



La disolución de fertirrigación. Fundamentos y técnicas de manejo

Miguel Urrestarazu Gavilán
mgavilan@ual.es



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA



JORNADA - FERTIRRIGACIÓN, AGUAS REGENERADAS
15 y 16 de Junio 2022

Basado en:

1995-1997 2004 2015



...

NO SÓLO LA GOTA. ... SINO LO QUE LLEVA LA GOTA

PROFESORES DE HIDRÁULICA PROFESORES DE FERTIRRIGACIÓN



2

ÍNDICE **CLÁSICO** DE HIDRÁULICA O RIEGO

- INTRODUCCIÓN:
- SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO
 - HISTORIA Y DESCRIPCIÓN GENERAL
 - COMPONENTES DEL SISTEMA
- DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA
 - Balsa
 - CABEZAL
 - SISTEMA DE BOMBEO
 - EQUIPOS DE FILTRACIÓN
 - EQUIPOS DE FERTIRRIGACIÓN
 - RED DE DISTRIBUCIÓN
 - EMISORES
 - TUBERÍA
- PRÁCTICA DE DISEÑO DE RIEGO LOCALIZADO
 - DISEÑO HIDRÁULICO DE UNIDADES DE RIEGO
 - DISEÑO RED DISTRIBUCIÓN



3

ÍNDICE **CLÁSICO** DE HIDRÁULICA O RIEGO

- INTRODUCCIÓN:
- SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO
 - HISTORIA Y DESCRIPCIÓN GENERAL
 - COMPONENTES DEL SISTEMA
- DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA
 - Balsa
 - CABEZAL
 - SISTEMA DE BOMBEO
 - EQUIPOS DE FILTRACIÓN
 - EQUIPOS DE **FERTIRRIGACIÓN**
 - RED DE DISTRIBUCIÓN
 - EMISORES
 - TUBERÍA
- PRÁCTICA DE DISEÑO DE RIEGO LOCALIZADO
 - DISEÑO HIDRÁULICO DE UNIDADES DE RIEGO
 - DISEÑO RED DISTRIBUCIÓN



4

¿Con qué regar?

La disolución nutritiva

¿Cuándo y cuánto fertirregar?

Método de fertirrigación

¿Para qué fertirregar?

Objetivos de fertirriego

Una unidad de cultivo es fácil
pero ¿cómo regar 100. 1000.
10000 ... ?

Infraestructura de fertirrigación



CONCEPTOS ASOCIADOS

5

Introducción

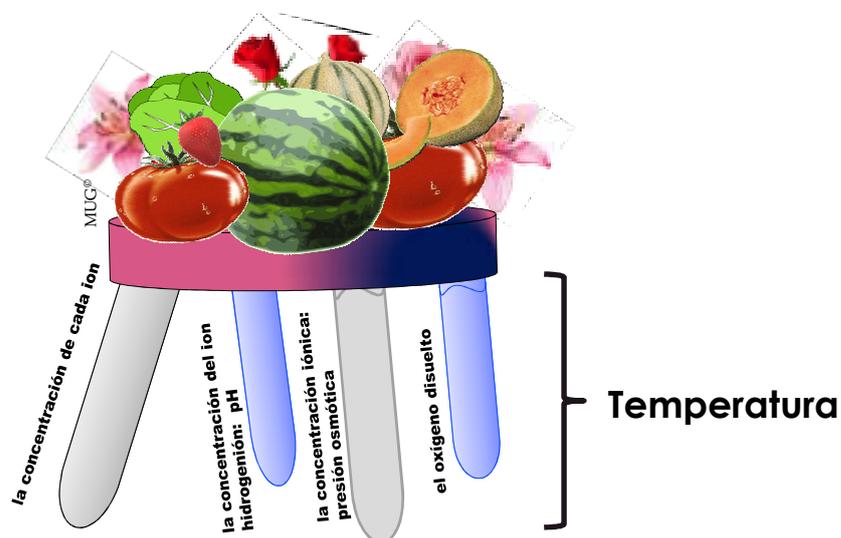
Steiner 1960s (Steiner, 1961):

1. la concentración de **cada ion**
2. el **pH** de la disolución
3. la **concentración iónica (total)**



6

¿factores a considerar de los que depende la **eficiencia** y **eficacia** de la **solución nutritiva** en la producción?



7

Elemento	Pa	Forma iónica (de absorción)	Pm mol	v	Pe e	Formulación de la sal o fertilizante	Nombre del fertilizante	Pm mol	v	Pe e				
N	14	NH ₄ ⁺	18	1	18	HNO ₃	Ácido nítrico	63	1	63				
						NO ₃ ⁻	62	1	62	NH ₄ NO ₃	Amonio Nitrato	80	1	80
										(NH ₄) ₂ SO ₄	Amonio Sulfato	132	2	66
										Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	Calcio Nitrato 4-hidrato	236	2	118
										Ca(NO ₃) ₂ H ₂ O	Calcio Nitrato 1-hidrato	182	2	91
KNO ₃	Potasio Nitrato	101	1	101										
P	31	H ₂ PO ₄ ⁻	97	1**	97	H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico	98	1	98				
						NH ₄ H ₂ PO ₄	Amonio di-hidrogeno Fosfato	115	1	115				
						KH ₂ PO ₄	Potasio di-hidrogeno Fosfato	136	1	136				
K	39	K ⁺	39	1	39	KNO ₃	Potasio Nitrato	101	1	101				
						KH ₂ PO ₄	Potasio di-hidrogeno Fosfato	136	1	136				
						K ₂ SO ₄	Potasio Sulfato	174	2	87				

* Abajo se recogen algunos de los fertilizantes mas utilizados y recomendados, sin embargo por su disponibilidad pueden encontrarse otros en determinadas regiones ver tabla A. 10 del apéndice

** Para el intervalo de pH en el que se debe mover la disolución nutritiva (ver apartado 7.4).

8

Elemento	Pa	Forma iónica	Pm mol	v	Pe e	Formulación de la sal o fertilizante	Nombre	Pm mol	v	Pe e
 Ca	40	Ca ²⁺	40	2	20	Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	Calcio Nitrato 4-hidrato	236	2	118
 Mg	24	Mg ²⁺	24	2	12	MgSO ₄ 7H ₂ O	Magnesio Sulfato 7-hidrato	246	2	123
 S	32	SO ₄ ²⁻	96	2	48	Mg(NO ₃) ₂ 6H ₂ O	Magnesio Nitrato 6-hidrato	256	2	128
 S	32	SO ₄ ²⁻	96	2	48	K ₂ SO ₄	Potasio Sulfato	174	2	87
 S	32	SO ₄ ²⁻	96	2	48	MgSO ₄ 7H ₂ O	Magnesio Sulfato 7-hidrato	246	2	123
 S	32	SO ₄ ²⁻	96	2	48	(NH ₄) ₂ SO ₄	Amonio Sulfato	132	2	66
 Cl	35.5	Cl ⁻	35.5	1	35.5					
 Na	23	Na ⁺	23	1	23					
 C	12	CO ₃ ²⁻ HCO ₃ ⁻	60 61							
 Si	28.08	SiO ₄ ^{4-†}	92			K ₂ SiO ₃ / K ₂ Si ₂ O ₅	Ej. Metasilicato potásico/ Disilicato potásico			

†Abajo se recogen algunos de los fertilizantes más utilizados y recomendados, sin embargo por su disponibilidad pueden encontrarse otros en determinadas regiones ver tabla A.10 del apéndice
*Para el intervalo de pH en el que se debe mover la disolución nutritiva (ver apartado 7.4).
†Marshner (2012), 3ª Ed. Mineral Nutrition of High Plants.

9

Elemento	Pa	Forma iónica (de absorción)	Pm mol	v	Pe e	Formulación de la sal o fertilizante	Nombre del fertilizante	Pm mol	v	Pe e
 N	14	NH ₄ ⁺	18	1	18	HNO ₃	Ácido nítrico	63	1	63
 N	14	NO ₃ ⁻	62	1	62	NH ₄ NO ₃	Amonio Nitrato	80	1	80
 N	14	NO ₃ ⁻	62	1	62	(NH ₄) ₂ SO ₄	Amonio Sulfato	132	2	66
 N	14	NO ₃ ⁻	62	1	62	Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	Calcio Nitrato 4-hidrato	236	2	118
 N	14	NO ₃ ⁻	62	1	62	Ca(NO ₃) ₂ H ₂ O	Calcio Nitrato 1-hidrato	182	2	91
 N	14	NO ₃ ⁻	62	1	62	KNO ₃	Potasio Nitrato	101	1	101
 P	31	H ₂ PO ₄ ⁻	97	1**	97	H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico	98	1	98
 P	31	H ₂ PO ₄ ⁻	97	1	97	NH ₄ H ₂ PO ₄	Amonio di-hidrogeno Fosfato	115	1	115
 P	31	H ₂ PO ₄ ⁻	97	1	97	KH ₂ PO ₄	Potasio di-hidrogeno Fosfato	136	1	136
 K	39	K ⁺	39	1	39	KNO ₃	Potasio Nitrato	101	1	101
 K	39	K ⁺	39	1	39	KH ₂ PO ₄	Potasio di-hidrogeno Fosfato	136	1	136
 K	39	K ⁺	39	1	39	K ₂ SO ₄	Potasio Sulfato	174	2	87

