las sedas de la inflorescencia femenina (barbas).
  - ✓ Arroz: Hojas superiores completamente desarrolladas al estado prefloral.
  - ✓ Algodón: Hojas sin pecíolo más jóvenes recientemente llegadas a la madurez, formadas sobre el tallo principal en el momento de la floración.
  - ✓ Remolacha: Hojas adultas en posición intermedia entre las hojas jóvenes del centro y el verticilo exterior.
  - ✓ Tabaco: Hojas enteramente desarrolladas de la parte más alta durante la floración.
- 



# Material vegetal

## • Criterios de muestreo para diferentes cultivos

- ✓ Lechuga: Hojas medianas en pleno desarrollo a la fecha de formación del cogollo.
  - ✓ Patata: Hojas jóvenes completamente desarrolladas al comenzar la floración.
  - ✓ Fresa: Hojas completamente desarrolladas de la parte central de la planta hacia la mitad de la vegetación.
  - ✓ Judía: Limbos foliares cuando al menos un 10% de las plantas estén en floración.
  - ✓ Tomate: 5ª Hoja sin pecíolo desde el ápice desde el comienzo de floración.
  - ✓ Pepino: Limbo de la 6ª hoja a contar desde el ápice en el momento del cuaje de los primeros frutos, o en la madurez de los mismos.
  - ✓ Sandía y melón: Hojas jóvenes en pleno desarrollo hacia la mitad de la floración.
  - ✓ Pimiento: Hojas más jóvenes totalmente maduras durante la floración.
  - ✓ Crisantemo: 5ª-6ª Hoja desde el ápice al comenzar la floración.
  - ✓ Clavel: Brotes terminales (15 cm) al estado prefloral.
  - ✓ Poinsetia (flor de Pascua): Hojas recién llegadas a su completo desarrollo al comenzar la floración.
  - ✓ Gerbera: Hojas de media edad al comenzar la floración.
  - ✓ Gladiolo: Primeras hojas completamente desarrolladas al comenzar la floración.
  - ✓ Geranio (pelargonio): Hojas recién llegadas a su completo desarrollo al comenzar la floración.
  - ✓ Rosa: Hojas superiores completamente desarrolladas de brotes gemíferos.
- 

## Contenidos suficientes de nutrientes referidos a materia foliar seca para diferentes cultivos

CULTIVO	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	ppm Fe	ppm Mn	ppm B	ppm Zn	ppm Cu	ppm Mo
Trigo	3-5	0.3-0.6	3.5-5.5	0.4-1	0.12-0.25	25-150	35-100	6-12	25-70	7-15	0.1-0.3
Maíz	2.8-3.5	0.25-0.5	2-3.5	0.25-1	0.2-0.5	40-200	35-100	6-15	25-70	6-12	0.15-0.5
Arroz	2.9-4.2	0.2-0.4	1.8-2.6	0.2-0.6	0.2-0.4	25-120	40-100	6-15	30-70	7-12	0.4-1
Remolacha	4-6	0.35-0.6	3.5-6	0.7-2	0.3-0.7	60-200	35-100	40-100	20-80	7-15	0.25-1
Patata	5-6.5	0.4-0.6	5-6.6	0.6-2	0.25-0.8	60-180	40-100	25-70	40-100	7-15	0.2-0.5
Algodón	3.6-4.7	0.3-0.5	1.7-3.5	0.6-1.5	0.35-0.8	50-200	35-100	20-80	25-80	8-20	0.6-2
Judía	3-6	0.25-0.5	2-3	0.5-2	0.25-0.7	80-200	40-100	25-80	30-70	7-15	0.4-1
Pimiento	3-4.5	0.3-0.6	4-5.4	0.4-1	0.3-0.8	80-180	30-100	40-80	20-60	8-15	0.2-0.6
Sandía	2-3	0.2-0.45	2.5-3.5	1.5-3.5	0.4-0.8	80-150	30-100	30-80	20-70	5-10	0.2-1
Pepino	2.8-5	0.3-0.6	2.5-5.4	5-9	0.5-1	80-150	60-120	40-80	35-80	7-15	0.8-2
Lechuga	4.5-5.5	0.45-0.7	4.2-6	1.2-2.1	0.35-0.6	80-120	30-100	25-60	30-80	7-15	0.2-1
Tomate	4-5.5	0.4-0.65	3-6	3-4	0.35-0.8	100-200	40-100	40-80	20-70	7-15	0.3-1
Agua cate	1.6-2	0.1-0.25	1-3	1-3	0.4-0.8	50-200	30-150	50-100	30-100	5-15	0.2-1
Banano	2.8-3	0.2-0.3	3.7-4	0.7-1.5	0.4-0.5	80-120	70-150	30-60	20-60	10-20	0.3-1
Manzano	2.2-2.8	0.18-0.3	1.1-1.6	1.3-2	0.2-0.35	60-200	35-100	25-50	20-50	5-12	0.1-0.3




