



# **FERTIGATIONing: pH, salinidad y monitoreo soluciones**

**Víctor Arenas Barreda**

**Lima, Junio 2020**



# Procesos de la Fertirrigación

- Fuente de agua
- Optimizar calidad del agua (Química, física y biológica)
- Equipos para la fertirrigación (Riego y adición de nutrientes)
- Manejo de la fertirrigación (Riego, y nutrientes/pH/salinidad)
- Reducción impacto ambiental (Remoción y recuperación de nutrientes, y de pptos protección)

## Temática

- Importancia del riego
- pH
- Salinidad
- Monitoreo campo



## Riego

Aporte artificial de agua a un determinado terreno, generalmente para facilitar el desarrollo y crecimiento de plantas.



## Balance Hídrico

Es el equilibrio entre todos los recursos **hídricos** que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado



**Entrada**

- **Riego**
- **Lluvia**
- Escorrentía
- Flujo subsuperficial
- Movimiento capilar



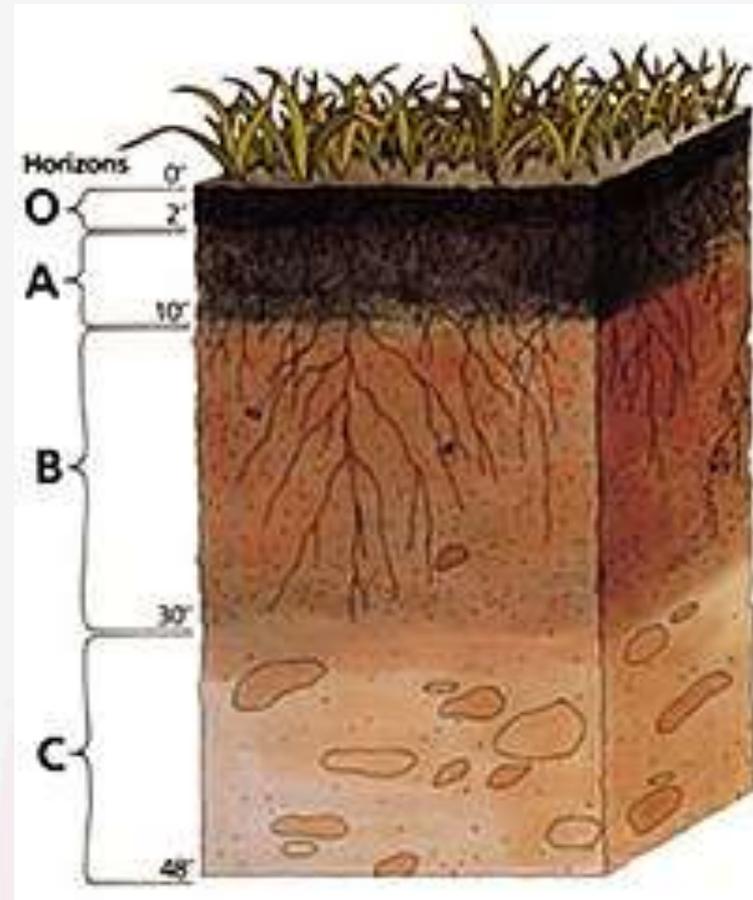
**Salida**

- **Transpiración**
- Evaporación
- Percolación
- Escorrentía
- Flujo subsuperficial
- Movimiento capilar

# Suelo

Medio natural para el crecimiento de las plantas; y esta compuesto por:

- **Mineral**
- **Agua**
- **Aire**
- **MO (suelo vivo)**

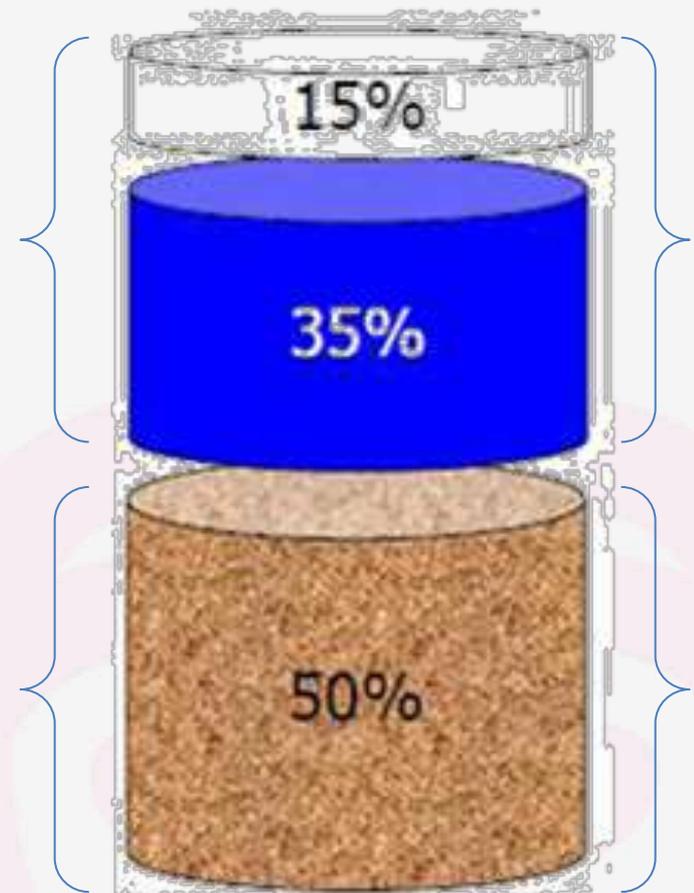


Es un ENTE DINÁMICO. Único e interactivo con el riego/clima/planta

## Composición del Suelo agrícola

Agua + Aire 50%

Mineral 50%





## Partículas minerales

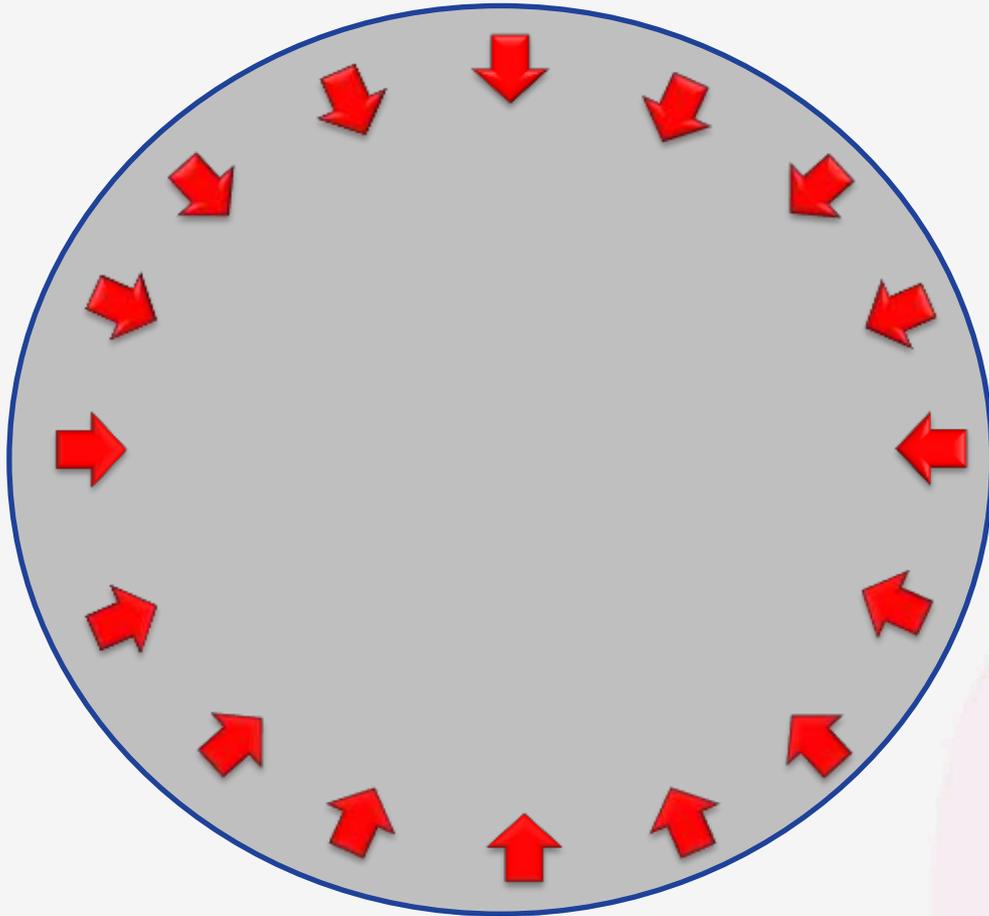


0

invisible



# Pobre retención humedad en arena



**Arena**  
2mm – 0.05mm

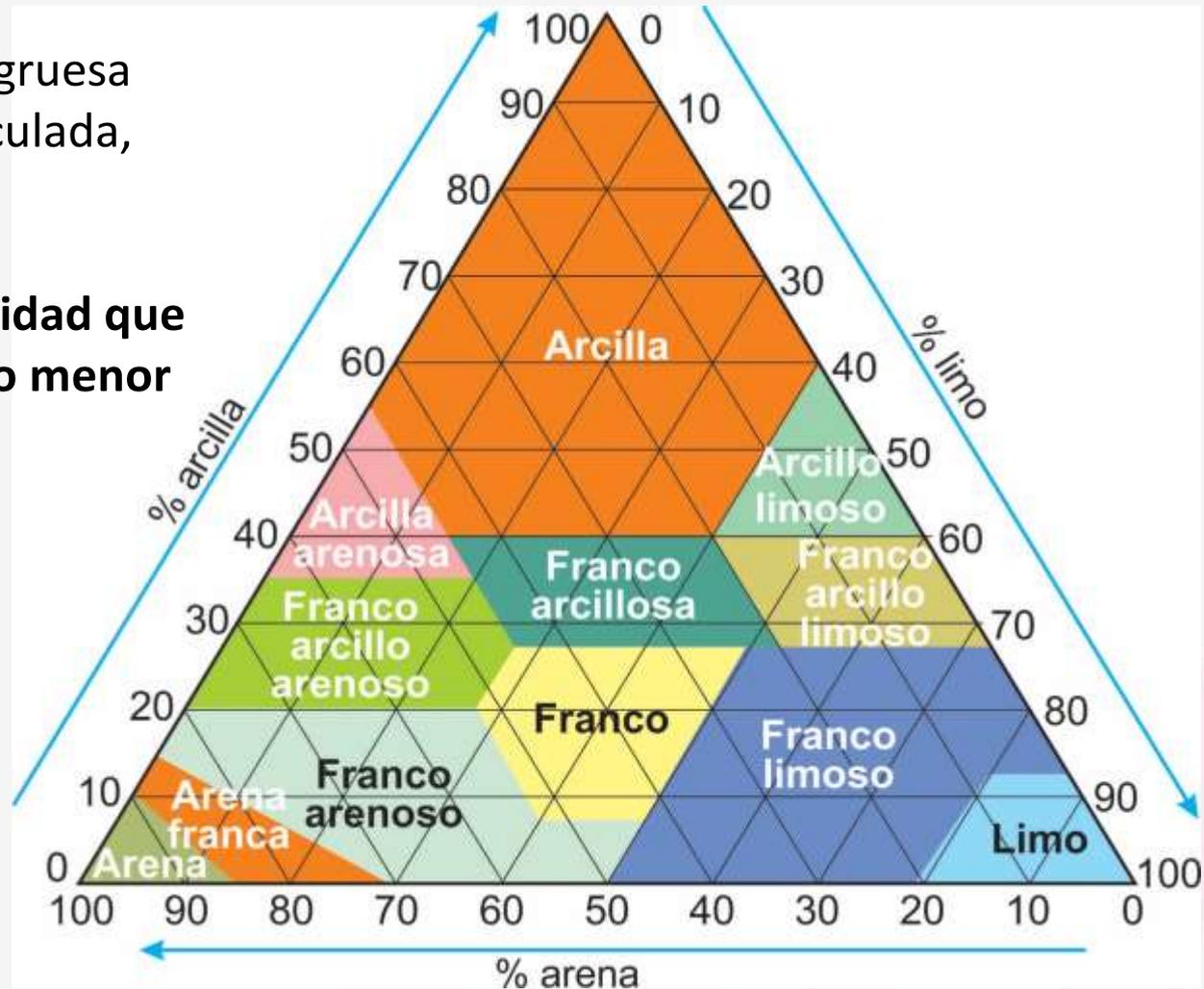


**Arcilla**  
<0.002mm

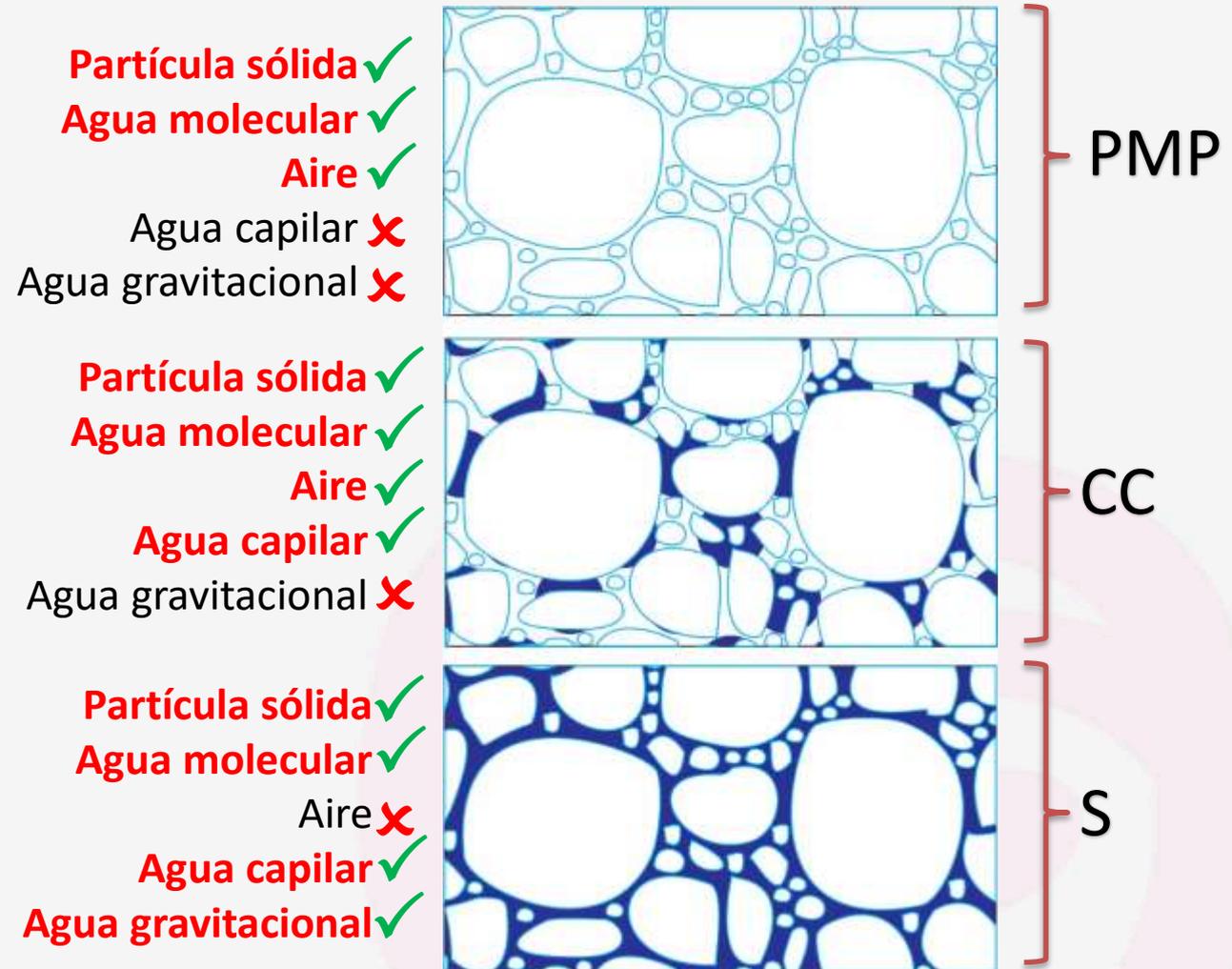
# Clasificación de los Suelos

- Por su textura: fina o gruesa
- Por su estructura: floclada, agregada o dispersa

**Esto define su porosidad que permite una mayor o menor circulación del agua**



# Humedad de Suelo



## El Agua en el Suelo



Textura	Capacidad Campo	Punto Marchites Permanente	Saturación	Agua disponible	Rango humedad aprovechable con 50% de humedad agotada
	%	%	%	Cm/cm	%
Arcilloso	42	29,9	49	0,12	42-36
Franco	27	12,6	46	0,14	27-20
Arenoso	9	5	46	0,04	9 - 7

**MÁS, O MENOS AGUA DE LA NECESARIA, NO SOLO INFLUYE EN LA PLANTA DIRECTAMENTE, SINO TAMBIÉN EN LA NUTRICIÓN (NUTRIENTES MÁS, O MENOS DILUÍDOS, MAYOR GASTO DE FERTILIZANTE, DESBALANCES, ETC., ETC.)**



## Monitoreo de Humedad de Suelo



**25 a 50% de agua disponible**, levemente húmedo, forma bola débil, una capa suave de granos de arena suelta y agregados quedan en la mano.