Elemento	Pa	Forma iónica	Pm mol	v	Pe e	Formulación de la sal o fertilizante	Nombre	Pm mol	v	Pe e
Ca	40	Ca ²⁺	40	2	20	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	Calcio Nitrato 4-hidrato	236	2	118
Mg	24	Mg ²⁺	24	2	12	MgSO ₄ ·7H ₂ O	Magnesio Sulfato 7-hidrato	246	2	123
						Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	Magnesio Nitrato 6-hidrato	256	2	128
S	32	SO ₄ ²⁻	96	2	48	K ₂ SO ₄	Potasio Sulfato	174	2	87
						MgSO ₄ ·7H ₂ O	Magnesio Sulfato 7-hidrato	246	2	123
						(NH ₄) ₂ SO ₄	Amonio Sulfato	132	2	66
Cl	35.5	Cl ⁻	35.5	1	35.5					
Na	23	Na ⁺	23	1	23					
C	12	CO ₃ ²⁻ HCO ₃ ⁻	60 61							
Si	28.08	SiO ₄ ⁴⁻	92			K ₂ SiO ₃ / K ₂ Si ₂ O ₅	Ej. Metasilicato potásico/ Disilicato potásico			

*Abajo se recogen algunos de los fertilizantes más utilizados y recomendados, sin embargo por su disponibilidad pueden encontrarse otros en determinadas regiones ver tabla A.10 del apéndice
 **Para el intervalo de pH en el que se debe mover la disolución nutritiva (ver apartado 7.4).
 *Marchner (2012), 3ª Ed. Mineral Nutrition of High Plants

11

Efecto de la temperatura sobre la solubilidad de los fertilizantes

Fertilizante / Temperatura °C	Solubilidad g L ⁻¹					
	5	10	20	25	30	40
Nitrato de potasio	133	170	209	316	370	458
Nitrato de amonio	1183	1510	1920	.	.	.
Sulfato de amonio	710	730	750	.	.	.
Nitrato de calcio	1020	1130	1290	.	.	.
Nitrato de magnesio	680	690	710	720	.	.
Fosfato de monoamonio (MAP)	250	295	374	410	464	567
Fosfato de monopotasio (MKP)	110	180	230	250	300	340
Cloruro de potasio	229	238	255	264	275	.
Sulfato de potasio	80	90	111	120	.	.
Urea	780	850	1060	1200	.	.

fuente: Smart Fertilizer Management. <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/fertilizer-solubility>

Efecto de la temperatura sobre la solubilidad de los fertilizantes

Fertilizante / Temperatura °C	Solubilidad g L ⁻¹					
	5	10	20	25	30	40
Nitrato de potasio	133	170	209	316	370	458
Nitrato de amonio	1183	1510	1920	.	.	.
Sulfato de amonio	710	730	750	.	.	.
Nitrato de calcio	1020	1130	1290	.	.	.
Nitrato de magnesio	680	690	710	720	.	.
Fosfato de monoamonio (MAP)	250	295	374	410	464	567
Fosfato de monopotasio (MKP)	110	180	230	250	300	340
Cloruro de potasio	229	238	255	264	275	.
Sulfato de potasio	80	90	111	120	.	.
Urea	780	850	1060	1200	.	.



fuente: Smart Fertilizer Management. <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/fertilizer-solubility>

Efecto de la temperatura sobre la solubilidad de los fertilizantes

Fertilizante / Temperatura °C	Solubilidad g L ⁻¹					
	5	10	20	25	30	40
Nitrato de potasio	133	170	209	316	370	458
Nitrato de amonio	1183	1510	1920	.	.	.
Sulfato de amonio	710	730	750	.	.	.
Nitrato de calcio	1020	1130	1290	.	.	.
Nitrato de magnesio	680	690	710	720	.	.
Fosfato de monoamonio (MAP)	250	295	374	410	464	567
Fosfato de monopotasio (MKP)	110	180	230	250	300	340
Cloruro de potasio	229	238	255	264	275	.
Sulfato de potasio	80	90	111	120	.	.
Urea	780	850	1060	1200	.	.

30 %



fuente: Smart Fertilizer Management. <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/fertilizer-solubility>

Efecto de la **temperatura** sobre la solubilidad de los fertilizantes

Fertilizante / Temperatura °C	Solubilidad g L ⁻¹					
	5	10	20	25	30	40
Nitrato de potasio	133	170	209	316	370	458
Nitrato de amonio	1183	1510	1920	.	.	.
Sulfato de amonio	710	730	750	.	.	.
Nitrato de calcio	1020	1130	1290	.	.	.
Nitrato de magnesio	680	690	710	720	.	.
Fosfato de monoamonio (MAP)	250	295	374	410	464	567
Fosfato de monopotasio (MKP)	110	150	200	260	330	410
Cloruro de potasio	229	238	255	264	275	.
Sulfato de potasio	80	90	111	120	.	.
Urea	780	850	1060	1200	.	.

45 %

Fuente: Smart Fertilizer Management. <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/fertilizer-solubility>

Si la solubilidad de los fertilizante en el agua : parece tal alta ¿Por qué hay tantos problemas de obturación o incrustaciones por las precipitaciones?



Jaboticabal (Brasil)

16

Si la solubilidad de los fertilizante en el agua: parece tal alta ¿Por qué hay tantos problemas de obturación o incrustaciones por las precipitaciones?



Precipitado en los tanques de soluciones madres concentradas



Si la solubilidad de los fertilizante en el agua ¿Por qué hay tantos problemas de obturación o incrustaciones?



Incrustaciones en el exterior e interior de las tuberías portagoteros en sistemas convencionales o ecológicos (abajo)

Incrustaciones en el exterior e interior de los goteros

Incrustaciones en el interior de un microtubo

Incrustaciones sobre la parte laberíntica de una piqueta



Efectos de ácido peracético sobre el precipitado e incrustación de sales



... disolver o no disolver
 ... precipitar o no precipitar
 ... suspender o decantar

Ser o no ser 



Solubilidad de los fertilizantes, su concentración y sus mezclas

Precipitación de los fertilizantes, su concentración y sus mezclas

Solución: 1. Manejo adecuado 2. Infraestructura adecuada

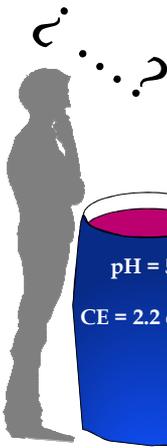


19

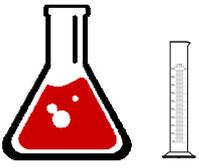
EL CASO MÁS SIMPLE

La disolución nutritiva con una balsa auxiliar

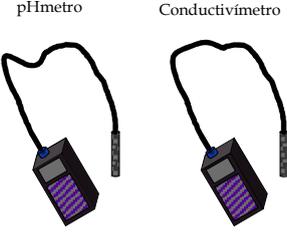
¿... por qué existen los precipitados en tuberías y goteros?
 ... haciendo una solución universal estándar



pH = 5.8
CE = 2.2 dSm⁻¹



Macronutrientes



pHmetro Conductívimetro



Micronutrientes



Fertilizantes



20

EL CASO MÁS SIMPLE

La disolución nutritiva con una balsa auxiliar

... haciendo una solución universal estándar



Trujillo (Perú), Vivero de Arándano. MUG®

[Ir a video](#)

21

EL CASO MÁS SIMPLE

La disolución nutritiva con una balsa auxiliar



Posibles formas de suministrar la disolución en el gotero desde el cabezal de riego

22

Análisis de los productos comerciales de aficionados de quelatos



El Fertilizante Universal es un complejo nutritivo para una asimilación y rápida respuesta. Form...

1220 g e
Masa neta / Massa líquida:
= 1L

ABONO CE. Solución de abono NPK 7+5+6 con micronutrientes. 7% Nitrógeno (N) total: 2,9% Nitrógeno (N) nítrico, 2,7% Nitrógeno (N) amoniacal, 1,4% Nitrógeno (N) ureico. 5% Pentóxido de fósforo (P₂O₅) soluble en agua. 6% Óxido de potasio (K₂O) soluble en agua. **Micronutrientes solubles en agua:** 0,01% Boro (B); 0,002% Cobre (Cu) quelado por EDTA; 0,02% Hierro (Fe) quelado por EDTA; 0,01% Manganeseo (Mn) quelado por EDTA; 0,001% Molibdeno (Mo); 0,002% Zinc (Zn) quelado por EDTA. Intervalo de pH en el que se garantiza una buena estabilidad de la fracción quelada: pH ≤ 6,5. **Evitar la exposición directa al sol.** Mantener fuera del alcance de los niños. No comer, beber ni fumar durante su utilización. Conservar en un lugar fresco y seco. Evitar el contacto con el agua. Evitar el contacto con la ropa. Evitar el contacto con la piel. Evitar el contacto con los ojos. Evitar el contacto con las superficies de trabajo. Evitar el contacto con los animales. Evitar el contacto con los niños. Evitar el contacto con las plantas. Evitar el contacto con los alimentos. Evitar el contacto con los utensilios de cocina. Evitar el contacto con los recipientes de almacenamiento. Evitar el contacto con los recipientes de transporte. Evitar el contacto con los recipientes de distribución. Evitar el contacto con los recipientes de venta. Evitar el contacto con los recipientes de exhibición. Evitar el contacto con los recipientes de almacenamiento. Evitar el contacto con los recipientes de transporte. Evitar el contacto con los recipientes de distribución. Evitar el contacto con los recipientes de venta. Evitar el contacto con los recipientes de exhibición.

Distribuido por: COMPO Iberia, S.A. Joan Miró, 39-47, 08005 Barcelona

Composición: Abono CE. Solución de abono NPK 7+5+6 con micronutrientes. 0,80% P/P de Nitrógeno (N) nítrico; 0,2% p/p de Nitrógeno (N) amoniacal; 4,0% p/p de Nitrógeno (N) ureico; 5% p/p de Pentóxido de Fósforo (P₂O₅) soluble en agua; 6% p/p de Óxido de Potasio (K₂O) soluble en agua; Micronutrientes.



Otra forma de nutrir a las plantas: filosofía

¿cómo "comen" las plantas?