## Contenidos suficientes de nutrientes referidos a materia foliar seca para diferentes cultivos

CULTIVO	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	ppm Fe	ppm Mn	ppm B	ppm Zn	ppm Cu	ppm Mo
Almendro- albaricoquero	2.2-3.2	0.18-0.35	2-3.2	1.2-2.5	0.3-0.6	80-150	30-100	20-60	20-50	5-12	0.1-0.3
Melocotonero	2.2-3.2	0.18-0.35	1.5-3	1.5-2.5	0.3-0.6	80-200	35-100	20-60	25-50	7-15	0.1-0.3
Olivo	1.6-1.8	0.1-0.15	0.6-0.8	2-3	0.2-0.4	50-100	30-80	15-40	20-50	8-15	0.1-0.3
Limonero	2.2-3	0.15-0.3	1.2-2	3-8	0.2-0.5	70-150	25-100	25-60	25-60	6-15	0.25-1
Naranja	2.4-3.5	0.15-0.3	1.2-2	3-7	0.25-0.7	60-120	25-100	30-70	25-60	6-15	0.2-0.5
Fresa	2.5-3.2	0.25-0.4	1.5-2.5	0.8-1.5	0.25-0.6	150-300	40-100	30-70	20-70	7-15	0.2-1
Vid	2.3-2.8	0.25-0.45	1.2-1.6	1.5-2.5	0.25-0.6	90-200	30-100	30-60	25-70	6-12	0.15-0.5
Crisantemo	3.5-5.5	0.3-0.5	3.3-5	0.5-2	0.3-0.6	90-180	50-120	25-70	25-80	5-12	0.15-0.4
Clavel	2.8-4.2	0.25-0.45	2.5-5	1-2	0.25-0.5	60-150	40-120	30-80	20-60	5-12	0.15-0.4
<u>Poinsetia</u>	4-6	0.3-0.7	1.5-3.5	0.7-2	0.3-0.8	100-200	40-120	30-80	30-80	5-12	0.2-1
<u>Gerbera</u>	2.2-3.6	0.2-0.4	3.2-5.2	0.8-2	0.2-0.4	90-200	30-100	20-50	25-80	5-12	0.2-0.6
Gladiolo	2.9-5	0.25-0.6	2.5-4	0.5-1.5	0.2-0.4	80-200	40-120	25-80	20-70	8-15	0.2-0.5
Pelargonio	2.5-3.2	0.3-0.45	1.2-2.8	0.8-1.2	0.2-0.5	80-180	25-100	20-50	15-50	6-12	0.2-0.5
Rosa	2.8-4.5	0.25-0.5	1.8-3	1-1.5	0.3-0.6	80-150	35-120	30-70	25-80	7-15	0.2-1
Café	2.7-3	0.16-2	2.1-2.3	1.2-1.4	0.3-0.4	80-200	25-100	50-60	25-50	5-15	0.1-0.15
Tabaco	2.2-2.5	0.25-0.45	2.5-4.5	1.3-2.4	0.4-0.8	100-150	50-150	30-80	25-70	8-15	0.2-0.6
Caña de azúcar	1.9-2.1	0.20-24	1.1-1.3	0.8-1	0.2-0.3	100-200	100-250	15-30	25-50	8-10	0.15-0.3



# Material vegetal

## • **Contenidos tóxicos**

- ✓ Algunos elementos (Si, K, Ca) no son tóxicos, ya que las planta los acumula sin daño directo alguno. Otros (As, B, Cr) pueden resultar tóxicos a bajas concentraciones.
  - ✓ Los efectos tóxicos varían entre especies, entre variedades e incluso según la fortaleza de cada individuo.
  - ✓ Un exceso de cualquier elemento que distorsione notablemente al equilibrio, afectará al rendimiento, con independencia de que suponga o no una toxicidad directa del elemento.
  - ✓ Aplicaciones foliares (Cu, Mn)
  - ✓ No es fácil definir niveles de toxicidad de un elemento en un cultivo determinado, orientativamente:
    - Mn: 800 ppm
    - Zn: 400 ppm
    - B: 300-500 ppm
    - Cu: 500 ppm
    - Cl: 0,5-1 %
    - Na: 0,1 %
- 




# Diagnóstico visual

## • Síntomas que pueden detectarse

- ✓ Clorosis marginal e intervenal.
- ✓ Necrosis marginal foliar.
- ✓ Áreas o manchas necróticas del tejido foliar o del fruto.
- ✓ Necrosis de la corteza.
- ✓ Muerte de los meristemas y de las yemas terminales.
- ✓ Alta pigmentación en el limbo foliar, tallo y frutos.
- ✓ Hojas agrupadas en forma de roseta.
- ✓ Fracaso en la expansión y desarrollo del limbo foliar.
- ✓ Enanismo parcial o completo de la planta.

Factores no iónicos (herbicidas, fungicidas, enfermedades, plagas, contaminantes ambientales) pueden dar lugar a síntomas similares.

Cuando más de un nutrientes es deficiente los síntomas pueden ser muy distintos a los ofrecidos por los nutrientes de forma individual.






# Diagnóstico visual

## • Clave dicotómica sencilla deficiencias

Hojas viejas y maduras:

- Clorosis:
  - ✓ Uniforme: Deficiencia de N (S).
  - ✓ Intervenial o punteada: Deficiencia de Mg (Mn).
- Necrosis:
  - ✓ Puntos y quemaduras marginales: Deficiencia de K.
  - ✓ Intervenial: Deficiencia de Mg (Mn).

Hojas jóvenes y ápices:

- Clorosis:
    - ✓ Uniforme: Deficiencia de Fe (S).
    - ✓ Intervenial o punteada: Deficiencia de Zn (Mn).
  - Necrosis (clorosis): Deficiencia de Ca, B, Cu.
  - Deformaciones: Deficiencia de Mo (Zn, B).
- 



# Diagnóstico visual

- **Clave dicotómica sencilla toxicidades**

Hojas viejas y maduras:

- Necrosis:
  - ✓ Manchas: Toxicidad de Mn (B).
  - ✓ Puntos y quemaduras marginales: Toxicidad de B, sales.
- Clorosis, necrosis: Toxicidad no específica.