**50 a 75% de agua disponible**, húmedo, forma bola débil, una capa suave de granos de arena suelta y agregados quedan en la mano, color oscuro, mancha moderada de agua en los dedos, no forma lulo.

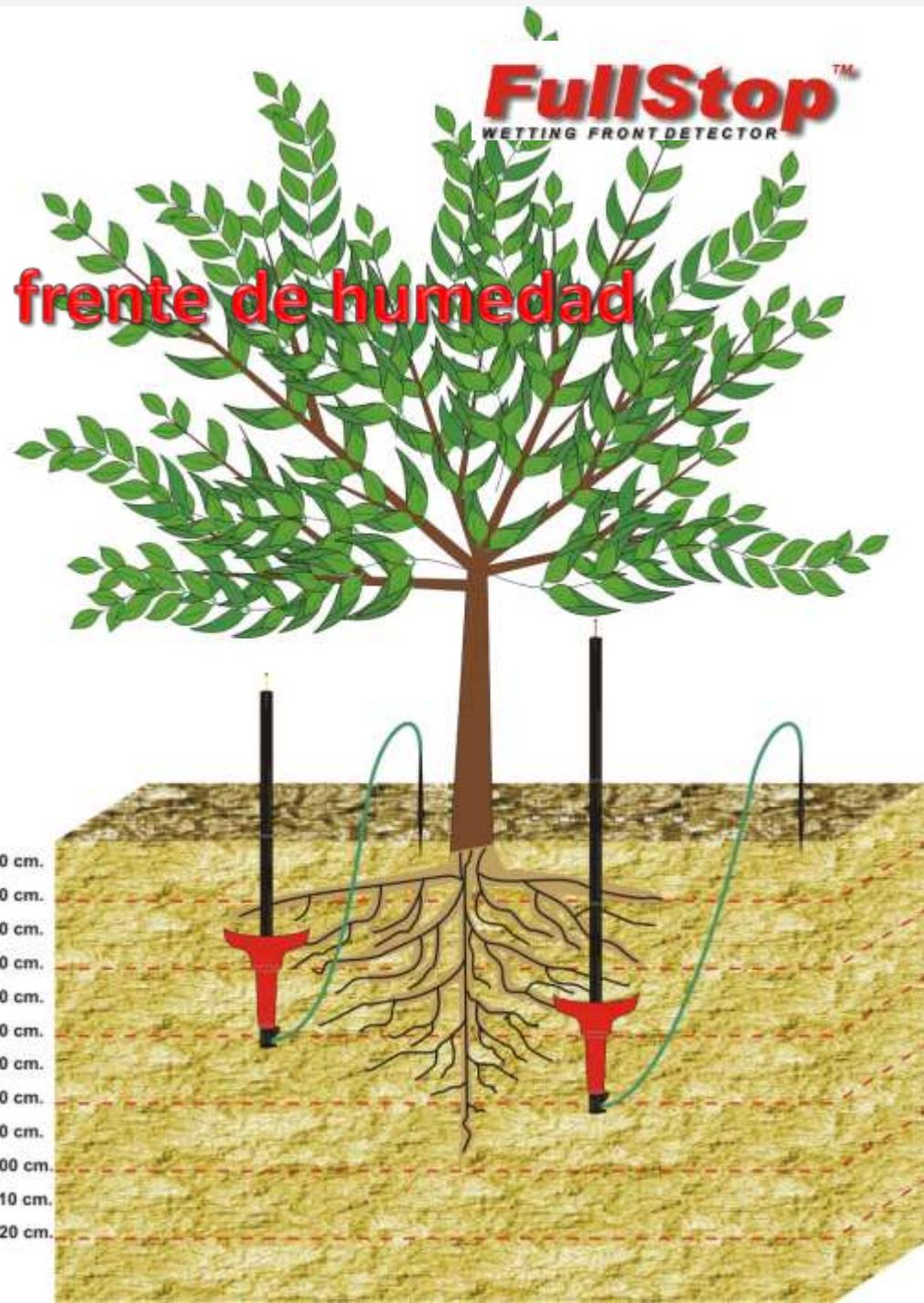


**75 a 100% de agua disponible**, mojado, forma bola débil, quedan granos de arena suelta y agregados en los dedos, color oscuro, mancha gruesas de agua en los dedos, no forma lulo.

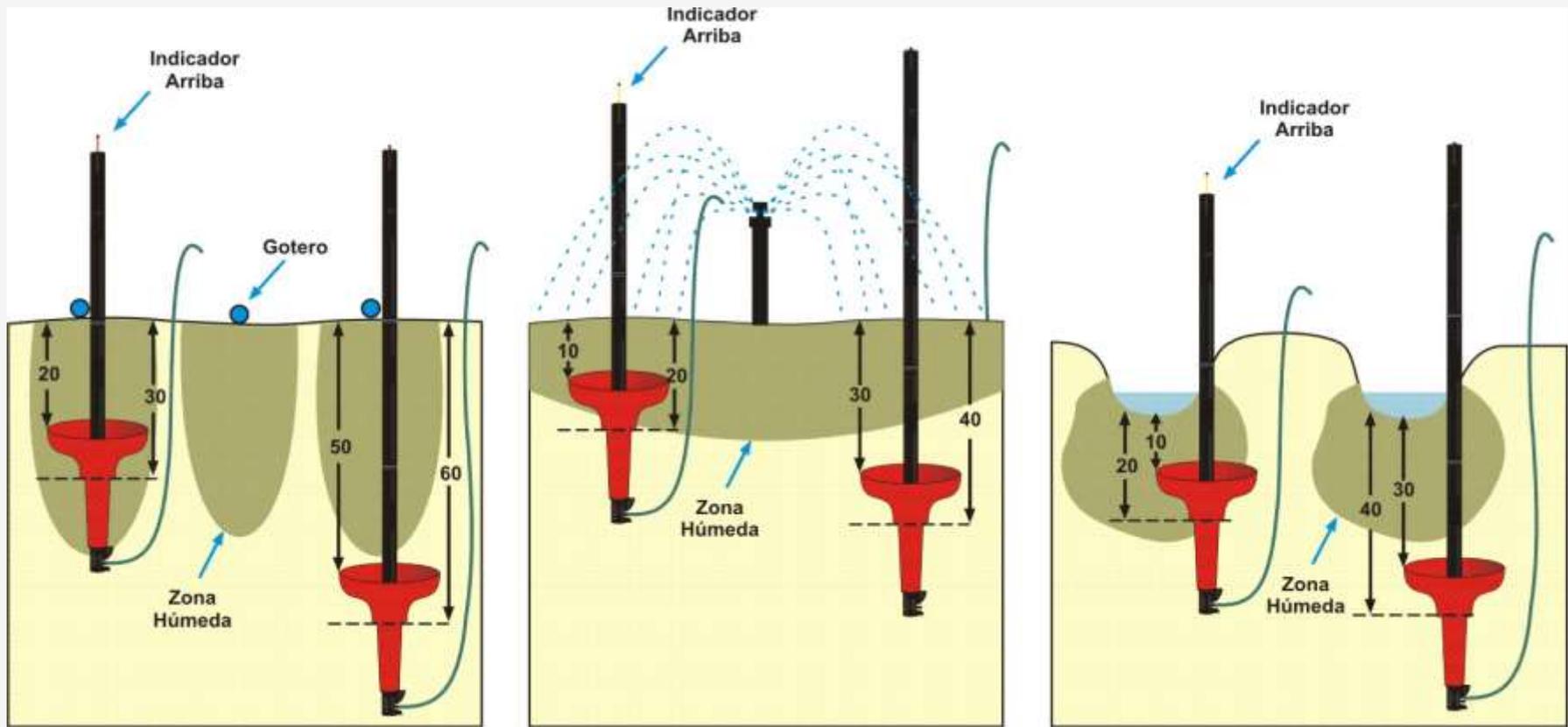


## FullStop – Detector de frente de humedad

- Confluye el flujo de agua en el embudo, y se colecta en la base.
- El agua se vacía por capilaridad.



# FullStop – Detector de frente de humedad

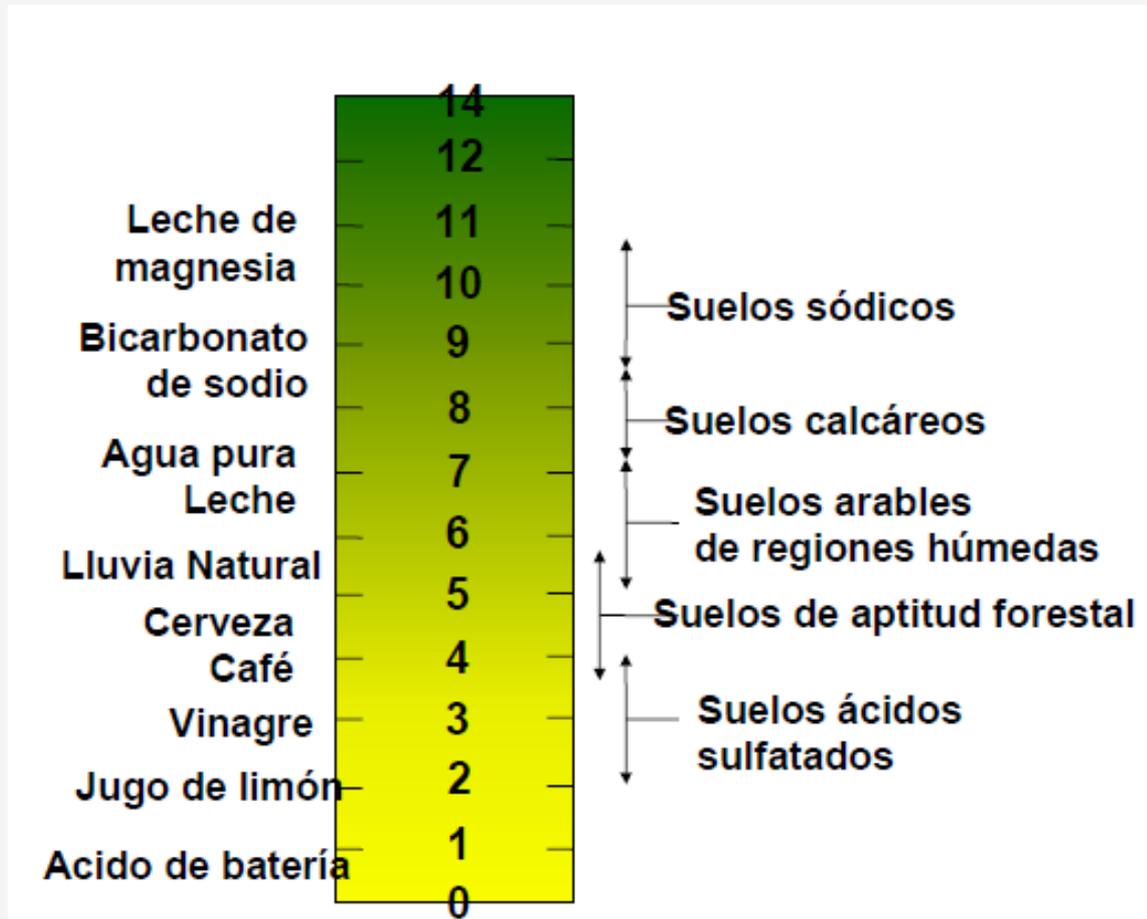


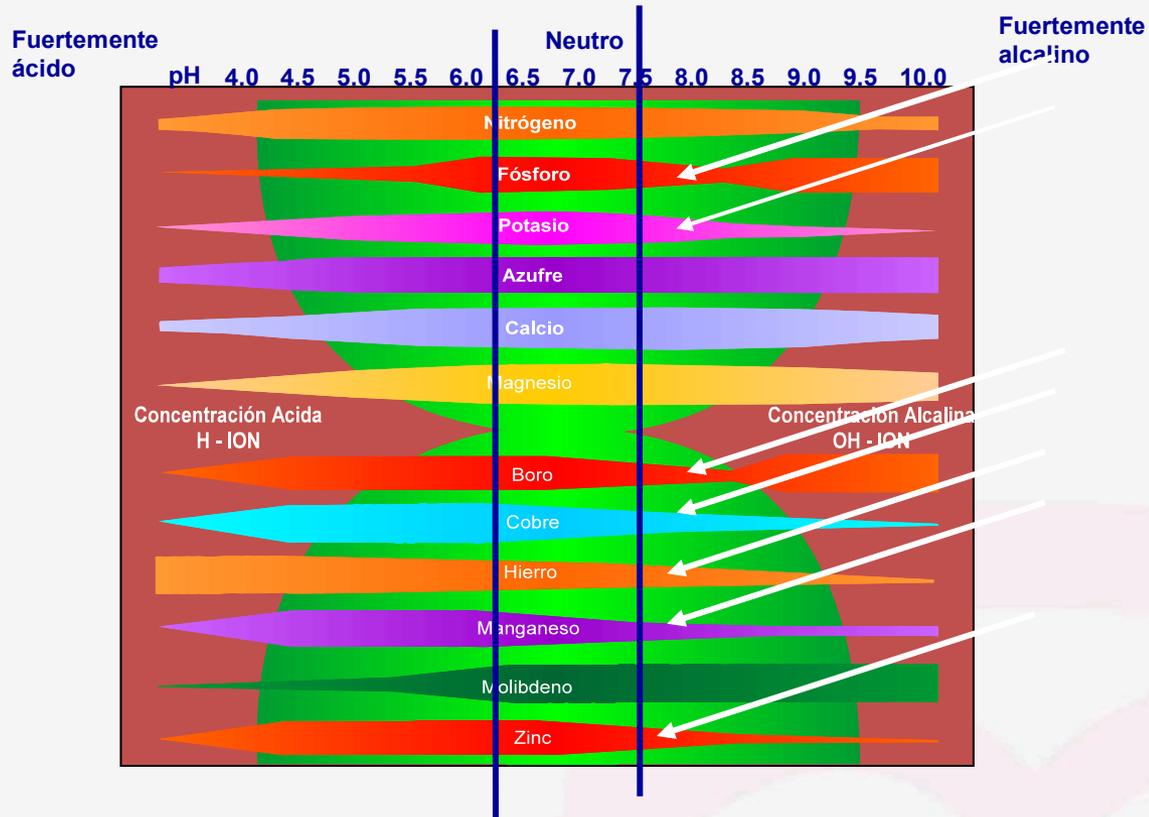
# pH

- Es una medida de la concentración de iones  $H^+$  en una solución.
- Afecta la solubilidad de las sales disueltas, su disponibilidad, y fisiología de seres vivos.