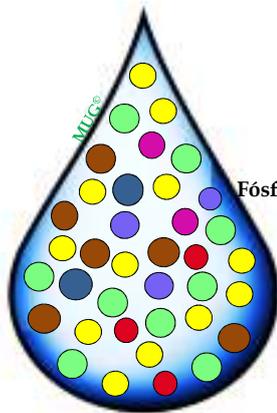
¿cómo comeré?
¿qué me gusta mas?
¿qué comeré mas?



"cada gota su equilibrio"



Otra forma de nutrir a las plantas: filosofía: "cada gota con su equilibrio completo"



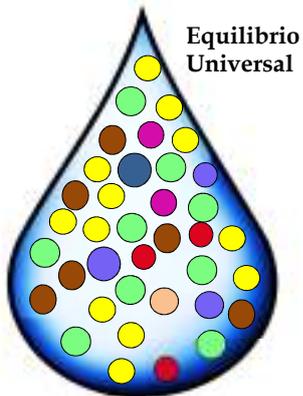
Nº aproximado
proporcional

Nitrógeno (N): ion Nitrate: NO_3^-		10-12
ion Amonio: NH_4^+		0-3
Fósforo (P): como ion Fosfato: H_2PO_4^- y/o HPO_4^{2-}		1-2
Potasio (K): ion potasio: K^+		4-8
Calcio (Ca): como ion bivalente Calcio: Ca^{2+}		4-6
Magnesio (Mg): Magnesio como ion Mg^{2+}		1.5-2.5
Azufre (S): como Sulfato: SO_4^{2-}		1.5-2.5

Hacer lo mismo con los micronutrientes



25

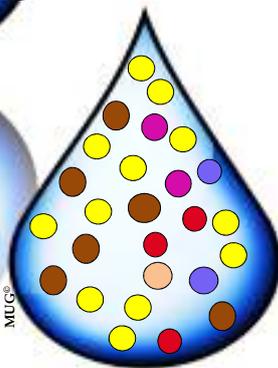


Solución
nutritiva
diluida

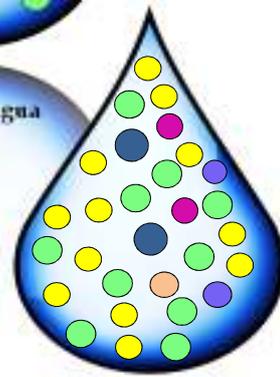
NO_3^-	
NH_4^+	
H_2PO_4^-	
K^+	
Ca^{2+}	
Mg^{2+}	
SO_4^{2-}	



Solución
nutritiva
mal calculada



- Solución nutritiva con en agua salina
- Suelo arcillosos-margoso cálcicos-magnésicos



26

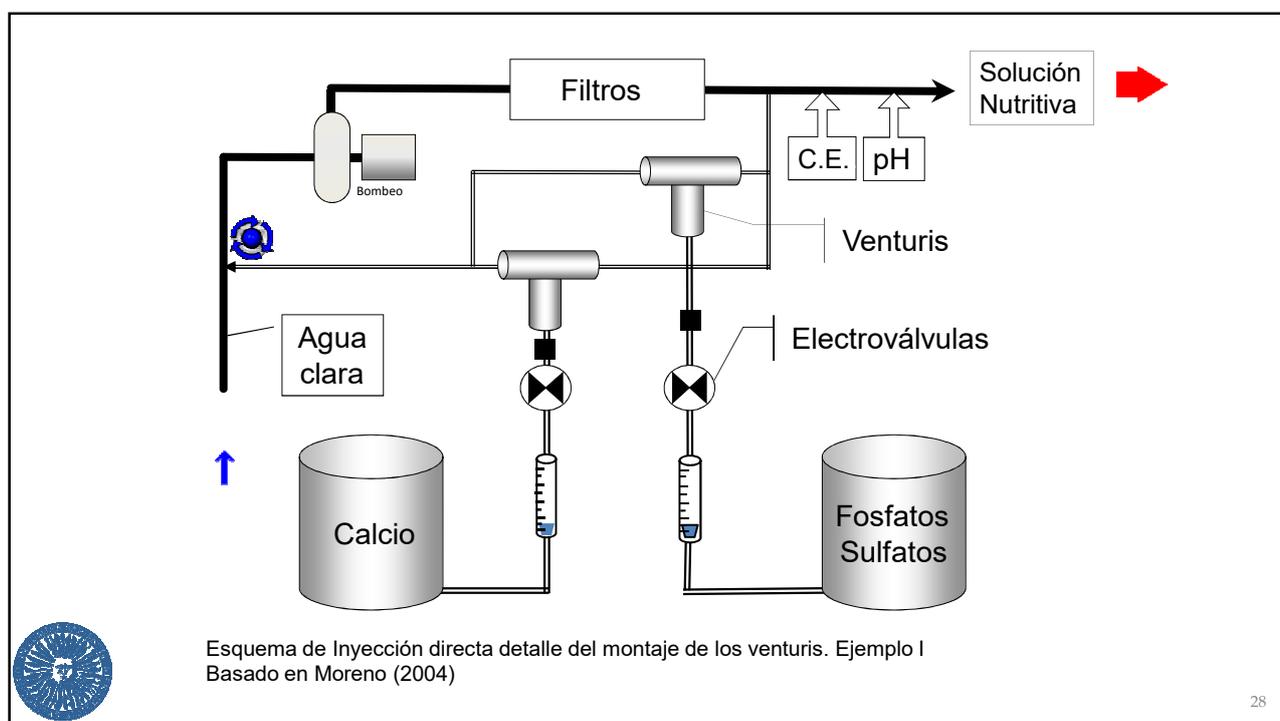
¿Entonces que es cada gota su equilibrio?

Significa fabricar la mejor solución nutritiva gota a gota considerando:

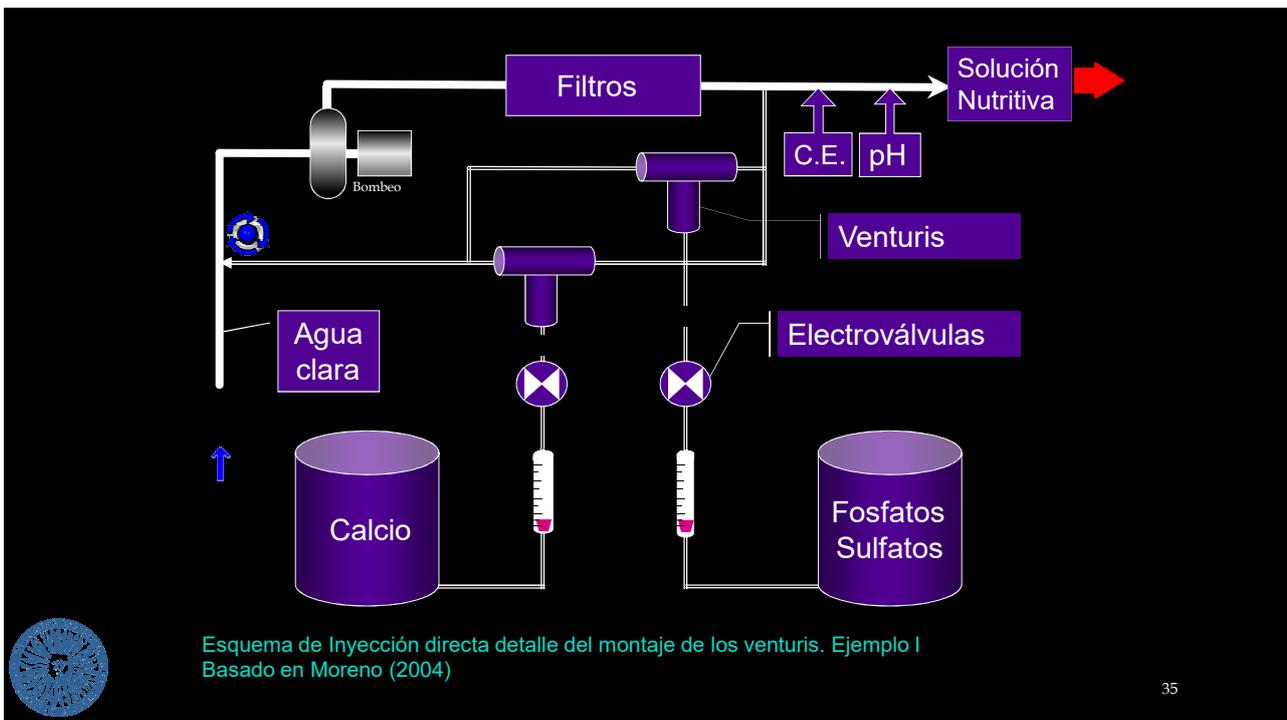
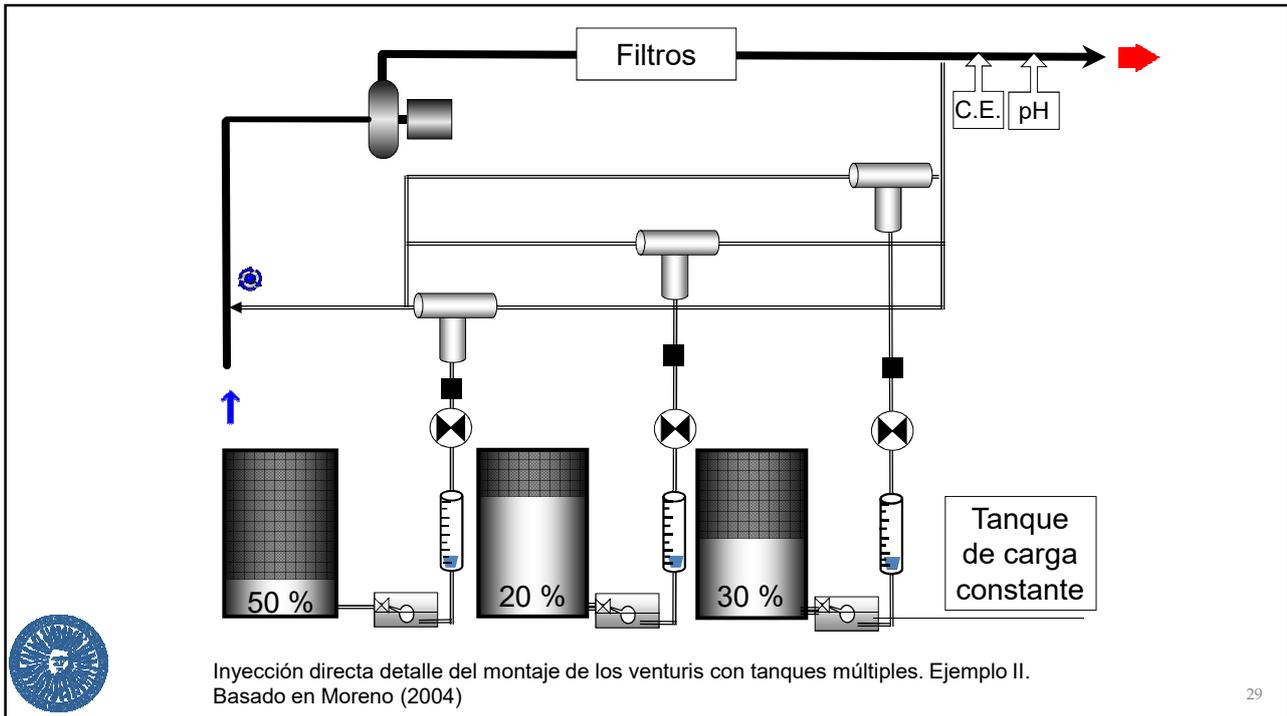
- ❑ Rizosfera en **ese momento**
- ❑ Objetivos del fertirriego en **ese momento** para el cultivo específico y estadio del cultivo