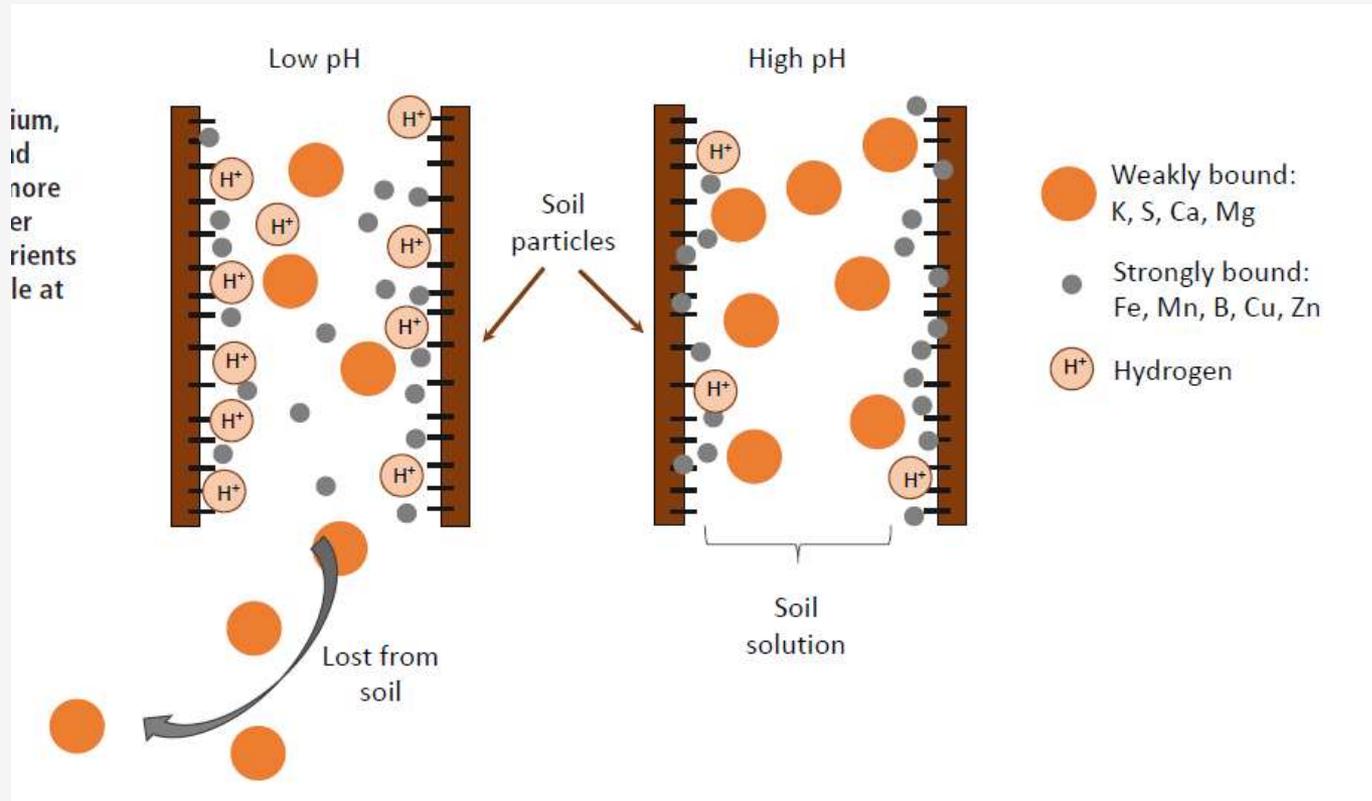
# Reacción o pH





## Influencia del pH en la disponibilidad de nutrientes

# pH suelo y Fertilidad



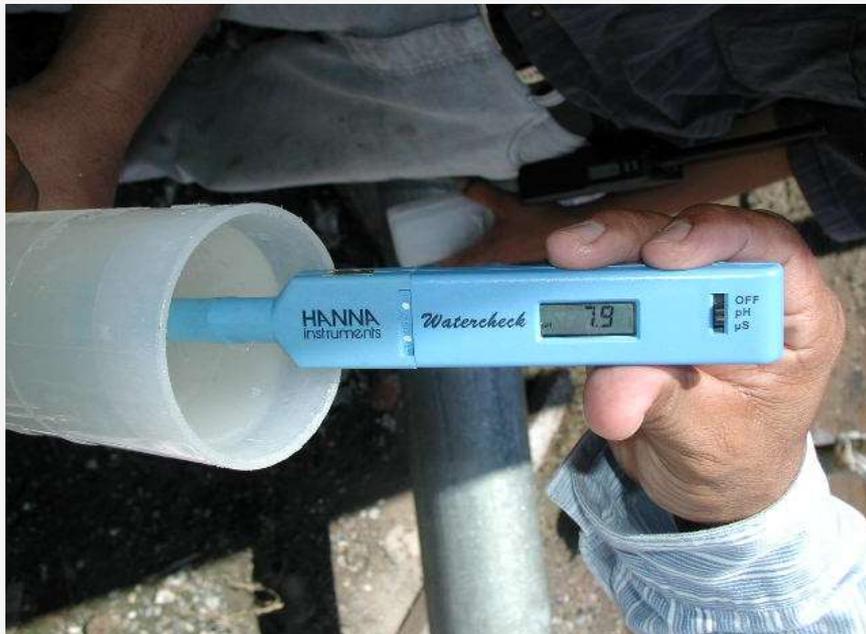
**Ca, Mg y S más disponible en suelos alcalinos; mientras que Micronutrientes están más disponibles en suelos ácidos.**

# Monitoreo del pH

pH del agua de riego

pH de la solución nutritiva

pH de la solución de suelo

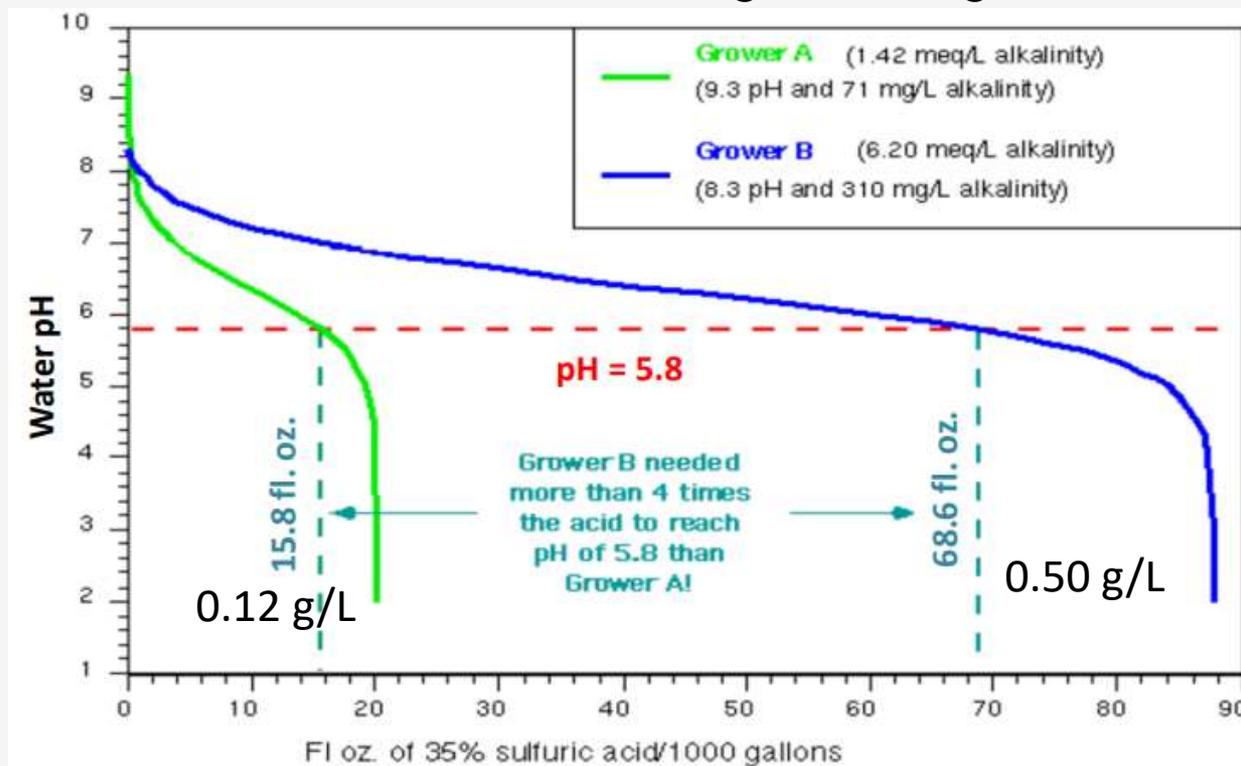


## Cambio y ajustes en el pH: Prevención

- Aplicar 1 meq de cualquier ácido a 1 L de agua bajará el pH de la solución en 1.5 unidades.
- Ej. A. Fosfórico(al 85 %) = 22.48 cc para 1 m<sup>3</sup> de agua (o 0.22 mL/Litro de agua)

# Alcalinidad del agua

Medida de la capacidad para neutralizar ácidos.  
También se llama Basicidad ( $\text{CO}_3$  y  $\text{HCO}_3$ )



**NO es lo mismo que pH Alcalino**

# Acidos tiene diferentes P.Eq. y concentraciones

Tabla 16. Características de cuatro ácidos diferentes.

Acido	Fórmula	Peso molecular (g)	Peso equivalente (g)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Concentración (%)
Clorhídrico	HCl	36.48	36.48	1.18	36
Fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	98.04	32.68	1.71	85
Nítrico	HNO <sub>3</sub>	63.02	63.02	1.40	65
Sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98.08	49.04	1.84	95

Fuente: Martínez Barrera, 1998.

# Sistema inyección ácidos

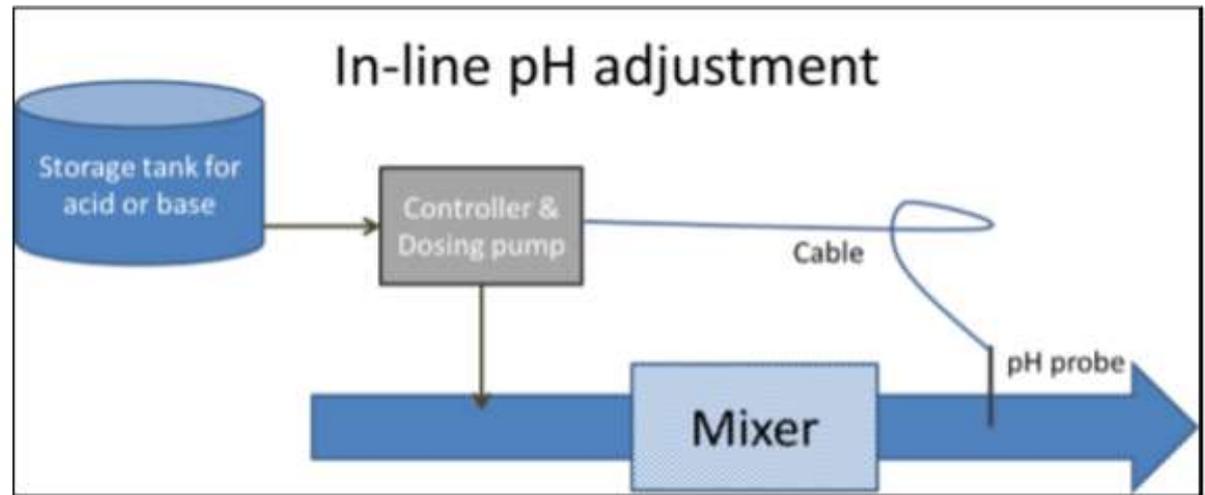
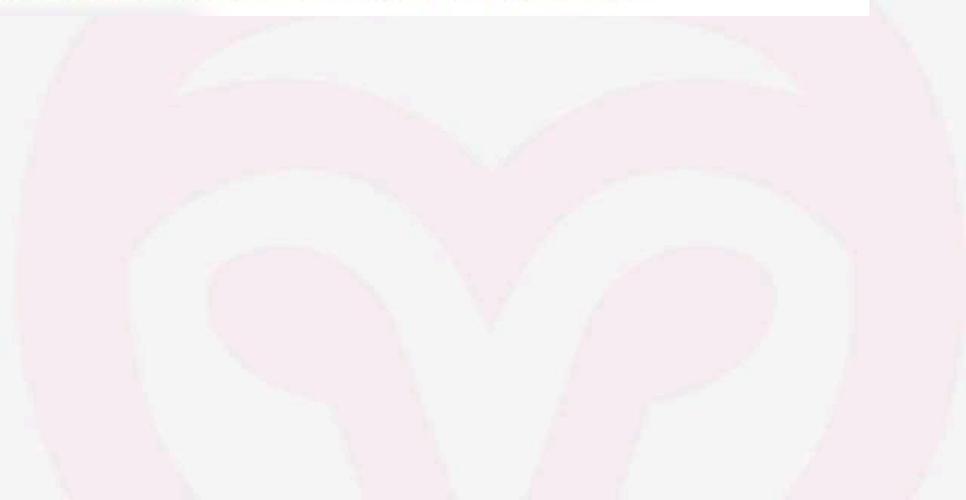
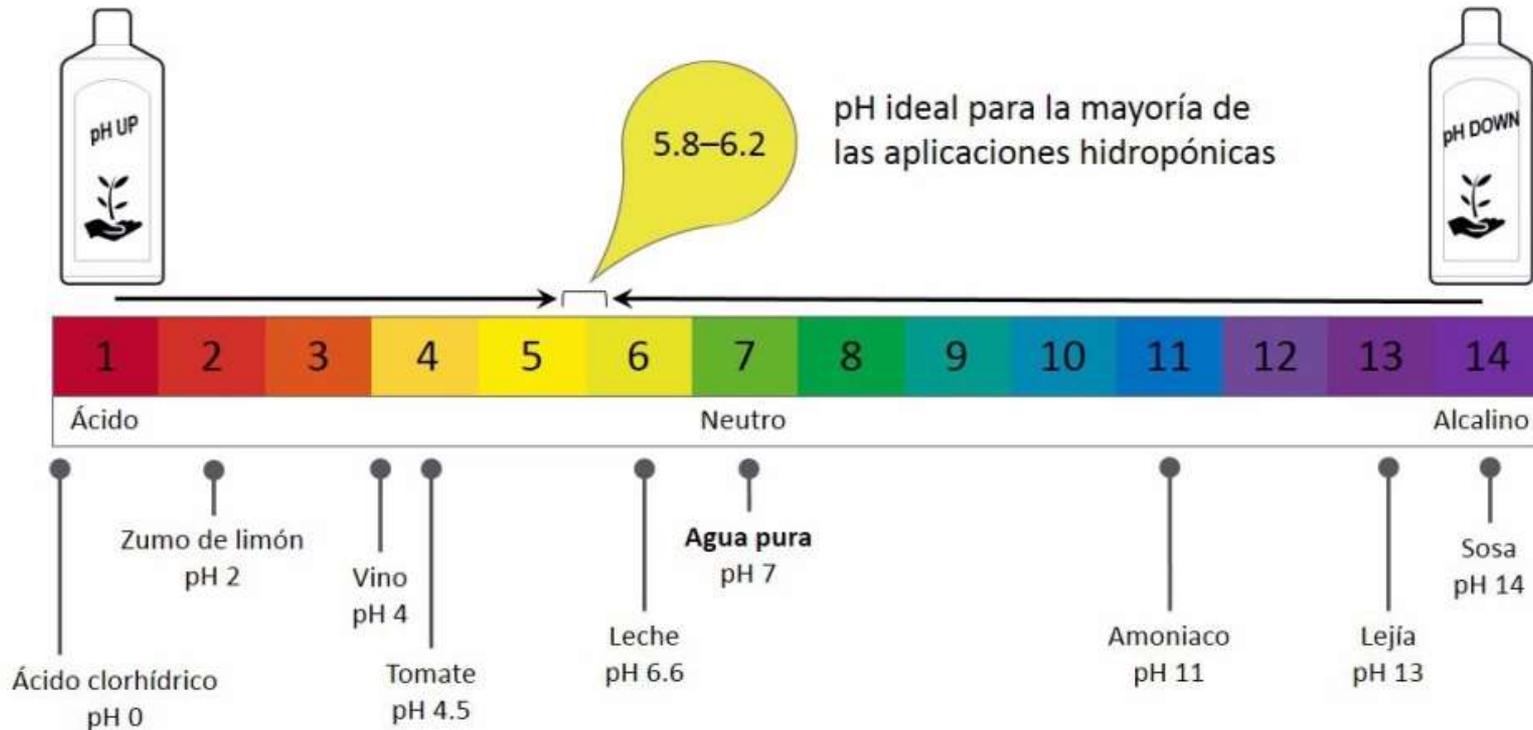