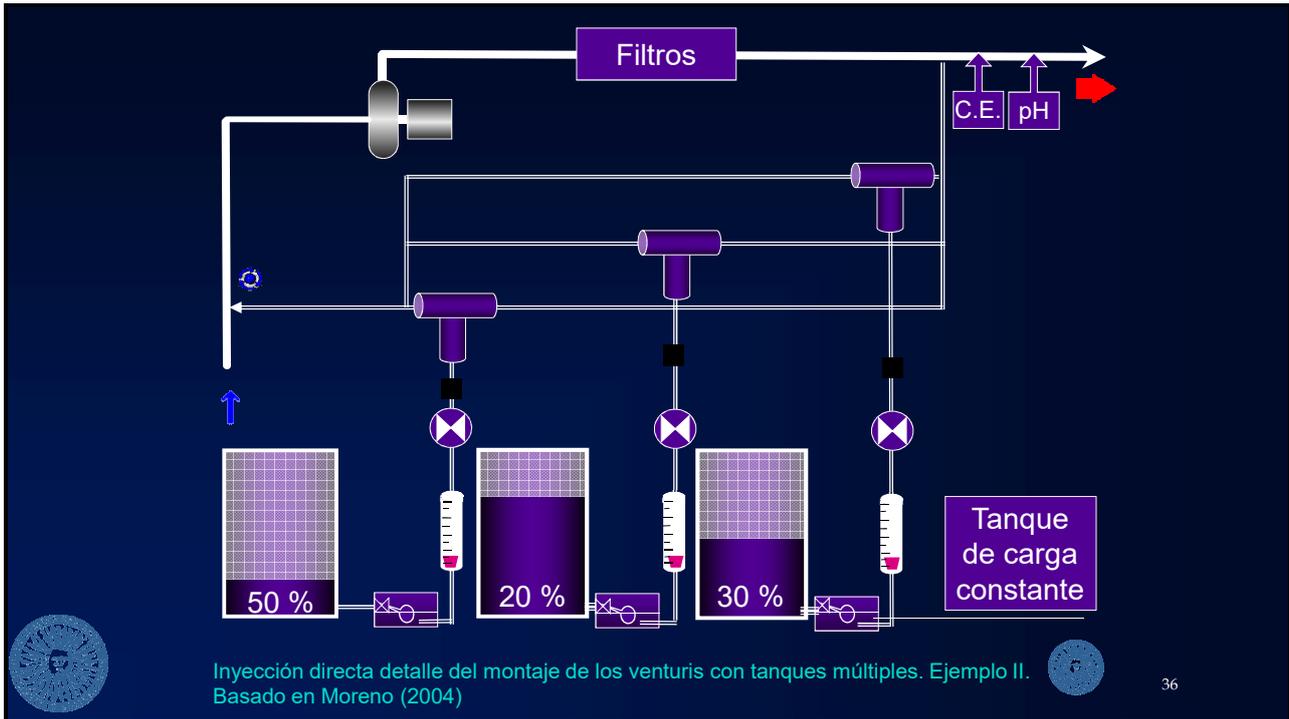


27



28





IMPORTANCIA DE LA INFRAESTRUCTURA EN EL CABEZAL

3. Elevado número de tanques madres

2. Tres niveles de estructuración

1. Caseta de espacio y revestimiento adecuado

4. Autómata para el control absoluto del sistema

5. Compresor soplante para facilitar la solución de fertilizantes

7. Venturis

8. Electroválvulas

6. Filtro por cada fertilizante concentrado

9. Rotámetros y caudalímetros

10. Manómetros

11. Mezclador

12. Sensores pH y CE

13. Manómetros

14. Sistemas de filtrado con autolimpieza por presión diferencial

15. Caudalímetro general

16. Ordenador general

IMPORTANCIA DEL **MANEJO TÉCNICO** DE LA INFRAESTRUCTURA



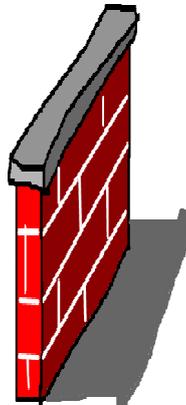
[Ir a video](#)



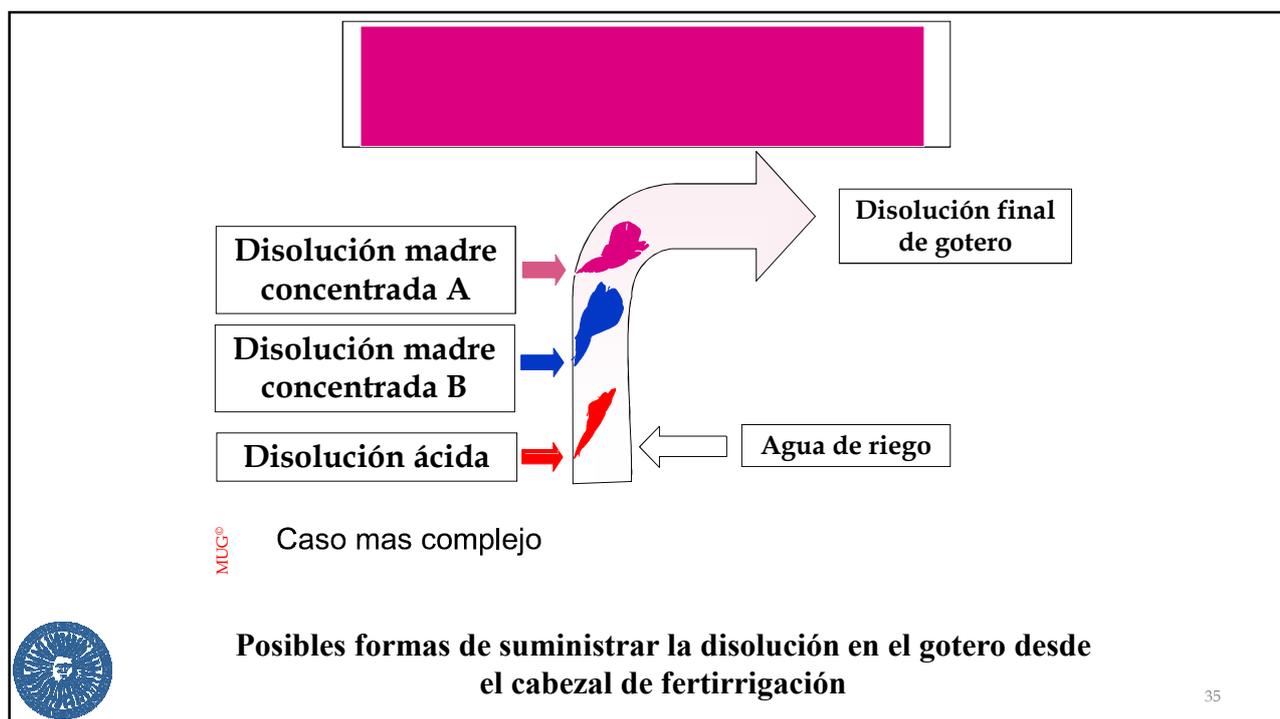
[Ir a video](#)

33

¿Cómo se puede solucionar trabajar con soluciones madre muy concentradas y evitar precipitaciones?