Figure 3-22. Schematics of In-line pH adjustment

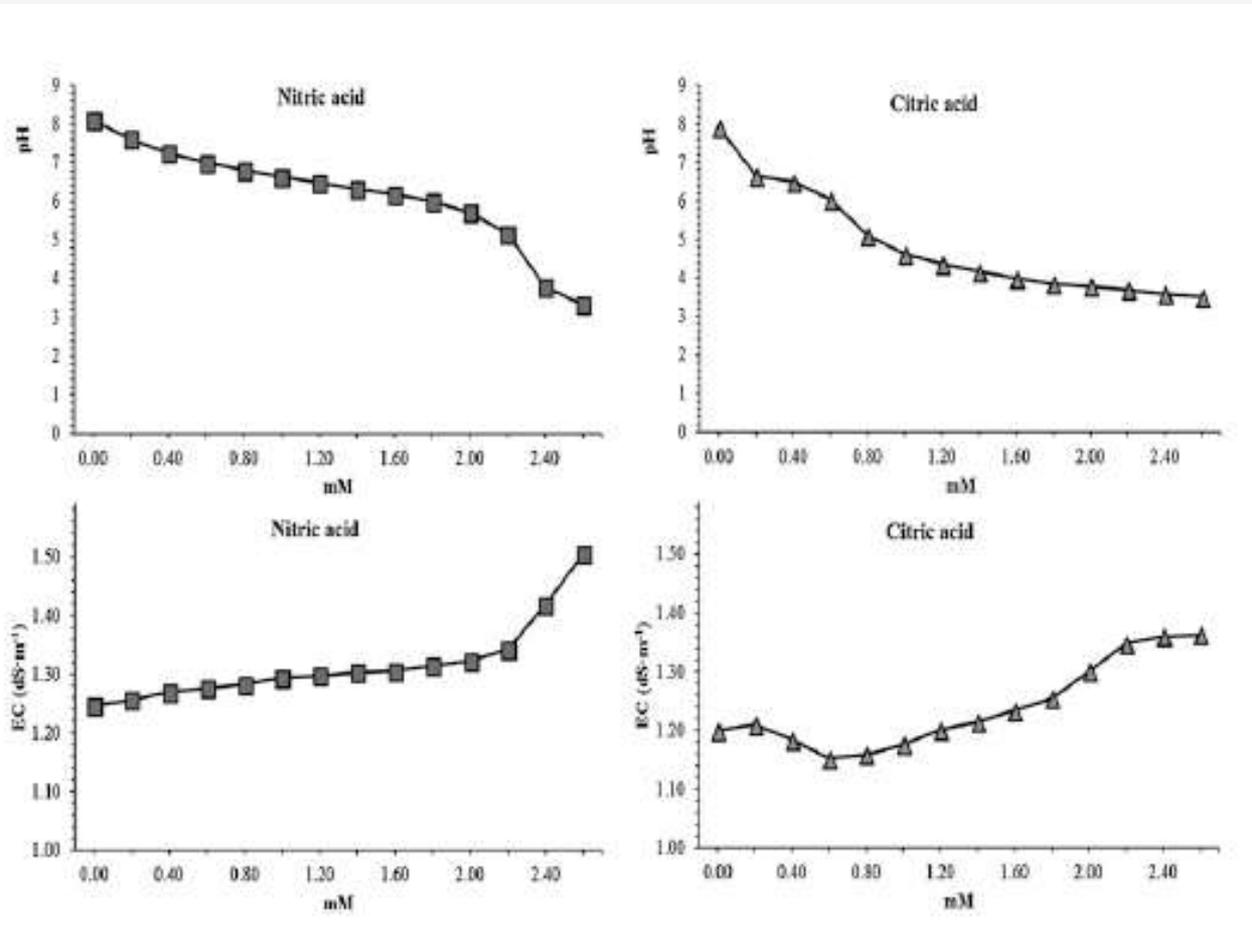


## Cual debe ser el Ph ideal??



- Ligeramente ácido, aquel que garantice prevención aparición precipitados.

# Más ácido, más salino



# pH ácido no siempre genera mismos efectos en diferentes sustratos

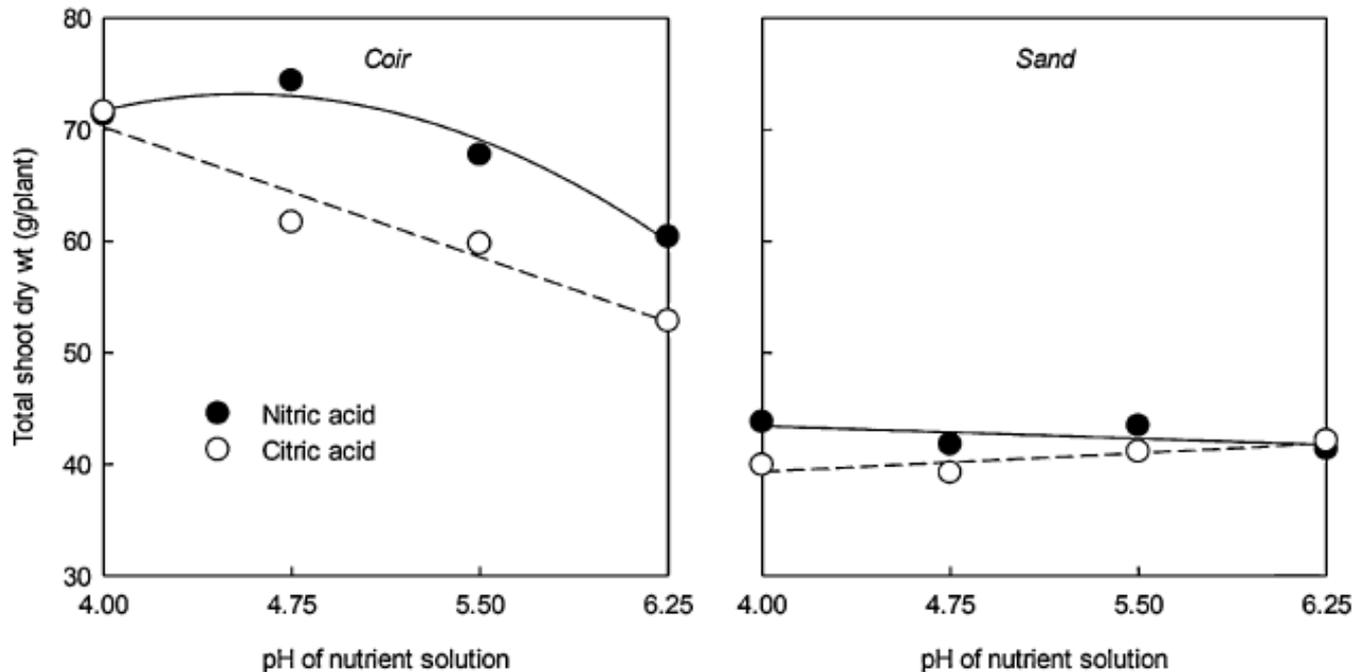
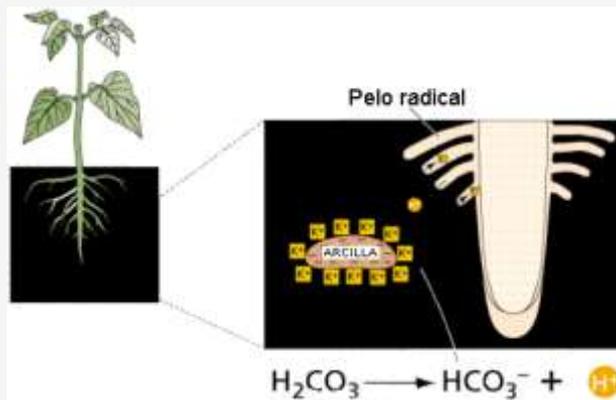


Fig. 3. Growth response of 'Ventura' blueberry to increasing levels of pH in the nutrient solution. The plants were grown in pots filled with coir or sand, and pH was adjusted using nitric or citric acid.

# ...pero, y el efecto de la planta en el pH? (aquí ya hablamos de “camotes”)

- LA ABSORCIÓN DE IONES PUEDE ACIDIFICAR O ALCALINIZAR LA RIZÓSFERA



*Cuadro 1. Efecto del uso continuo de fertilizantes sobre el pH del suelo.*

Fuente	pH
Testigo (N-)	6.7
Urea	5.9
Solución N 32 %	5.7
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	5.5
(NH <sub>4</sub> )SO <sub>4</sub>	4.7

- MAS CATIONES = H+, MÁS ANIONES = OH- Y CO<sub>3</sub>
- NITRÓGENO ES EL MÁS DETERMINANTE

# Medición práctica del pH



**Mayor precisión requiere más cuidado y calibración**

## Seamos ácidos,...pero no tanto

- Tratamiento de bicarbonatos, uso A. Fosfórico y ojala A. Nítrico
- Priorizar fertilizantes carácter ácido
- Balance relación  $\text{NO}_3/\text{NH}_4$
- Tratamientos específicos pdtos. ácidos
- Uso generadores ácido sulfuroso
- Validar efecto directo del pH muy ácido en productividad



# SALINIDAD



## Salinidad: Conceptos y efectos

- Salinidad: Concentración de sales solubles presentes en una sustancia. Se mide de forma directa como Sales ST (mg/L) o indirectamente a través de la Conductividad eléctrica (dS/m).
- Los efectos de la Salinidad se pueden dividir principalmente en:
  - Efecto Osmótico
  - Efecto tóxico de Iones específicos
  - Desbalance de Nutrientes a causa de antagonismos:
    - Sodio bloquea la absorción de Calcio.**
    - Cloruros bloquean la absorción de Nitratos.**
    - Bicarbonato induce Clorosis férrica.**

## Origen de Salinidad: Manejo no adecuado

- Muchos problemas de salinidad en la agricultura son el resultado del manejo incorrecto del riego y de la falta de drenaje apropiado en el suelo.
- Suelos afectados por sales, las reciben generalmente de:
  - Agua de riego.
  - Agua de drenaje.
  - Estiércol y otros residuos animales.
  - Fertilizantes y nutrientes.
  - Aguas residuales / municipales.

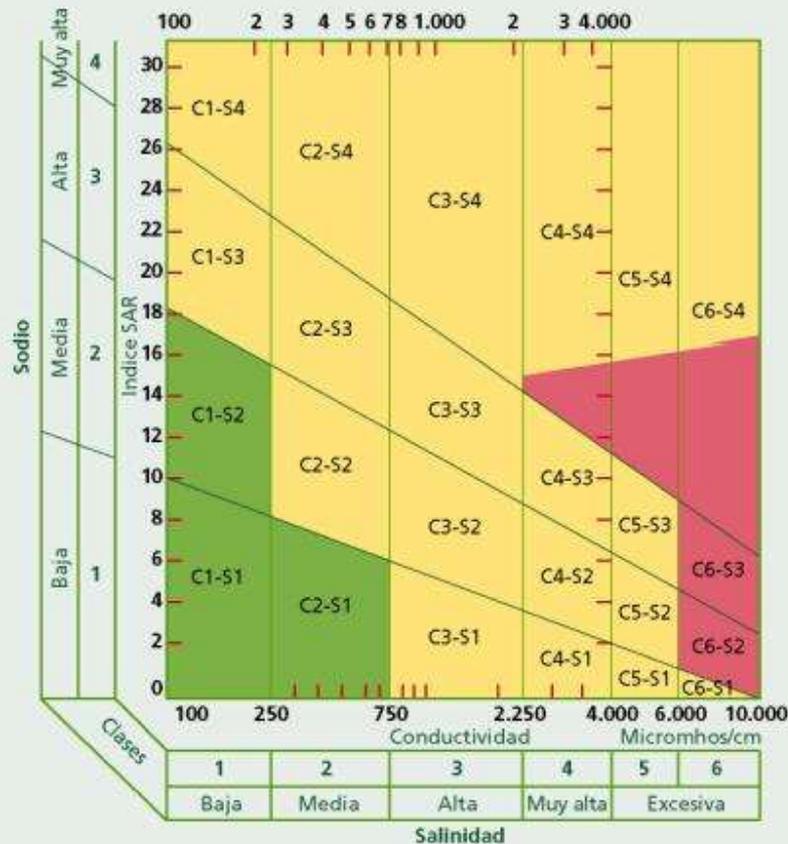
Tolerancia de cultivos a la salinidad	CE en la cual la pérdida de la producción comienza(dS/m)
<b>Sensible</b>	< 1.3
<b>Moderadamente Sensible</b>	1.3 – 3.0
<b>Moderadamente Tolerante</b>	3.0 – 6.0
<b>Tolerante</b>	6.0 – 10
<b>Inadecuado para la mayoría de los cultivos (a menos que la reducción de producción sea aceptable)</b>	> 10.0

## Salinidad en el agua de riego

- Se mide a través de la Conductividad Eléctrica (CE), y es la transmisión de corriente eléctrica.
- Unidades:  $1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mS/cm} = 1000 \text{ uS/cm}$
- La CE depende de la temperatura del agua. Hay aumento de 2-3 % por cada grado centígrado.
- Los equipos medidores CE normalizan la medición a una temperatura agua de 25 grados.
- Principales sales:  $\text{ClNa}$  y  $\text{SO}_4\text{Na}_2$ , algo de  $\text{Cl}_2\text{Ca}$ .  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{Cl}_2\text{Mg}$ . Trazas de  $\text{KCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  y  $\text{HCO}_3\text{Na}$ .

**CE solución suelo = 3 veces CE agua riego, y CE extracto s. = 1.5 veces CE agua riego. Ideal afinar ratios según cada condición.**

Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego.  
(U.S. Soil Salinity Laboratory).



- Aguas de buena calidad aptas para el riego.
- Aguas utilizables para el riego con precauciones.
- Aguas no aptas para el riego.

## Clasificación de las aguas según las normas Riverside

### Tipos

### Calidad y normas de uso

- C 1** Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas solamente en suelos de muy baja permeabilidad.
- C 2** Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
- C 3** Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego en suelos con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos tolerantes a la salinidad.
- C 4** Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
- C 5** Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
- C 6** Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
- S 1** Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
- S 2** Agua con contenido medio de sodio, y por tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.
- S 3** Agua con alto contenido de sodio y gran peligro de acumulación del sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y el empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
- S 4** Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

# Calcio en el agua es una sal también



Análisis	Valle de Azapa
PH	7,96
CE (dS m <sup>-1</sup> )	1,83
Calcio (meq L <sup>-1</sup> )	9,45
Magnesio (meq L <sup>-1</sup> )	1,88
Sodio (meq L <sup>-1</sup> )	4,09
Potasio (meq L <sup>-1</sup> )	0,14
Bicarbonato (meq L <sup>-1</sup> )	1,67
Cloruro (meq L <sup>-1</sup> )	9,35
Sulfato (meq L <sup>-1</sup> )	5,73
Boro (ppm)	1,03

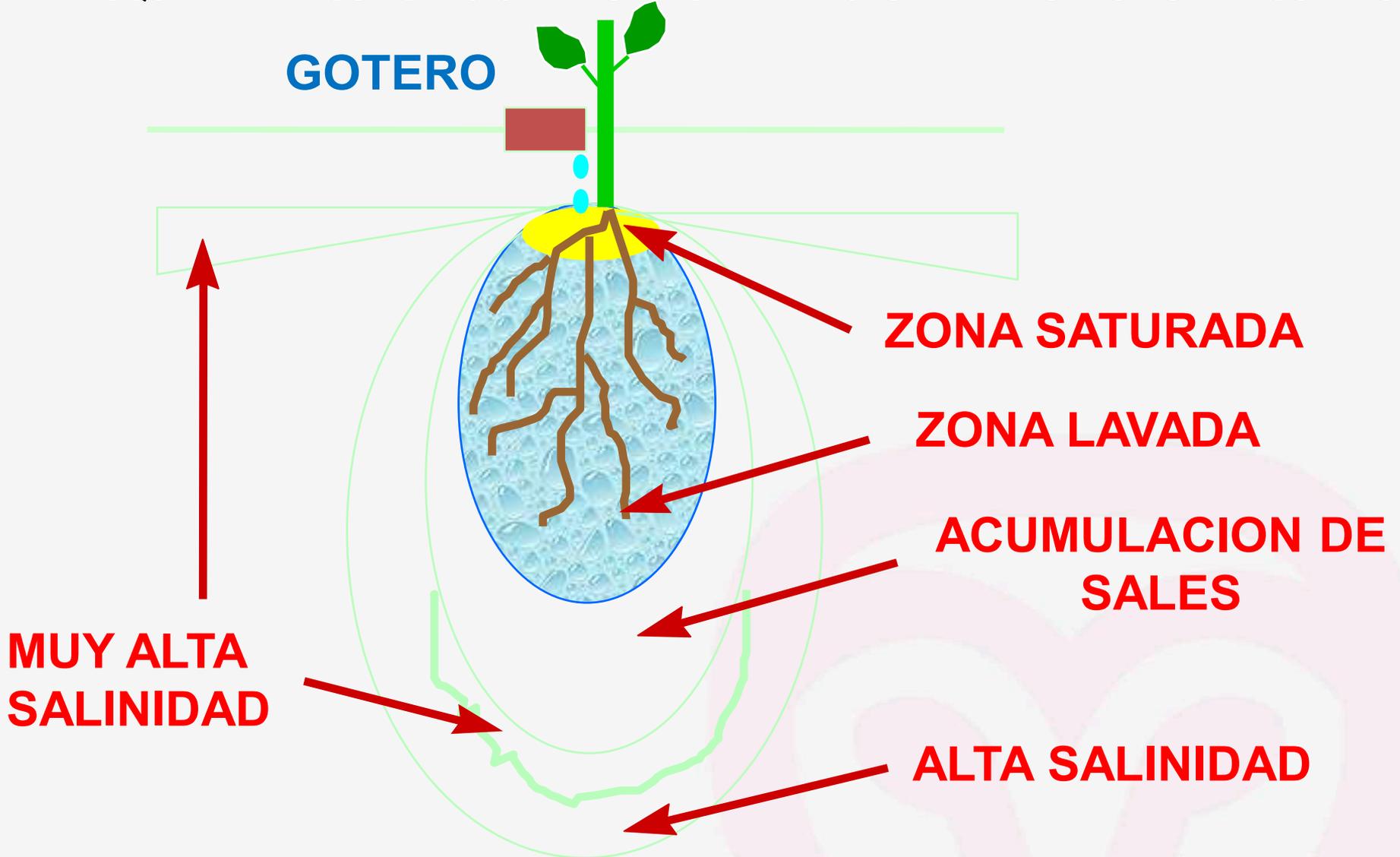
Todo ese Cloruro de Calcio hace la mitad del valor total de CE (salinidad)

# Salinidad en suelo

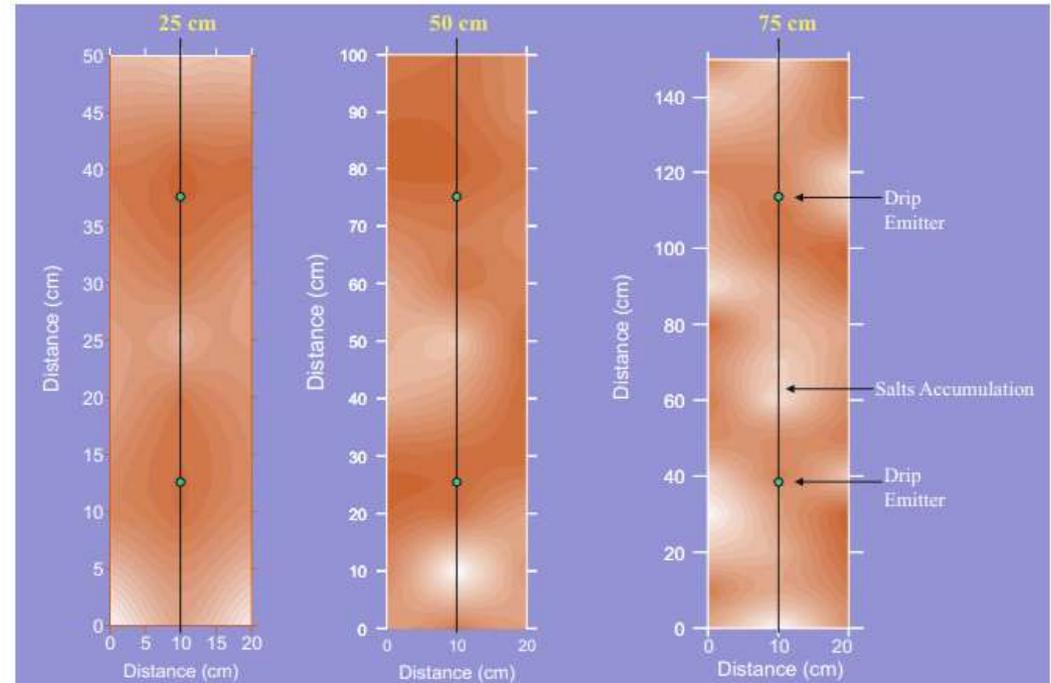
Tolerancia relativa de cultivos a la salinidad			
Cultivo	Salinidad máxima sin que afecte al rendimiento [mmhos/cm]	Concentración a la que se reduce un 50% el rendimiento [mmhos/cm]	% de disminución del rendimiento por el aumento de 1 mmhos/cm
maiz	13	s/i	s/i
cebada	8	18	5
trigo	8,6	s/i	7,1
remolacha	7,7	15	5,2
arroz	3	7,2	11,5
tomate	2,5	7,6	9,9
melón	2,2	9,1	16
peral y manzano	1,7	4,8	21
papa	1,7	5,9	12
vid	1,5	6,7	12
palta	1,3	3,7	6
lechuga	1,3	5,2	13
Frutillas	1	2,5	33

**ESQUEMA DE ACUMULACION DE SALES EN EL VOLUMEN REGADO POR EL GOTERO**

**GOTERO**



# Salinidad en riego por goteo



**Fig. 4.3** Soil salinity under drip irrigation with emitter spacing at 25, 50 and 75 cm. Intensity of whiteness indicates higher salinity (Shahid and Hasbini 2007)

# Efecto Osmótico de Salinidad

En términos simples, la planta siempre debe gastar más fuerza de la que el suelo gasta en retener el agua.

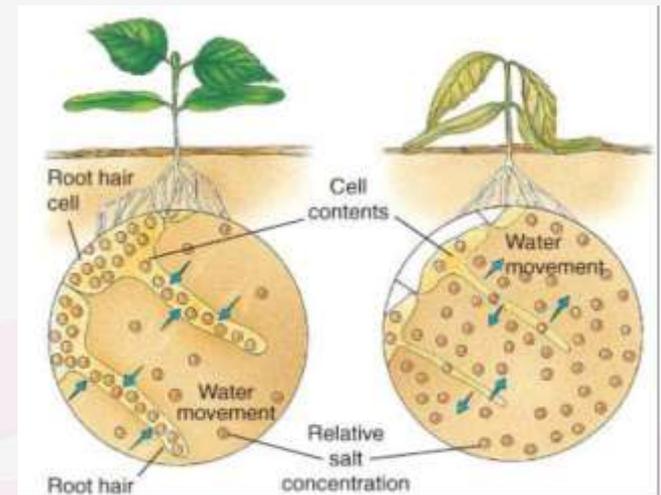
Si no gana esta “pelea”, la planta no puede extraer agua y se estresa. Esto sucede bajo dos condiciones:

- El suelo se seca (sequía real)
- Se acumulan sales en la solución suelo (sequía fisiológica).

Cuando la solución del suelo posee sales, la planta debe gastar más energía para extraer el agua de este medio.

Esta energía extra es la que se llama Ajuste Osmótico, y ocurre en las raíces.

Las plantas, mediante este ajuste, son capaces de absorber agua excluyendo una proporción de las sales, por lo tanto, en la solución suelo comienzan a reconcentrarse progresivamente.



- La sal “agarra” el agua, y cuesta quitarsela!!!

## Efecto presión osmótica sobre plantas

EC dS/m	Presión osmótica en milibar (*-0.36)	Desarrollo de las plantas
2	-0.72	Los sales casi no tienen influencia
4	-1.44	Descenso en rendimientos en plantas muy sensibles
8	-2.88	Descenso en rendimientos en muchas plantas
16	-5.76	Solamente plantas resistentes producen rendimientos razonable
>16	>-5.76	Solamente plantas muy resistentes producen rendimiento

## Salinidad en solución de suelo

Si Ud. ha medido 1.0 dS/m (mmhos/cm) significa que tiene:

- Contenido de Sales = 640 mg
- Concentración Sales = 10 meq/L
- Presión Osmótica = 36 cbar (kPa)



Fuerza adicional que la planta debe vencer para "tomar" agua.

# Influencia del Cloruro

Tolerancia a cloruros meq/lit		
Especie	Cl meq/lit	
Frutilla	5	8
palto	5	8
uva	10	
citricos	10	25

AGUA

SUELO

Tolerancia a cloruros que disminuyen un 20 % el rendimiento		
Poco 13-19 meq/lit	Media 20-24 meq/lit	Alta 25 meq/lit
Durazno	frutilla	trigo
Palto	arroz	maiz
limon	alfalfa	remolacha

# Efecto del Calcio contra Sodio en el crecimiento radicular

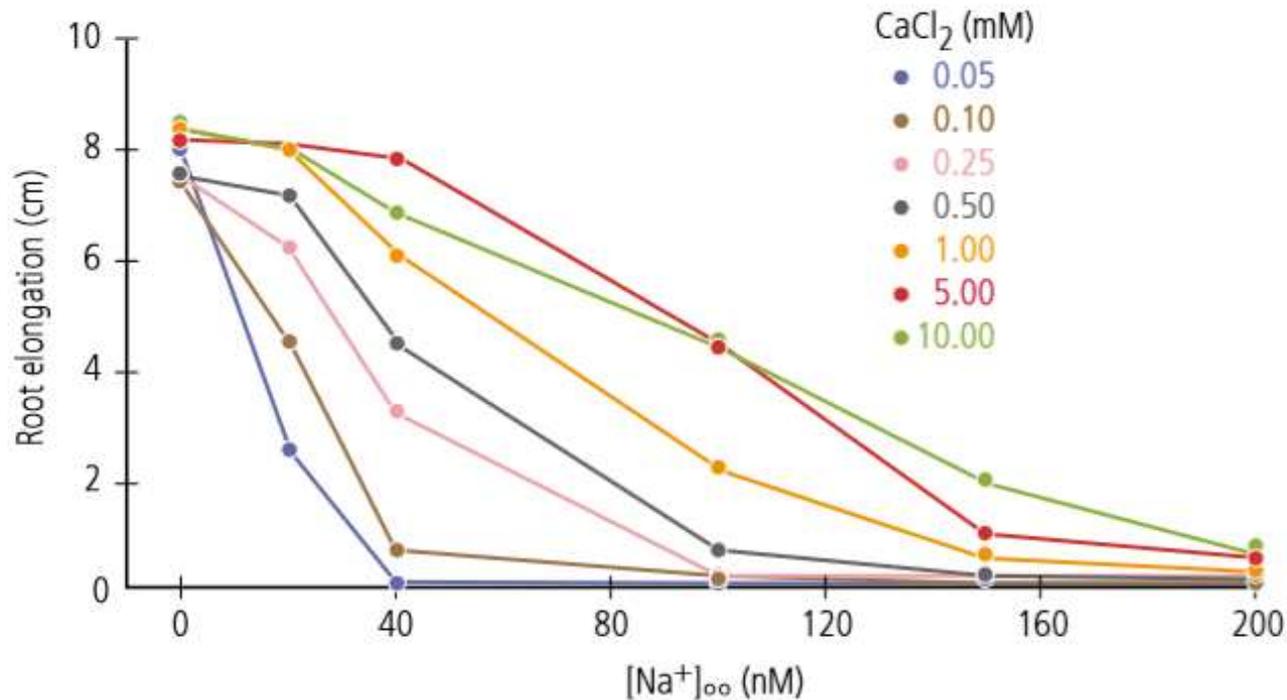


Figure 9.1. Na inhibition of root elongation and relieving Na effects by increase in Ca ions in the solution (Adapted from Yermiyaho *et al.*, 1997).