34



La disolución nutritiva con disoluciones madre concentrada

- Qué es la disolución ideal
- ¿Existe la disolución ideal?
 - Factores agronómicos (microclimáticos, genéticos y de manejo)
- **Fases en la fabricación** y elaboración de la disolución ideal
 1. Elegir una disolución **nutritiva tipo** o ideal
 2. Los iones nutritivos en el agua de riego
 3. Concentraciones de fertilizantes a aportar para obtener las concentraciones de nutrientes deseadas (**disolución final**)
 4. Calcular y distribuir en los diferentes **tanques** (mínimo dos más uno de ácido) los pesos o volúmenes de cada fertilizante a disolver o añadir en el cabezal de riego

36

La disolución nutritiva calculada con disoluciones madre concentrada

Cálculo de los aportes previstos mediante los fertilizantes utilizando la disolución ideal recomendada de Sonneveld (1980) y suponiendo nulo el aporte de agua

Aniones ($mmol L^{-1}$)					Cationes ($mmol L^{-1}$)					CE	
NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	pH	$dS m^{-1}$

Agua de riego

Disolución tipo

A aportar por fertilizante



37

La disolución nutritiva calculada con disoluciones madre concentrada

Cálculo de los aportes previstos mediante los fertilizantes utilizando la disolución ideal recomendada de Sonneveld (1980) y suponiendo nulo el aporte de agua

Aniones ($mmol L^{-1}$)					Cationes ($mmol L^{-1}$)					CE	
NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	pH	$dS m^{-1}$

Agua de riego (Suelo y sustrato)

Disolución tipo

A aportar por fertilizante



38

La disolución nutritiva calculada con disoluciones madre concentrada

Cálculo de los aportes previstos mediante los fertilizantes utilizando la disolución ideal recomendada de Sonneveld (1980) y suponiendo nulo el aporte de agua

Aniones ($mmol L^{-1}$)					Cationes ($mmol L^{-1}$)					CE	
NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	pH	$dS m^{-1}$

Agua de riego (Suelo y sustrato)

Disolución tipo 10.5 1.50 2.5 0.5 7.0 3.75 1.0

A aportar por fertilizante



39

La disolución nutritiva calculada con disoluciones madre concentrada

Cálculo de los aportes previstos mediante los fertilizantes utilizando la disolución ideal recomendada de Sonneveld (1980) y suponiendo nulo el aporte de agua

Aniones ($mmol L^{-1}$)					Cationes ($mmol L^{-1}$)					CE	
NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	pH	$dS m^{-1}$

Agua de riego (Suelo y sustrato)

Disolución tipo 10.5 1.50 2.5 0.5 7.0 3.75 1.0

A aportar por fertilizante 10.5 1.50 2.5 0.5 7.0 3.75 1.0



40

La disolución nutritiva con disoluciones madre concentrada

Cambio de expresión milimolar (mmol L⁻¹) a milinormal (me L⁻¹)

	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
mmol L⁻¹	10.5	1.50	2.5	0.5	7.0	3.75	1.0
Valencia	1	1	2	1	1	2	2
me L⁻¹	10.5	1.50	5.0	0.5	7.0	7.50	2.0



41

La disolución nutritiva con disoluciones madre concentrada

Estadillo resuelto para calcular los gramos o litros a aportar de cada fertilizante comercial en función de los me L⁻¹ requeridos de cada ion nutriente en la disolución tipo

Pf (Peso de fertilizante) = ce x Pe x vl x c. sustituyendo

Pf = 0.5 me L⁻¹ x 80 mg me⁻¹ x 1000 L x 100 = 4.000.000 mg a añadir al tanque de 1000 litros

Pf = 4 kg serán los que tengamos que pesar para nuestro caso

Aniones (me L ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ Agua de riego	Cationes (me L ⁻¹)				Total de cada anión	Fertilizantes a utilizar	Peso (kg) o Litros (ácidos) a utilizar para 1000 L concentrada 100 veces
		NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺			
NO ₃ ⁻		0.5 ⁽¹⁾	-	-	-	10.5 ⁽⁷⁾	Nitrato amónico ⁽¹⁵⁾	4.0 ⁽²¹⁾
		-	2.5 ⁽²⁾	-	-		Nitrato potásico ⁽¹⁶⁾	25.25 ⁽²²⁾
		-	-	7.5 ⁽³⁾	-		Nitrato cálcico ⁽¹⁷⁾	88.5 ⁽²³⁾
H ₂ PO ₄ ⁻		-	1.5 ⁽⁴⁾	-	-	1.5 ⁽⁸⁾	Fosfato potásico ⁽¹⁸⁾	20.4 ⁽²⁴⁾
SO ₄ ²⁻		-	3.0 ⁽⁵⁾	-	-	5.0 ⁽⁹⁾	Sulfato potásico ⁽¹⁹⁾	26.1 ⁽²⁵⁾
		-	-	-	2.0 ⁽⁶⁾		Sulfato magnésico ⁽²⁰⁾	24.6 ⁽²⁶⁾
Total de cada catión		0.5 ⁽¹⁰⁾	7.0 ⁽¹¹⁾	7.5 ⁽¹²⁾	2.0 ⁽¹³⁾	17.0 ⁽¹⁴⁾	Total (kg o L) =	



2º Opción

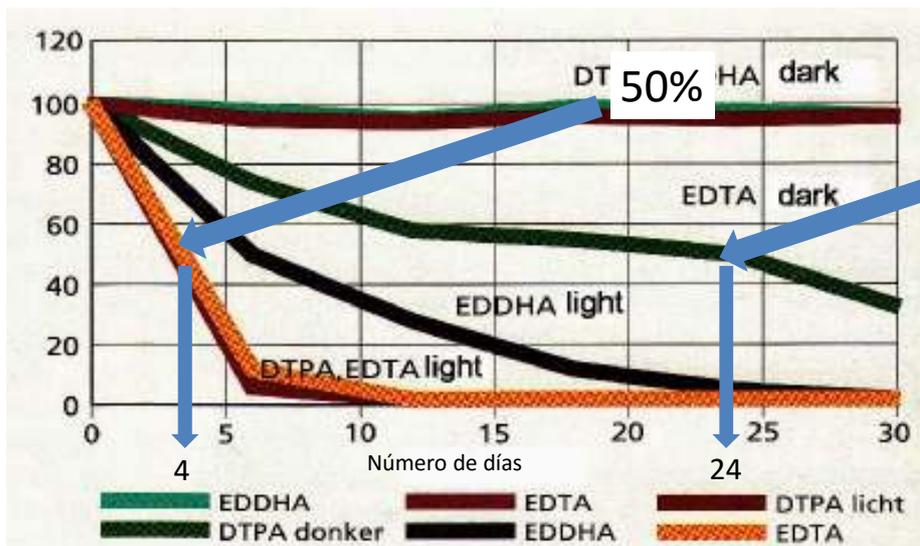
La disolución nutritiva con disoluciones madre concentrada

Estadillo resuelto para calcular los gramos o litros a aportar de cada fertilizante comercial en función de los $me\ L^{-1}$ requeridos de cada ion nutriente en la disolución tipo

Cationes ($me\ L^{-1}$)				Total de	Fertilizante a utilizar	Peso (kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000L concentrada 100 veces	Descomposición en tanque		Tanque de micronutriente
NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	cada anión			A	B	
0.5 ⁽¹⁾	-	-	-	10.5 ⁽⁷⁾	Nitrato amónico ⁽¹⁵⁾	4.0 ⁽²¹⁾	4.0 ⁽²⁷⁾		↑ (34)
-	2.5 ⁽²⁾	-	-		Nitrato potásico ⁽¹⁶⁾	25.25 ⁽²²⁾	12.63 ⁽²⁸⁾	12.63 ⁽²⁹⁾	
-	-	7.5 ⁽³⁾	-		Nitrato cálcico ⁽¹⁷⁾	88.5 ⁽²³⁾	88.5 ⁽³⁰⁾		
-	1.5 ⁽⁴⁾	-	-	1.5 ⁽⁸⁾	Fosfato potásico ⁽¹⁸⁾	20.4 ⁽²⁴⁾		20.4 ⁽³¹⁾	
-	3.0 ⁽⁵⁾	-	-	5.0 ⁽⁹⁾	Sulfato potásico ⁽¹⁹⁾	26.1 ⁽²⁵⁾		26.1 ⁽³²⁾	
-	-	-	2.0 ⁽⁶⁾		Sulfato magnésico ⁽²⁰⁾	24.6 ⁽²⁶⁾		24.6 ⁽³³⁾	
0.5 ⁽¹⁰⁾	7.0 ⁽¹¹⁾	7.5 ⁽¹²⁾	2.0 ⁽¹³⁾	17.0 ⁽¹⁴⁾		Total: (kg o L) =	107.13 ⁽³⁵⁾	83.73 ⁽³⁶⁾	



Fotodegradación de los quelatos férricos: su efecto práctico

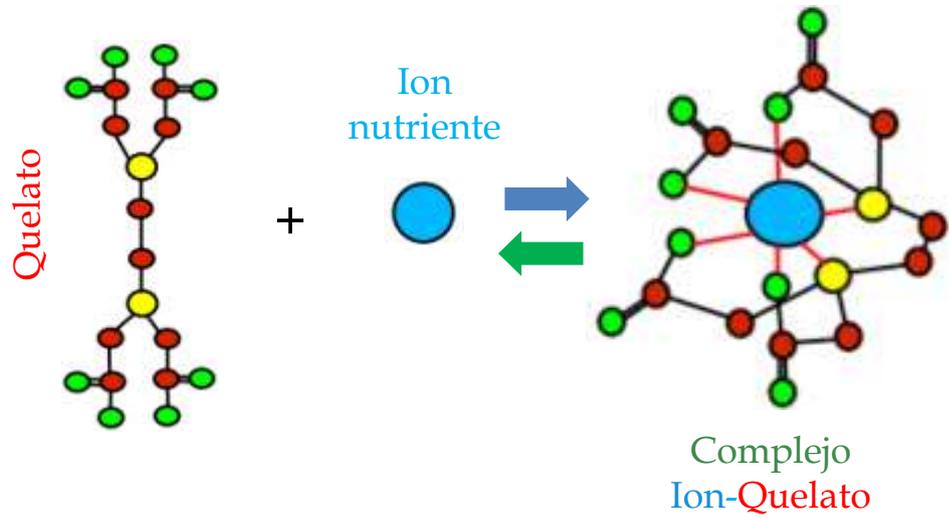


¿cuánto tiempo puede estar almacenada la solución madre concentrada de micronutrientes?



Fuente: Cerdán, M. 2003. Estabilidad de los isómeros de FeEDDHA y FeEDDHMA en diferentes medios nutritivos

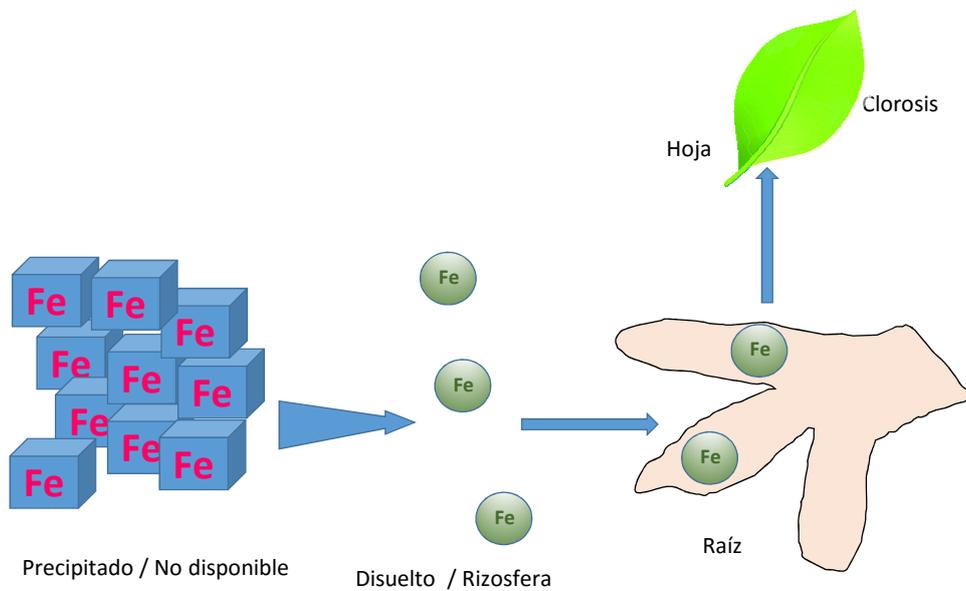
¿Qué es un quelato para la fertirrigación?



Fuente: Dr. Jim Walworth. University of Arizona. (2008). The Role of Chelated Nutrients in Pecan Production

45

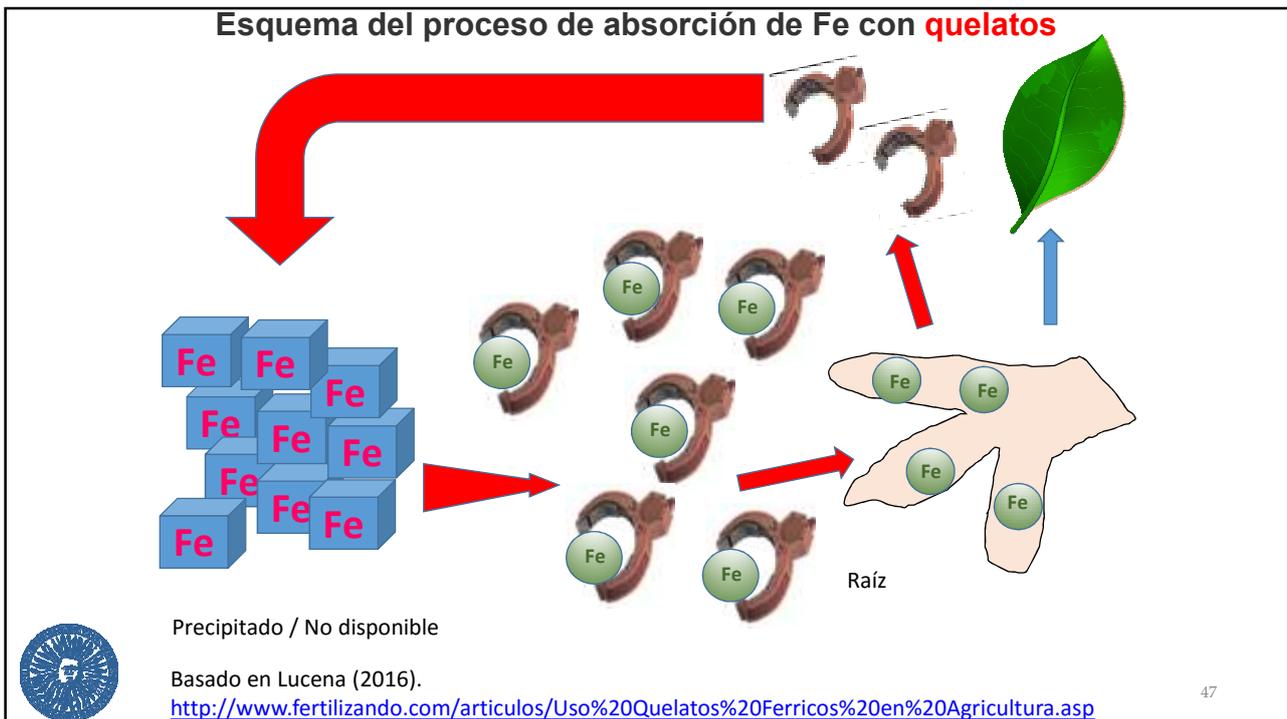
Esquema del proceso de absorción de Fe sin quelatos

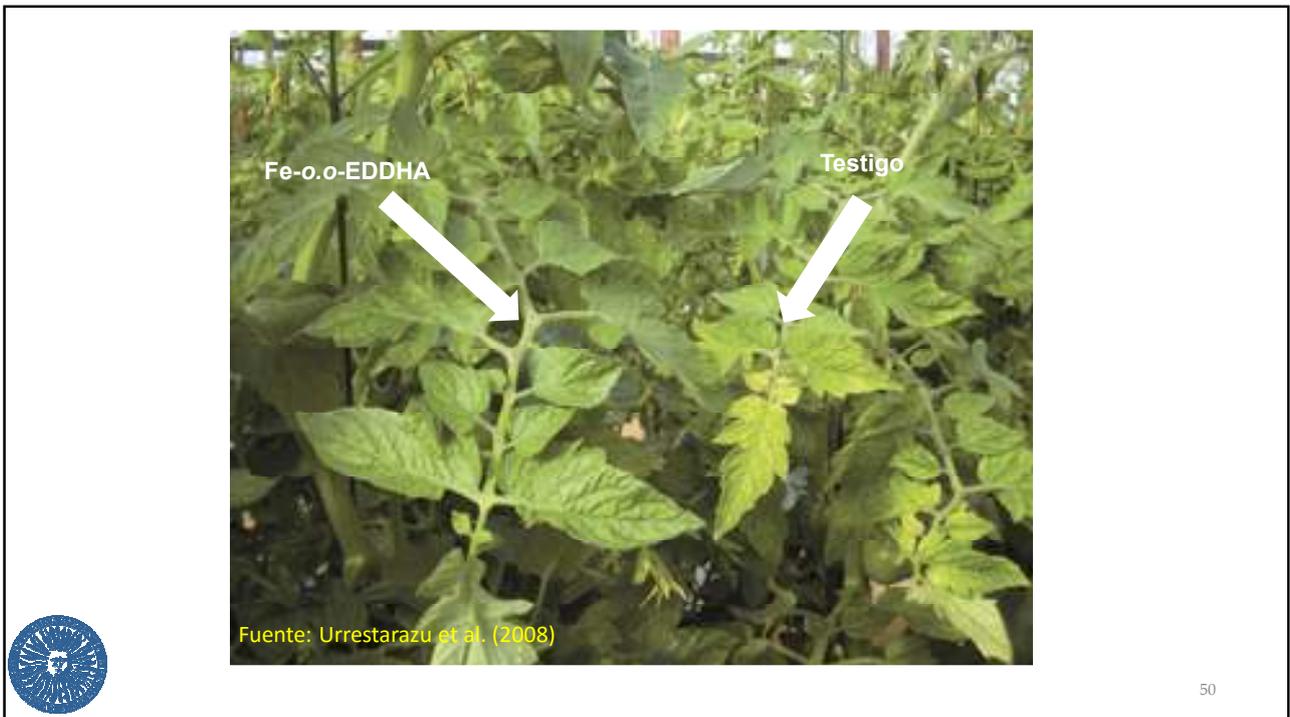


Basado en Lucena (2016).