# Efecto Tóxico de Iones

- Existen iones que al acumularse en los tejidos del palto pueden causar toxicidad. Los iones que principalmente causan toxicidad en paltos son:
  - Cloruros (normal 0,23-0.7 %)
  - Sodio (normal 0,02-0.1 %)
  - Boro



Toxicidad por KCl. E.Lahav



Toxicidad por NaCl. B.Platt

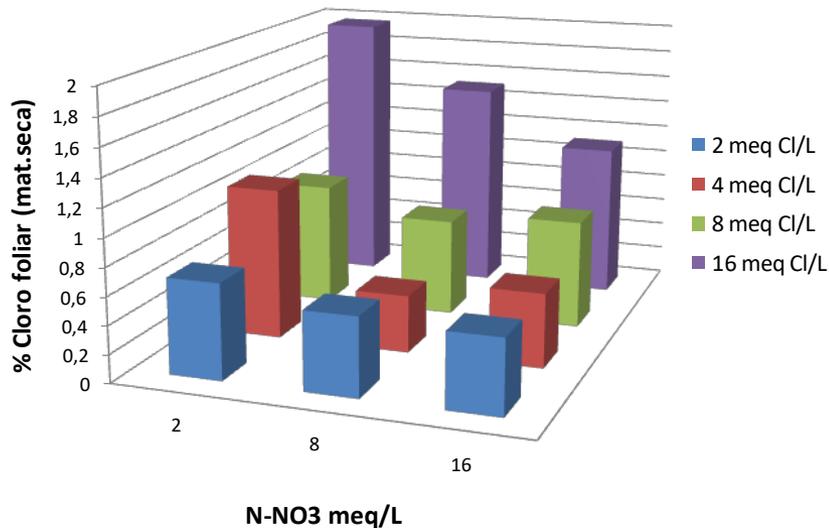


Toxicidad por Cl. B.Platt

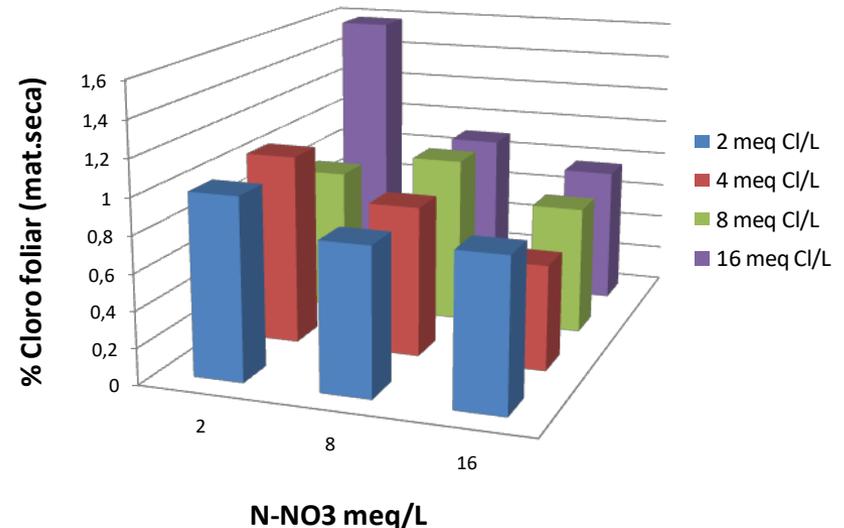
## Nutrición Nítrica para reducir daños por Cloruro

Disminución de toxicidad y contenidos de cloruro mediante la incorporación de Nitratos en la solución nutritiva.

Contenido de Cloro foliar (% mat.seca)



Contenido de Cloro en raíces (% mat.seca)



## Ultrasol K (nitrato de potasio) para disminuir salinidad

Tabla 1. Efectos en la CE de varias combinaciones de fertilizantes, comparadas con KNO<sub>3</sub>, manteniendo constantes los niveles de N y K.

Combinación		Dosis	N	K <sub>2</sub> O	Fuente CE	CE por dosis	CE
		gramos	gramos	gramos	1 g/l, mS/cm, 25 °C	mS/cm	%
1	KNO <sub>3</sub>	1,00	0,135	0,455	1,35	1,35	100
2	KCl	0,76		0,455	1,79	1,36	148
	NAM	0,40	0,135		1,60	0,64	
	Total	1,16	0,135	0,455		1,99	
3	KCl	0,76		0,455	1,79	1,36	192
	SA	0,64	0,135		1,91	1,23	
	Total	1,40	0,135	0,455		2,59	
4	SOP	0,91		0,455	1,47	1,34	146
	NAM	0,40	0,135		1,60	0,64	
	Total	1,31	0,135	0,455		1,97	

Fuente: Potassium Nitrate Association

- **Salinidad:**

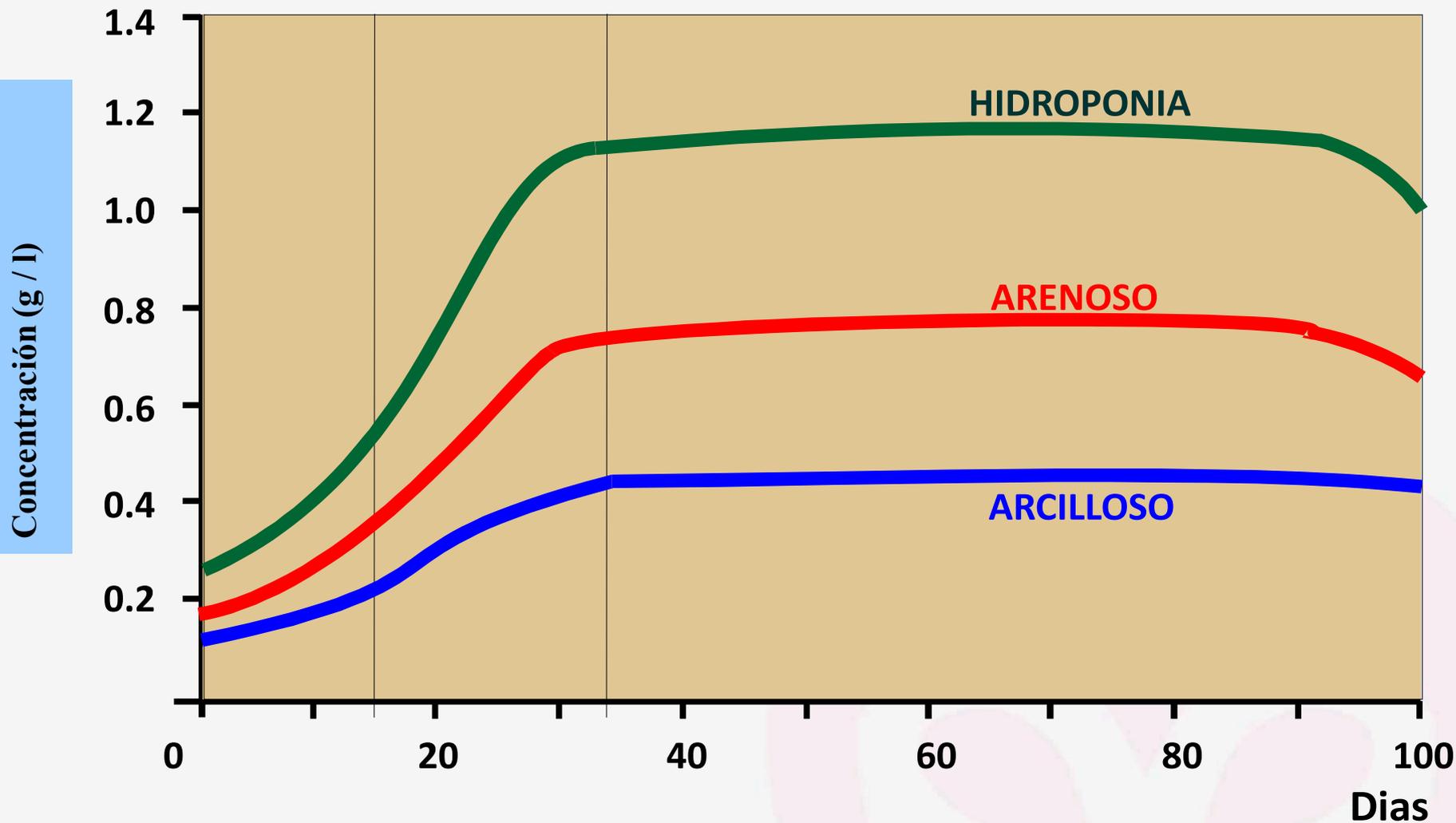
- Materia orgánica puede incrementar la salinidad produciendo una alta conductividad eléctrica (C.E), la vid es sensible a esta.
- La tolerancia de las vides a la C.E. es  $EC_{se} < 1,5$  mS/cm.
- Uso de fertilizantes con Cl y SO<sub>4</sub> (cloruro de potasio, sulfato de amonio, sulfato de potasio) incrementan la conductividad eléctrica (C.E.).

**Reducción en rendimiento potencial en uvas causado por salinidad**

%	Ext. Sat. suelo (C.E.)	C.E. Agua de riego	Lixiviación necesaria (%)
0	< 1,5	1	4
10	2.5	1.7	7
25	4.1	2.7	11
50	6.7	4.5	19

Fuente: SQMC, (2002). Libro azul. Segunda edición. P 67.

# Comparación entre Concentración de Fertilizantes Aplicados y Diferentes Texturas del Suelo e Hidroponia



# Ejemplo de composición de solución nutritiva

EC = 2 mS/cm = 20 Eq Cationes + 20 Eq Aniones

Cationes	Equivalentes	Contribución Para CE	Aniones	Equivalentes	Contribución Para CE
<b>K<sup>+</sup></b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>7</b>	<b>0,7</b>
<b>Ca<sup>++</sup></b>	<b>4</b>	<b>0,4</b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>5</b>	<b>0,5</b>
<b>Mg<sup>++</sup></b>	<b>2</b>	<b>0,2</b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>--</sup>, SO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>3</b>	<b>0,3</b>
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>2</b>	<b>0,2</b>	<b>PO<sub>4</sub><sup>---</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>--</sup></b>	<b>2</b>	<b>0,2</b>
<b>H<sup>+</sup><sub>3</sub>O</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>	<b>OH<sup>-</sup></b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>
<b>Others</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>2</b>	<b>0,2</b>
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>Others</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
			<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>2</b>

## Todos contra la sal

- Análisis suelo (salinidad) y Agua
- Soluciones fertirriego con límite máximo de CE total (cada ingrediente del “caldo” debe ser pesado”.
- Dentro de la solución manejar balances % entre los aniones y entre cationes
- Priorizar fertilizantes bajo índice salino (Ej. MKP)
- Fracción de lavado (adicional), y eventualmente riegos de lavado. AGUA
- Uso productos promotores lavado sales





# Diagnóstico nutricional

## **Análisis de suelos**

Proporciona información sobre características físico-químicas y disponibilidad de nutrientes.

## **Análisis de agua para riego**

Calidad, aportes nutricionales resultantes de su uso y presencia de iones sustancias que pueden afectar suelo y cultivos.

## **Análisis de tejido**

Indica estado nutricional en el momento de toma de muestras

## **Análisis Soluciones Nutritivas (emisor/suelo)**

Otros: Análisis de Savia

## SUELO

- Un análisis de suelo no es mejor que la calidad que una muestra que entra al laboratorio.
- El cuidado que se haya tenido al tomarla es determinante en la representatividad que tenga lote a diagnosticar. el
- Es muy importante adicionar a la muestra toda la **información posible de interés.**
- Se elabora un plano o croquis del terreno en el cual se separan áreas con ciertos grados de uniformidad (unidad de muestreo).



Hacer el hoyo en un área de 40 x 40 cm de 30 cm de profundidad en forma de “V” se extrae una sección del suelo de la pared vertical con la lampa de la cual se tomará 100 a 200 gr. del centro de la lampa.

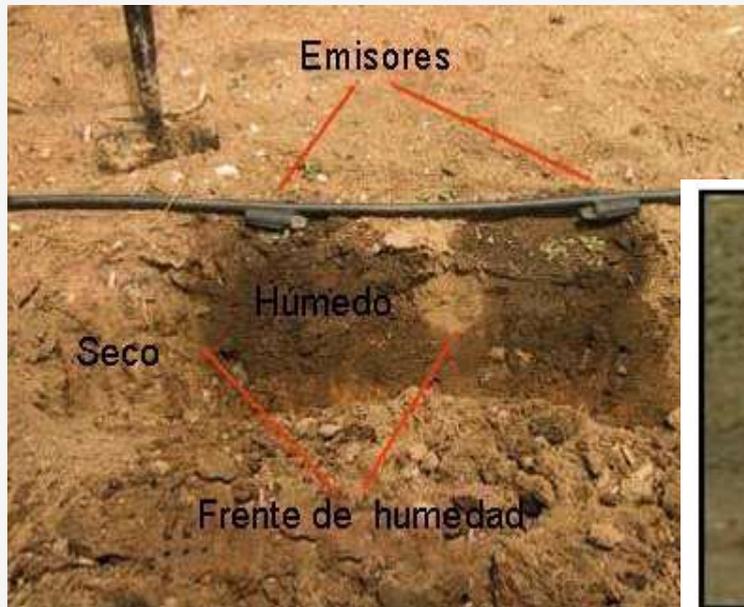


Figure 11-5. Taking a soil sample with an Auger and collecting the sample (<http://cri.crinet.com/news2536/PlanNowForSpringSoilSampling>)

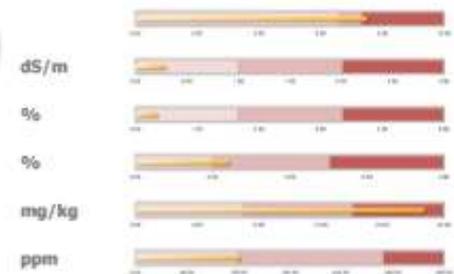
CULTIVO: MANGO  
ESTADO FENOLÓGICO: BROTAMIENTO

LOTE: E-1 (SUELO ( 30CM ) / LT : A M 3 / ED : PACHAMAMA 2)  
CÓDIGO: SA1900712

FECHA DE RECEPCIÓN: 30/04/2019  
FECHA DE EMISIÓN: 07/05/2019

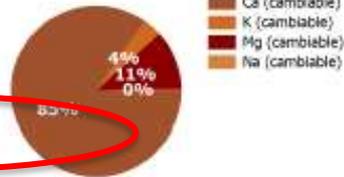
Arena	92.5	%
Limo	2.5	%
Arcilla	5.0	%
Textura	<b>ARENOSO</b>	
Al (cambiable)	0.01	meq/100 g
H (cambiable)	0.01	meq/100 g

pH (1:1)	7.5
C.E. (1:1)	0.28
Materia organica	0.41
CaCO3	2.41
P (disponible)	18.7
K (disponible)	100.55



Cationes Cambiables

Ca (cambiable)	3.98	me/100g
Mg (cambiable)	0.54	meq/100g
K (cambiable)	0.17	meq/100g
Na (cambiable)	0.01	meq/100g
Capacidad de intercambio catiónico	4.72	meq/100g



Distribución de Cationes

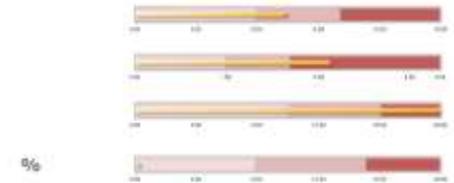
%Ca	85	%
%Mg	11	%
%K	4	%
%Na	0	%

Bajo
  Medio
  Alto

Valores de Referencia		
Calcio	65.0	75.0
Magnesio	10.0	15.0
Potasio	4.0	7.0
Sodio	0.0	8.0

Relaciones Cationicas

Ca/Mg	7.37
Mg/K	3.18
Ca/K	23.41
PSI	0.31



Microelementos

B (disponible)	0.2	ppm
Fe (disponible)	7.2	ppm
Cu (disponible)	0.4	ppm
Mn (disponible)	1.4	ppm
Zn (disponible)	2.3	ppm



# Análisis foliar

**Cuadro 59.** Tipo de hoja que constituye la muestra y época de muestreo para análisis foliar.

Especie	Hojas	Época
Vid	Hoja con peciolo opuesta al primer racimo del cargador, en plena flor *	oct-nov
Manzano y peral	Hoja mayor del dardo nuevo de la periferia con o sin fruta	15 ene-febr
Almendro, ciruelo, damasco y guindo	Hoja mayor del dardo nuevo de la periferia con o sin fruta	15 ene-febr
Duraznos y olivo	Hoja del tercio medio de la ramilla del año	15 ene-febr
Nogal	Hojuela terminal de la hoja compuesta	15 ene-Febr
Kiwi	Primera a tercera hoja vecina a frutos. Sin producción; hojas del sector medio de brotes.	noviene-febr
Naranja y limonero	Hoja de 5-7 meses de brote primaveral sin fruto.	ene-marzo
Palto (aguacate)	Hoja de 6-7 meses de brote primaveral sin fruto.	febr-abril

Algunos laboratorios analizan en viñas los peciolo en vez de la hoja completa.