<http://www.fertilizando.com/articulos/Uso%20Quelatos%20Ferricos%20en%20Agricultura.asp>

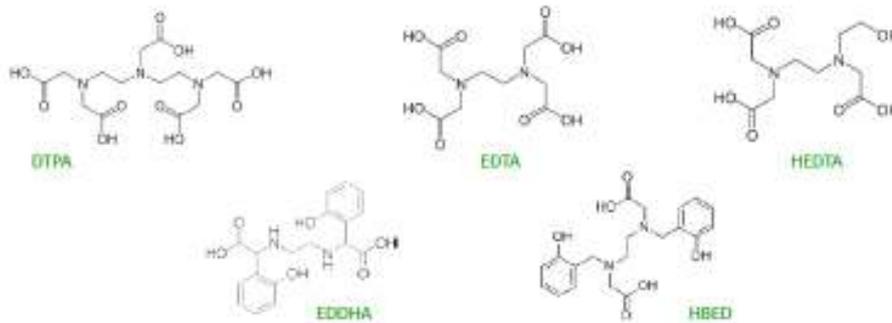
46





Abreviatura y formulación de algunos quelatos sintéticos usados en fertirrigación

Chelate	Chemical Name
DTPA	Diethylenetriaminepentaacetic acid
EDDHA	Ethylenediamine-N,N'-bis(2-hydroxyphenylacetic acid)
EDTA	Ethylenediaminetetraacetic acid
HBED	N, N-bis (2-hydroxybenzyl) ethylenediamine-N,N-diacetic acid
HEDTA	Hydroxyethylethylenediaminetriacetic acid



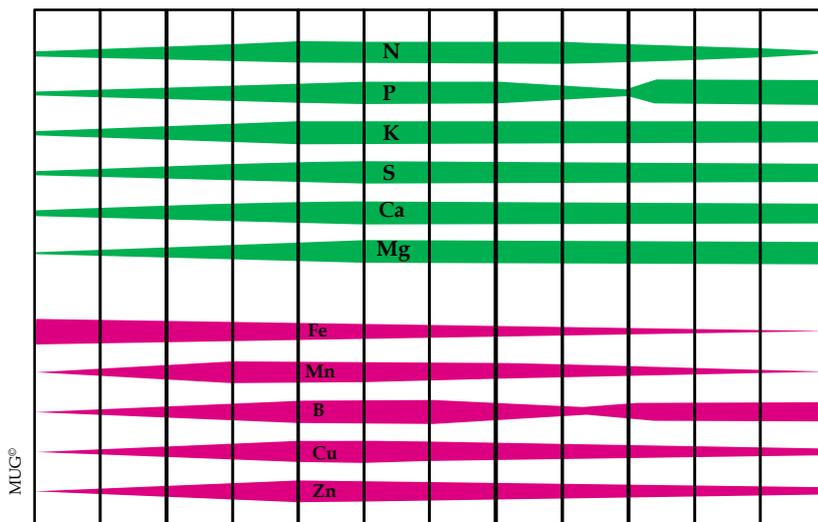
Fuente: Dr. Jim Walworth. University of Arizona. (2008). The Role of Chelated Nutrients in Pecan Production

51

4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0

Acidez Alcalinidad

Extrema Muy fuerte Fuerte Moderada Débil Muy débil Muy débil Débil Fuerte Muy fuerte



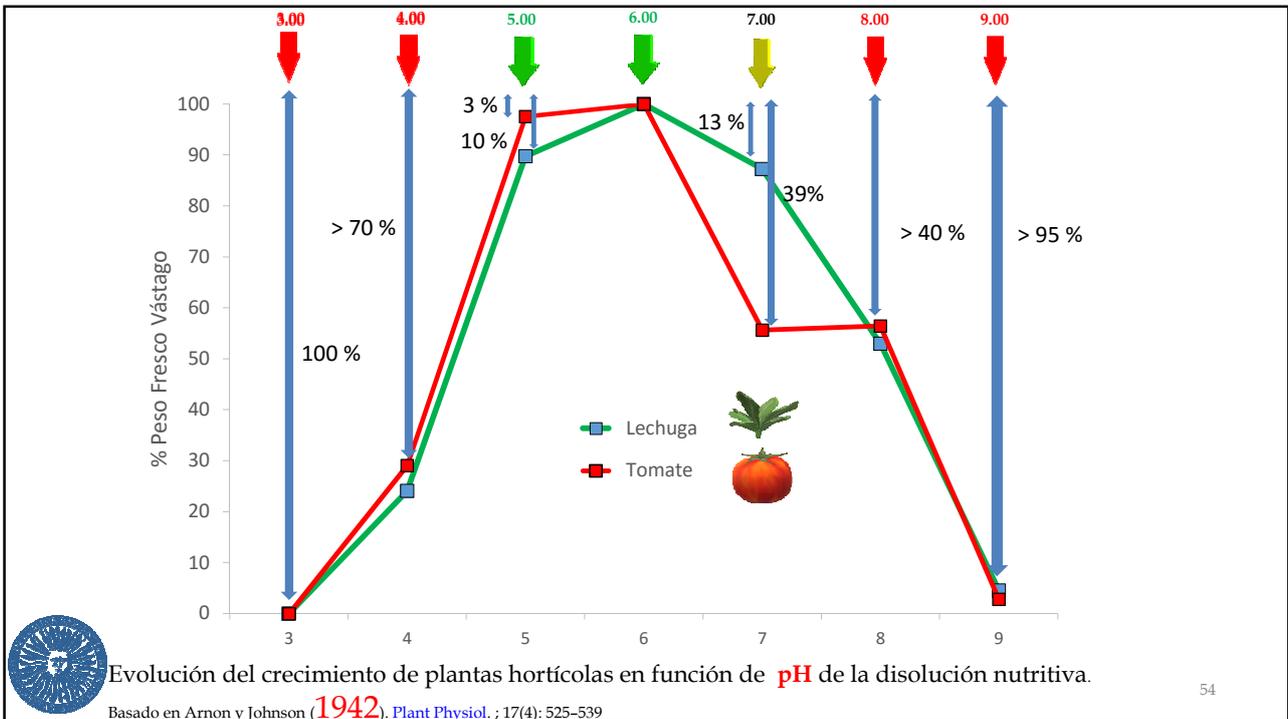
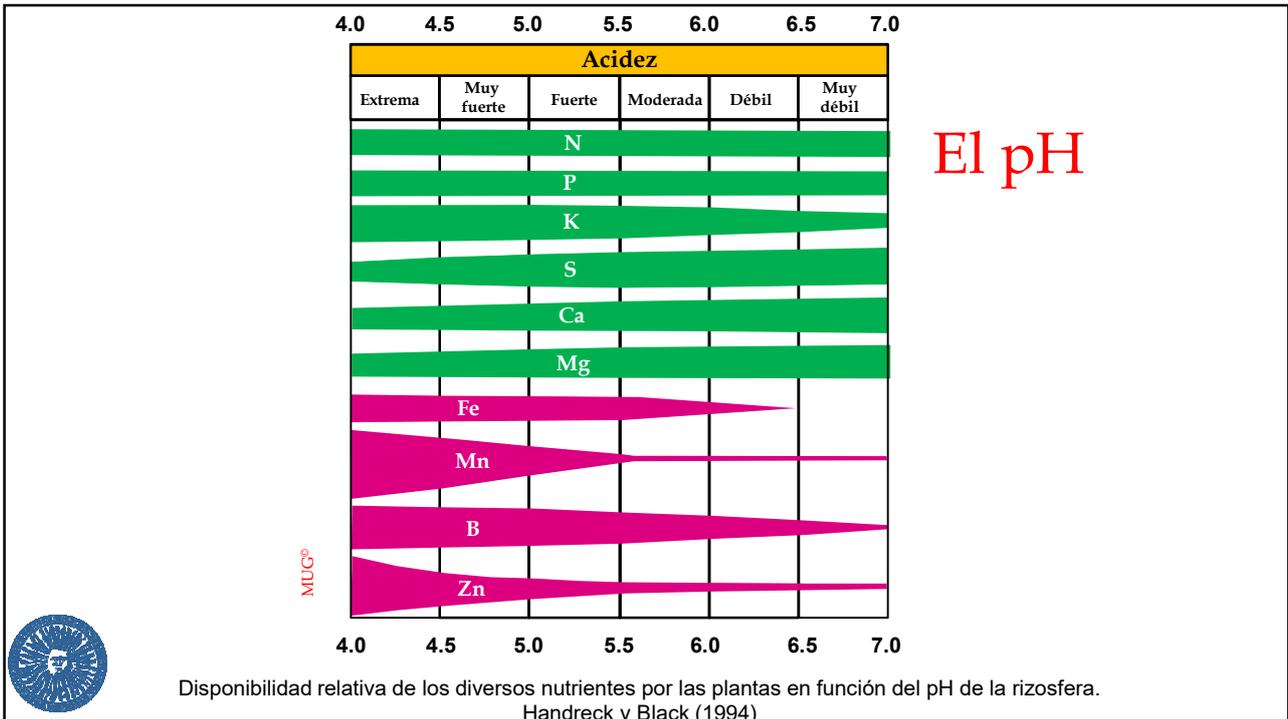
El pH

4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0

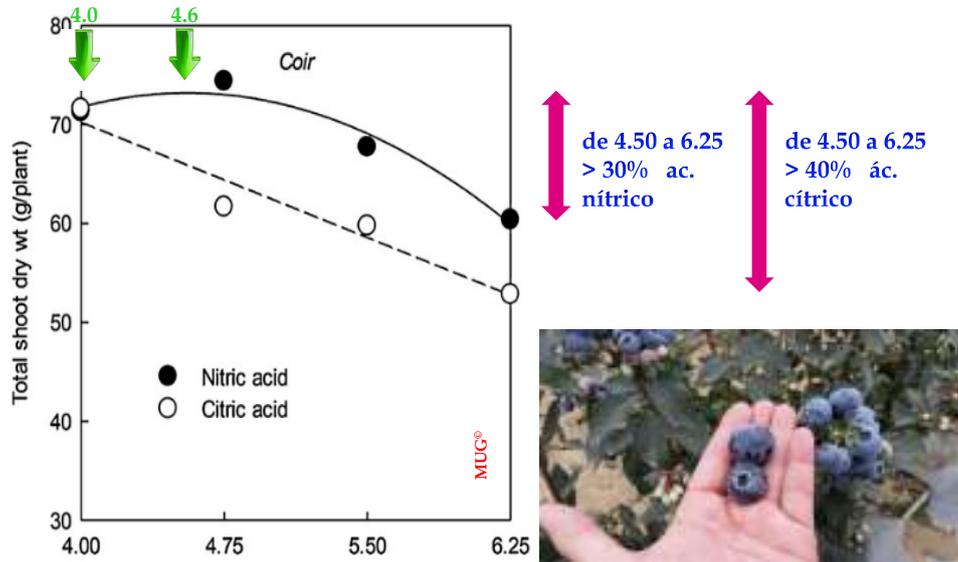
Disponibilidad relativa de los diversos nutrientes por las plantas en función del pH de la rizosfera. De Trough (1951).