**Cuadro 60.** Concentraciones suficientes de macro y micronutrientes en las hojas de distintas especies frutales y peciolo de vid en el período tradicional de muestreo.

Especie	Concentraciones suficientes									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	%	%	%	%	%	Ppm	ppm	Ppm	Ppm	ppm
Manzano rojo	2.0-2.4	0.20	1.30	1.5	0.30	100	20	20	4	25-70
Manzano verde	2.0-2.6	0.20	1.30	1.5	0.30	100	20	20	4	25-70
Manzano Spur	2.2-2.8	0.20	1.30	1.5	0.30	100	20	20	4	25-70
Peral	2.3-2.8	0.20	1.00	1.5	0.30	100	20	30	4	30-70
Duraznero	2.4-3.5	0.20	1.20	1.5	0.25	120	20	20	4	20-80
Nectarín	2.5-3.3	0.20	1.20	1.5	0.25	120	20	20	4	20-80
Damasco	2.5-3.0	0.20	1.50	1.5	0.25	60	30	30	4	20-70
Ciruelos	2.3-2.9	0.20	1.60	1.5	0.25	30	20	20	4	30-80
Cerezo	2.2-2.6	0.20	1.60	1.5	0.30	50	20	30	4	30-70
Almendro	2.5-2.7	0.20	1.40	2.0	0.25	120	40	30	6	30-70
Limonero	2.2-2.5	0.20	1.00	2.0	0.25	100	20	30	5	30-100
Naranja	2.4-2.6	0.20	1.00	2.0	0.25	100	20	25	4	30-100
Chirimoyo	2.4-2.8	0.18	1.20	1.5	0.30	50	30	25	5	30-60
Papayo	1.3-2.5	0.20	1.90	1.5	0.50	50	25	20	4	30-60
Palto (aguacate) Hass-Bacon	2.0-2.4	0.20	1.00	1.5	0.30	50	30	25	4	50-100
Palto (aguacate) Fuerte	1.6-2.0	0.20	1.00	1.5	0.30	50	30	30	5	50-100
Nogal	2.5-3.2	0.20	1.20	1.5	0.30	30	30	30	5	50-200
Kiwi	2.2-2.8	0.20	1.80	1.5	0.30	30	30	30	5	40-50
Vid peciolo *	0.8-1.2	0.25	1.50	1.5	0.30	30	30	30	4	-
Vid lámina **	1.8-2.4	0.20	1.20	1.5	0.30	50	30	30	4	40-60
Frambueso	2.8-3.5	0.30	1.50	0.6	0.40	50	80	34	2	46-60
Frutilla	3.0-3.5	0.22	1.00	1.0	0.30	50	30	20	4	35-200
Arándano	1.8-2.2	0.20	0.80	0.4	0.15	60	50	10	4	30-70

\* en plena floración \*\* en punto

PRODUCTO	<b>FOLIARES</b>	CULTIVO:	<b>PALTO</b>
Solicitante		PARCELA :	<b>SEGÚN SE INDICA</b>
Domicilio Legal		Fecha de muestreo	<b>2006- 10- 17</b>
Cantidad recibida	<b>02 muestras de 300 g c/u</b>	Fecha de recepción	<b>2006-10-18</b>
Presentación	<b>Bolsas de papel</b>	Fecha de inicio del ensayo	<b>2006-10-18</b>
Identificado con	<b>060304444(16560)</b>	Fecha de término del ensayo	<b>2006-10-28</b>
		Ensayo realizado en	<b>Laboratorio Ambiental</b>

MUESTRA	MACRO- ELEMENTOS								MICRO-ELEMENTOS					
	N %	P %	K %	Na %	Ca %	Mg %	S %	Cl %	Boro mg/kg	Fierro mg/kg	Cobre mg/kg	Zinc mg/kg	Manganeso mg/kg	Molibdeno mg/kg
lote 3	2.26	0.17	1.74	0.04	1.86	0.44	0.58	1.00	73.50	264.50	9.55	116.95	119.50	<0,50
lote 4	2.35	0.16	1.60	0.05	1.86	0.48	0.58	0.90	87.00	213.50	10.00	103	125.50	<0,50

**Métodos:**

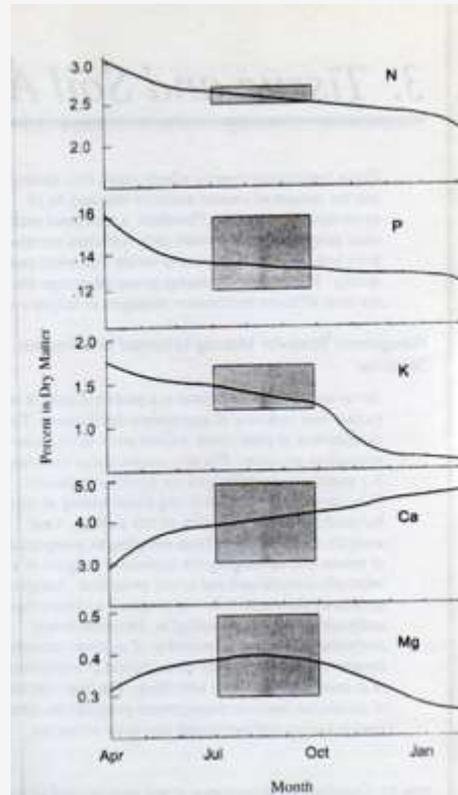
**Nitrógeno:**SMEWW 21 th, Ed.2005 Part 4500-N org-B APHA-AWWA-WE. Nitrogen Organic Macro-Kjeldahl Method

**Cloruros:**AOAC - 935.05,17 th Ed 2000 (2nd Revision 2003). Chloride in Plants. Volumetric Method II.

**Fósforo,Potasio,Calcio,Magnesio, Azufre, Boro, Fierro, Cobre, Zinc, Manganeso y Molibdeno:**EPA- Method 200.7: 1994. Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometric Method for trace Element Analysis of Water and Wastes.

# Modelo de informe de analisis foliar

## Nutrientes en la hoja son dinámicos



- Eso determina SOLO algunos momentos claves para muestreo y comparación.

# AGUA

Calidad de agua.

- Niveles de nutrientes y sales disueltas.
- Niveles tóxicos o deficitarios de todos los elementos.
- El aporte de nutrientes importantes para la nutrición vegetal; con esta información podremos:
  - Decidir la utilización de la fuente de agua.
  - Corregir deficiencias y/o excesos en los niveles de pH y conductividad.
  - Calificar la forma en que se encuentran los nutrientes y sales.

# Calidad de agua: Más parámetros

- Carbonato Sódico residual (CSR) - ( $\text{CO}_3\text{H}$ ;  $\text{CO}_3$ ; Ca; Mg)
- Dureza (Ca; Mg); grados hidrotimétricos franceses
- Coeficiente alcalimétrico (Indice de Scott); (Cl, Na;  $\text{SO}_4$ )
- Boro
- RAS
- RAS ajustado (Na; Ca; Mg)
- pH
- Conductividad eléctrica (C.E.)
- Clasificación Riverside (C.E.; Sar ajustado).
- Clasificación I.v. Wilcox (% Sódico en total cationes).

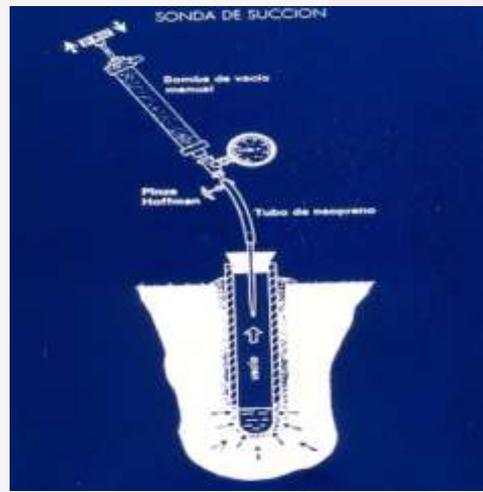
# SOLUCIÓN FERTIRRIEGO

- Composición real de la SFR.
- Los niveles nutrientes disponibles o precipitados.
- Los niveles tóxicos o deficitarios de todos los elementos.
- CONTROL/AUDITORÍA



## SOLUCIÓN DEL SUELO

- Comportamiento de los solutos dentro de la solución
- La forma en que se encuentra, ya sea formando simples o compuestos.
- Los niveles de nutrientes disponibles o precipitados.
- Los niveles tóxicos o deficitarios de todos los elementos.
- Aporte de nutrientes importantes para ese cultivo





**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.**



zona de succión de solución de suelo

**Hay que buscar ENTENDER al Suelo. Medir solo regando!!!!**

## Soluciones Nutritivas (en mmol/L)

### Códigos y SNs

#### **SN 1 Supergenerativa**

**N 4 P 0,3 K 7 Ca 2-3 Mg 1-1,5**

#### **SN 2 Generativa**

**N 5,5 P 0,4 K 5 Ca 2-3 Mg 1-1,5**

#### **SN 3 Media vegetativa**

**N 7 P 0,4 K 4 Ca 2,5-3,5 Mg 1,2-1,7**

#### **SN 4 Vegetativa**

**N 8,5 P 0,5 K 3 Ca 2-3 Mg 1-1,5**

#### **SN 5 Supervegetativa**

**N 10 P 0,5 K 2 Ca 2-3 Mg 1-1,5**

## Relación SFR vs Sol. Suelo

Parámetro	SN (mM)	Valor esperado (mM)	Observaciones
CE	1,5	1,7-2,7	Depende de calidad de agua de riego, como referencia f = 1,5 como factor de incremento respecto a la entrada. Depende mucho también de la especie considerada.
pH	6	?	Depende de tipo de suelo.
Nitratos NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8	4-8	Depende de la sintomatología de la planta. Balance vegetativo / generativo. En K atención tipo de arcillas
Potasio K <sup>+</sup>	3	1-2	
Amonio NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5	0	Absorción rápida. Su presencia importante puede ser indicativo de situaciones de anoxia (asfixia radicular)
Fósforo H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,6	0,1-0,4	Absorción rápida. Niveles solubles bajos.
Calcio Ca <sup>+2</sup>	3	4-7	Absorción lenta. Interesa una relación Ca/Mg correcta (2 aprox.)
Magnesio Mg <sup>+2</sup>	1,5	2,5-4	Absorción lenta.
Azufre SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	2	3-5	Absorción lenta. La elevación por encima de ese rango no es tóxica hasta alcanzar niveles muy altos.
Sodio Na <sup>+</sup> Cloruros Cl <sup>-</sup>	2	3-6	Interesa el nivel lo más bajo posible. Depende de la sensibilidad de la especie.
Micros	-	-	B: Absorción lenta. Depende de la sensibilidad de la especie. Mn: Absorción rápida. Micronutrientes metálicos: Niveles solubles bajos

# Análisis completo solución fertirriego y solución suelo

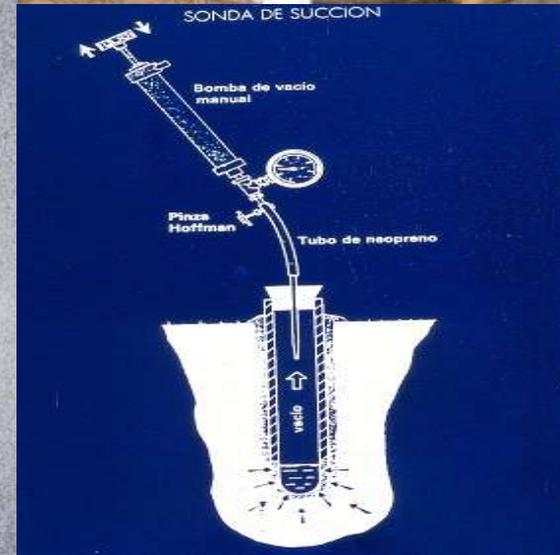
Soluciones Acuosas		Fecha de Muestreo:		23-ago-2012													
Descripción	Recepción	pH	E.C. mS/cm 25°C	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (meq/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (meq/l)	Ca <sup>++</sup> (meq/l)	Mg <sup>++</sup> (meq/l)	Na <sup>+</sup> (meq/l)	K <sup>+</sup> (meq/l)	B (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)
SFR	24-ago-2012	6,27	1,79	19,2	7,52	4,75	2,50	<0,28	4,98	2,97	8,05	0,51	0,20	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
SONDA 20 cm	24-ago-2012	8,35	3,62	4,5	16,4	9,07	2,23	<0,28	16,8	6,18	14,8	0,86	0,42	<0,05	<0,05	0,17	0,15
SONDA 40 cm	24-ago-2012	8,20	4,27	<2,92	19,6	11,6	1,94	<0,28	14,6	5,39	26,9	0,59	0,54	<0,05	<0,05	0,10	0,15
SONDA 60 cm	24-ago-2012	7,89	4,69	<2,92	21,8	12,1	5,17	<0,28	16,7	6,08	27,6	0,79	0,64	<0,05	<0,05	0,18	1,20
			x 2.3		x 2.6		51%				x 2.9	49%					

Soluciones Acuosas		Fecha de Muestreo:		18-sep-2012													
Descripción	Recepción	pH	E.C. mS/cm 25°C	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (meq/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (meq/l)	Ca <sup>++</sup> (meq/l)	Mg <sup>++</sup> (meq/l)	Na <sup>+</sup> (meq/l)	K <sup>+</sup> (meq/l)	B (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)
SFR	24-sep-2012	8,22	1,86	4,6	9,71	5,46	0,91	<0,28	5,30	3,43	9,43	0,24	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05
SONDA 20 cm	24-sep-2012	8,33	3,98	4,3	16,8	11,6	4,73	<0,28	17,4	6,28	17,6	0,70	<0,05	<0,05	<0,05	0,18	0,62
SONDA 40 cm	24-sep-2012	8,45	4,40	<2,92	21,3	11,9	4,18	<0,28	15,3	5,62	24,4	0,48	0,11	<0,05	<0,05	0,08	0,16
SONDA 60 cm	24-sep-2012	8,44	4,07	3,1	19,3	11,3	2,81	1,96	11,2	4,53	24,4	0,59	0,22	<0,05	<0,05	0,16	2,25
			x 2.2		x 2		-154%				x 2.3	-5%					

**Son parámetros relacionados más directamente a como se fertirriega SFR se debe comparar con plan teórico, y considerar agua**

# Implementar Control Propio

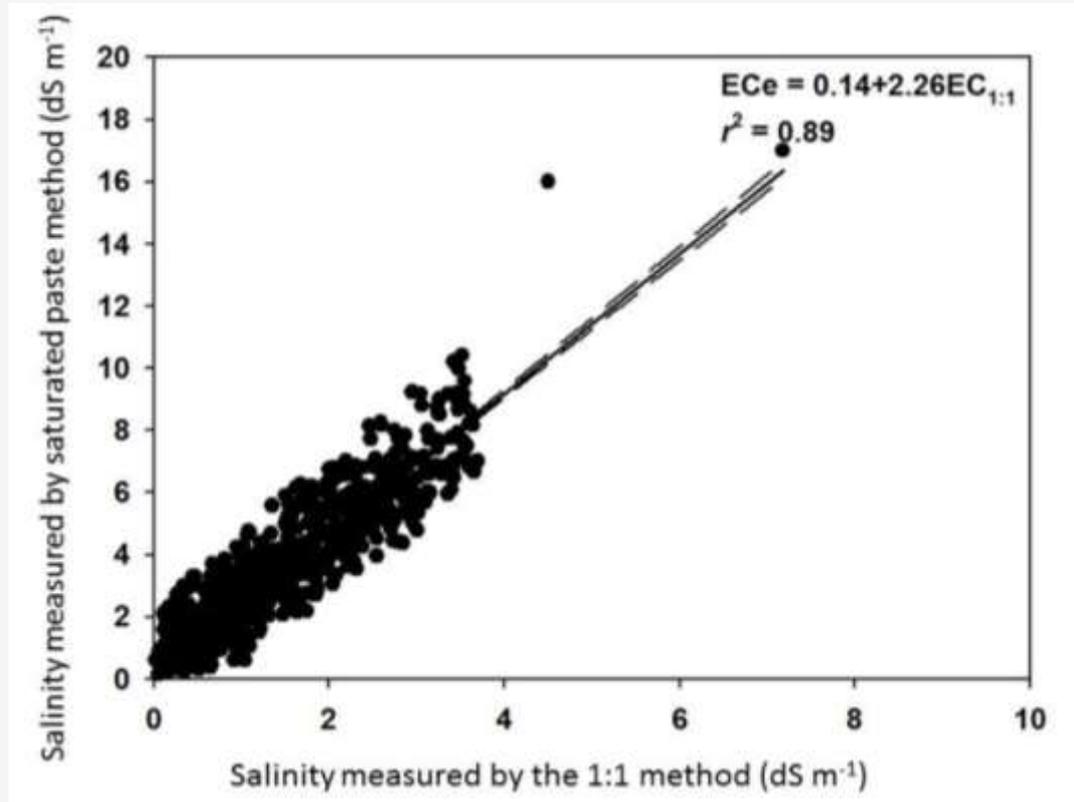


Valores de C.E. dilución 1:2 (volumen de suelo/agua)

Dilución 1:2		C.E.e.	
<	0,15	<	0,4
0,15	0,5	0,4	1,2
0,5	1	1,2	2,4
1	1,5	2,4	3,8
1,5	2	3,8	5,5
2	2,5	5,5	7,9
>	2,5	>	7,9

**Cuan real es para nosotros???**

# Método 1:1



**Valor CE multiplicado x 2.26 = Valor CE Pasta de Saturación**

# Puntos de control

- Ubicación equipo Fullstop, a 30 y 60 cm profundidad
- Muestra solución suelo homogénea siempre (a 3 Kpa)

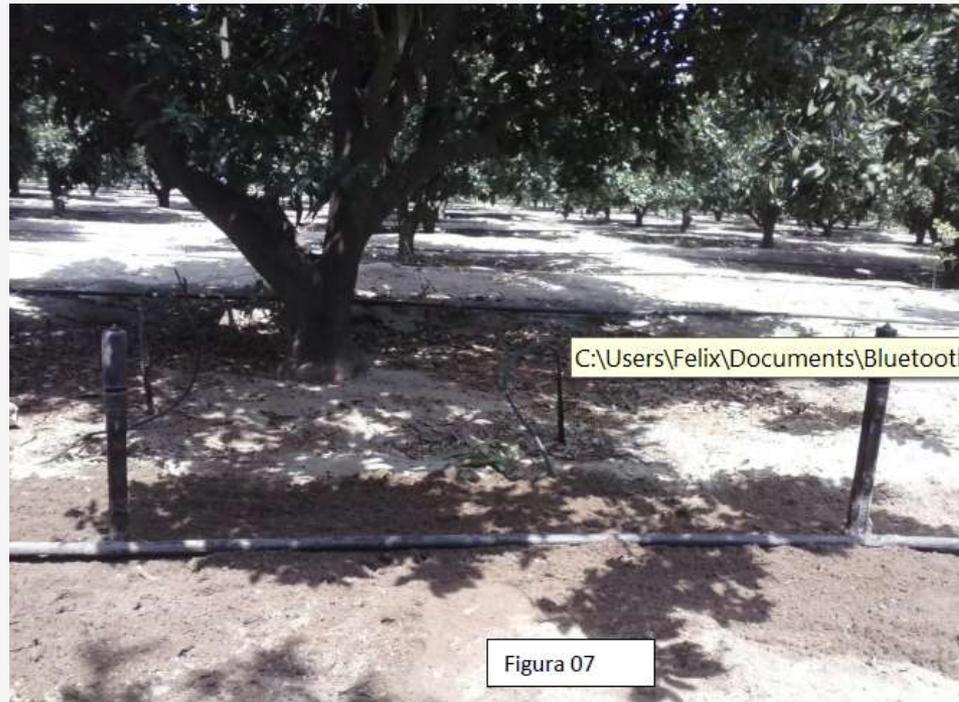
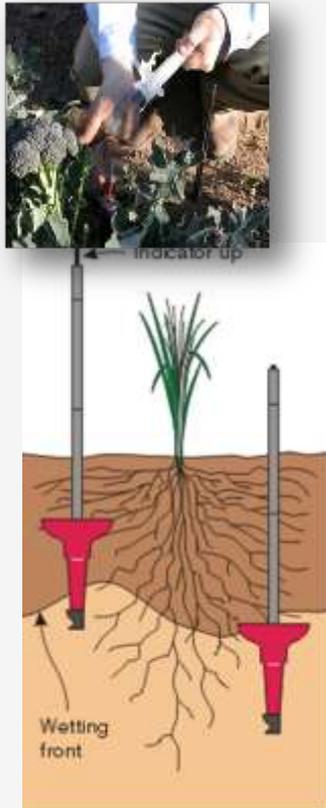
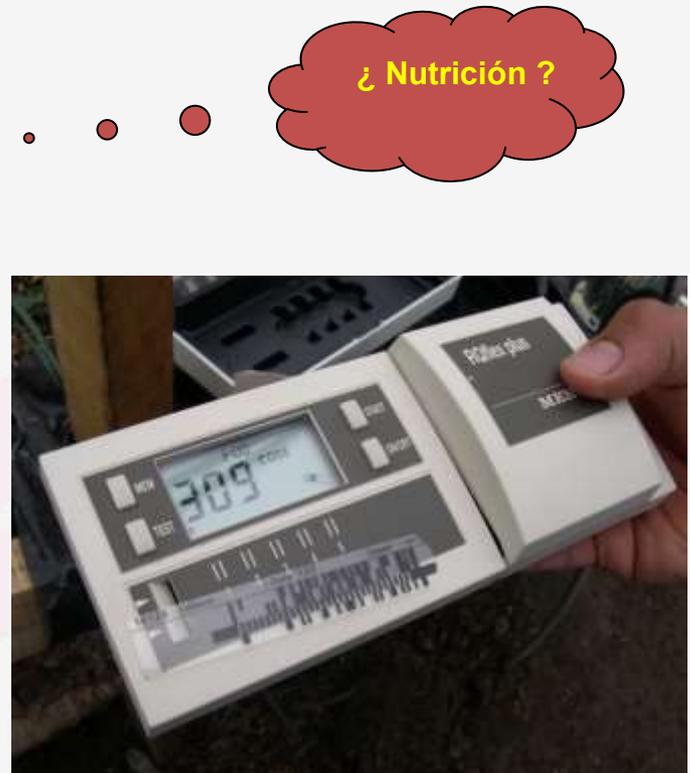


Figura 07

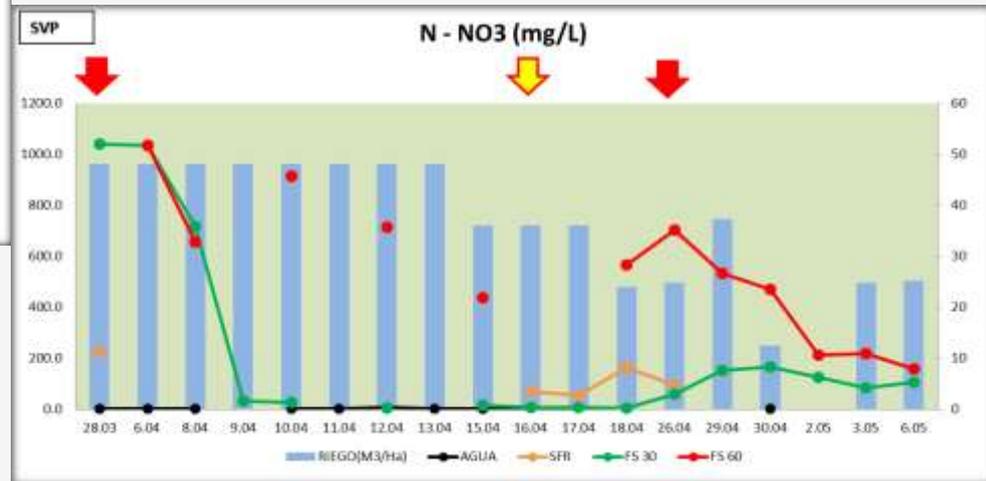
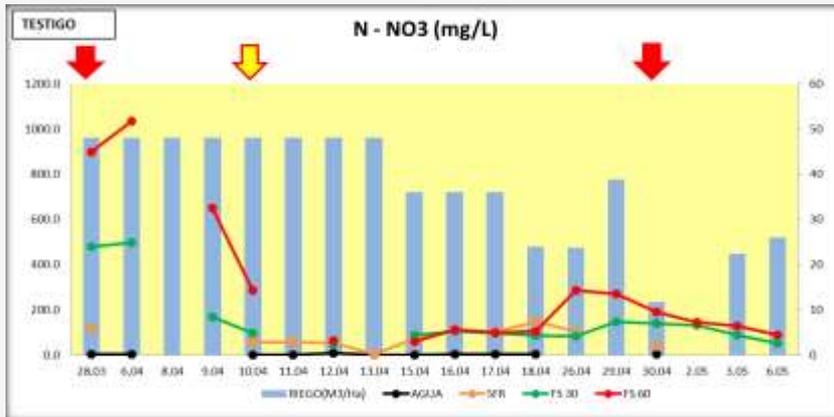


# Monitorización del Cultivo Conocer Elementos in Situ

- **Monitoreo nutricional** en bulbo de riego a través de muestras de solución de suelo medible en equipo RQ-Flex y LAQUA Nitrato



## Ejemplo N-NO<sub>3</sub> (mg/L)



- Exceso N en determinado momento
- Aporte M.O. tiene efectos ¿?
- Patrón similar a la salinidad
- Más a 60 cm.!!!!.....LIXIVIACIÓN!!

# Nitrate & Nitrite



# Phosphat(e)

3-100 mg/l PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

Fosfato  
Fosfaat

Verwendbar bis:  
Exp:

Ch./Lot:

1.1.2005

320317

MACHERY-NAGEL

Postfach 101352 · D-50152 Düren · Tel. (02421) 969-0



# Quantofix

## Kalium/Potassium

200 - 1500 mg/l K<sup>+</sup>

EXP. 1.1.2005

Lot 316547

Quantofix

Color chart for Potassium concentration in mg/l:

0	200	400	700	1000	1500
---	-----	-----	-----	------	------

Lot 316547



# Quantofix

## Calcium

10-100 mg/l Ca<sup>2+</sup>

EXP. 07.2008

Lot 24602

MACHERY-NAGEL

Postfach 101352 · D-50152 Düren · Tel. (02421) 969-0



## U v a s

<b>CE</b> mS/cm	<b>pH</b>	<b>Cl<sup>-</sup></b> (ppm)	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> (ppm)	<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b> (ppm)	<b>K<sup>+</sup></b> (ppm)	<b>Ca<sup>++</sup></b> (ppm)
<b>1,0 – 3,0</b>	<b>5,7 – 7,5</b>	<b>&lt; 300</b>	<b>150 - 300</b>	<b>25 - 50</b>	<b>200 - 600</b>	<b>80 - 200</b>

[www.fertirrigar.com](http://www.fertirrigar.com)

## M a n g o

<b>CE</b> mS/cm	<b>pH</b>	<b>Cl<sup>-</sup></b> (ppm)	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> (ppm)	<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b> (ppm)	<b>K<sup>+</sup></b> (ppm)	<b>Ca<sup>++</sup></b> (ppm)
<b>1,0 – 2,5</b>	<b>5,7 – 7,5</b>	<b>&lt; 200</b>	<b>100 - 300</b>	<b>25 - 50</b>	<b>100 - 500</b>	<b>50 - 150</b>

Cultivo	CE mS/cm	pH	Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Ca <sup>++</sup> (ppm)	Mg <sup>++</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)
Mango	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	100 - 500	50 - 150	25 - 75	60 - 100

Para Suelos Francos, zona lluvia

# Análisis savia

**Table 1: Reference Nutrient Levels for Petiole Sap in Strawberry Cultivation**

Days after sowing	NO <sub>3</sub> -N	P	K
	ppm		
30	500 – 700	150 – 350	4000 – 5000
60	550 – 750	150 – 350	4000 – 4500
90	400 – 600	150 – 350	4000 – 5000
110	500 – 300	150 – 350	4000 – 5000

Source: Carlos Cadahia, Ediciones Mundi-Prensa. La Savia como índice de fertilización, 2008, page 246



## Conclusiones

- Volumen y Frecuencia riego = esencial (medir)
- OK el pH ácido, pero siempre hay “depende”
- Las sales “secuestran” el agua (desgaste)
- Es necesario medir muy seguido?...No. Y todos los nutrientes?...No.
- Buscar tendencias; no valores específicos.
- Implementar modelos propios de medición en práctica en campo.

## Enlaces de interés

- <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- [www.kno3.org](http://www.kno3.org)
- [www.ipni.net](http://www.ipni.net)
- <https://cienciacebas.wordpress.com/2013/09/12/nutricion-mineral-en-plantas-i/>
- <https://www.fertinnowa.com/>
- [https://www.haifa-group.com/sites/default/files/ifa\\_fertigation-Kafkafi-511.pdf](https://www.haifa-group.com/sites/default/files/ifa_fertigation-Kafkafi-511.pdf)



**Gracias por su  
atención!!!!!!**



+51 952177412

[victor@qaway.pe](mailto:victor@qaway.pe)