52



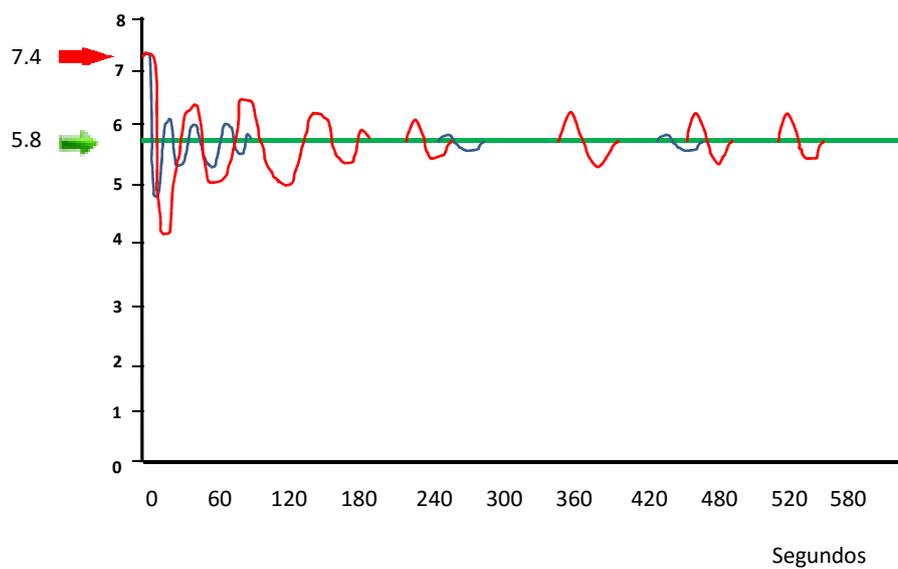
Efecto de pH de la solución nutritiva sobre una planta acidófila en dos tipos de ácidos: arándanos



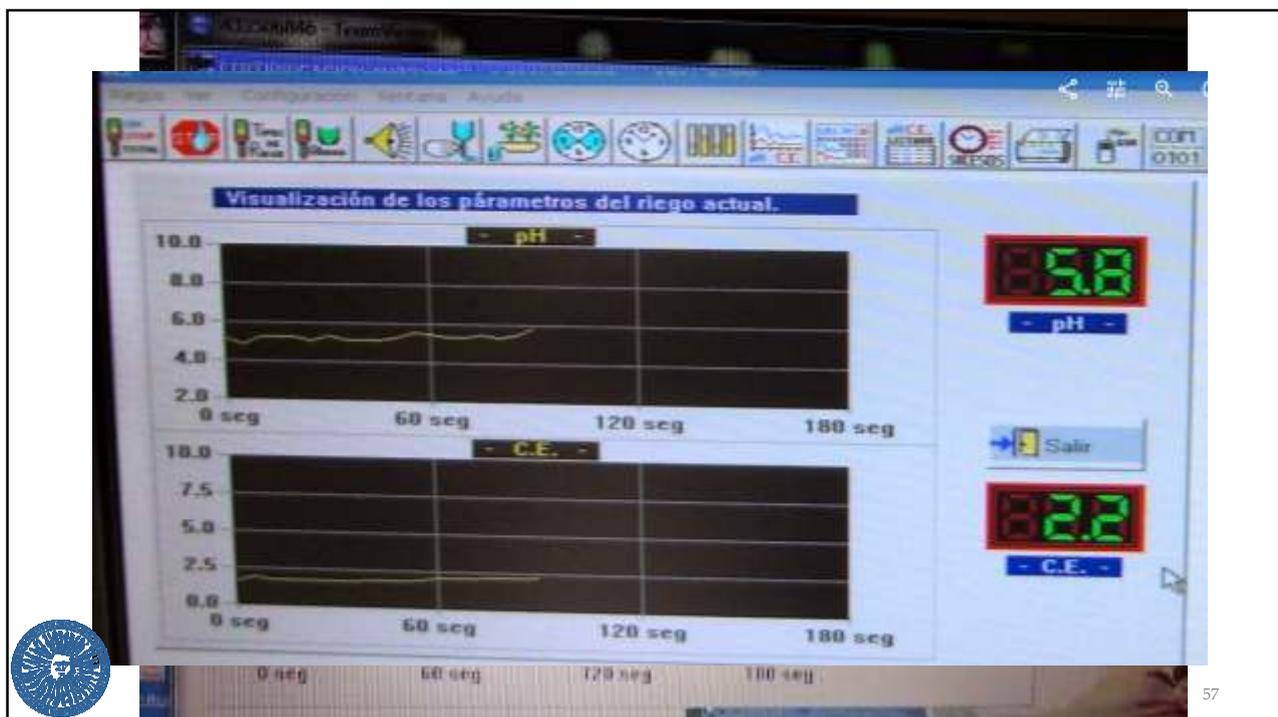
HORTSCIENCE 53(10):1423-1428. Effect of pH and Silicon in the Fertigation Solution on Vegetative Growth of Blueberry Plants in Organic Agriculture. Gallegos-Cedillo et al. (2018). <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13342-18>

55

Ajuste automático del pH. Automatización por infraestructura



56



57

La tabla de abajo corresponde a un fertirriego de plantas de arándanos (planta muy acidófila). se realizó un cambio previo en el sistema de fertirrigación. Este cambio consistía en el paso de tres riegos a cuatro. ya que los volúmenes medios de los drenajes bajaron a casi cero por la mayor radiación y crecimiento de las plantas. Tras el cambio a cuatro riego. con los tiempos que también abajo se expone. se obtuvieron unos datos medios durante cinco días consecutivos. se realizan las medias de estos datos y se construye la tabla de abajo. En estas condiciones se pretende mantener alrededor del 40%. Elige **la premisa correcta**:

- Los datos medios del drenaje se mantiene dentro de unos valores adecuados. por lo que ningún parámetro importante se verá alterado. y por tanto esta distribución de tiempo es adecuada.
- Se debe eliminar aquel fertirriego que de un drenaje por encima del 40% (Consigna deseada).
- El segundo riego se debería adelantarse.
- Ninguna de las anteriores.

¿pueden contestar o saben qué y dónde buscar para diagnosticar?

Riego	Hora Inicio	% DRENAJE	Agua Riego	Gotero Control CE (dS m ⁻¹)		CE Drenaje	pH Agua	Gotero Control		pH Drenaje
			CE dS m ⁻¹	Repetición (1)	Repetición (1)	dS m ⁻¹		pH (1)	pH (2)	
1	6:20:00	43,96	0,50	1,29	1,28	1,32	7,52	4,94	5,10	7,66
2	9:50:00	55,37	0,50	1,35	1,36	1,34	7,52	4,91	5,02	7,67
3	13:20:00	28,99	0,50	1,35	1,33	1,56	7,52	4,91	5,32	7,75
4	16:50:00	38,43	0,50	1,29	1,29	1,46	7,52	5,01	5,16	7,90
Media =		41,69	0,50	1,32	1,32	1,42	7,52	4,94	5,15	7,75

Ref. 229.2 6_14

38

Estudio de caso. Diagnóstico del sistema de distribución del fertirriego. pH. CE y % Drenaje. Interpretación de resultados

- Volumen hidráulico: adecuación del suministro deseado y servido (programado y suministrado por la infraestructura)

Gotero			Acumulado o Medio			Drenaje		
pH	CE	Vol	Teóri	pH	CE	Vol		
6,2	2,3	6000	6300	5,9	2,9	1800		
6	2,2	5800	5400	5,8	3	2000		
5,6	2,3	5800	6000	5,8	3,2	2400		
5,7	2,2	5900	5100	5,7	2,9	1800		
5,9	2,3	5875	5950	5,8	3,0	2000		



Estudio de caso. Diagnóstico del sistema de distribución del fertirriego. pH. CE y % Drenaje. Interpretación de resultados

- Volumen hidráulico: adecuación del suministro deseado y servido (programado y suministrado por la infraestructura)

Gotero			Acumulado o Medio			% Dre		
pH	CE	Vol	Teóri	pH	CE	Vol		
6,2	2,3	6000	6300	5,9	2,9	1800	1350	30,0
6	2,2	5800	5400	5,8	3	2000	1900	34,5
5,6	2,3	5800	6000	5,8	3,2	2400	1200	41,4
5,7	2,2	5900	5100	5,7	2,9	1800	1400	30,5
5,9	2,3	5875	5950	5,8	3,0	2000	1463	34,1

$$x \% = \frac{(5950 - 5875) * 100}{5950} = 1.26$$

- Conclusiones de diagnóstico

- ¿Cómo se puede mejorar?



Estudio de caso. Diagnóstico de

pH

		Acumulado			
Gotero				Drenaje	
pH	CE	Vol	Teóri	pH	CE
6,2	2,3	6000	6300	5,9	
6	2,2	5800	5400	5,8	
Entrada 6	2,3	5800	6000	Salida 6	
5,7	2,2	5900	6100	5,7	
5,9	2,3	5875	5950	5,8	

% Drenaje. Interpretación de resultados

¿Estructura está implicada?

Estudio de caso. Diagnóstico del sistema de distribución del fertirriego. pH. CE y % Drenaje. Interpretación de resultados

pH

		Acumulado		o Medio				
Gotero				Drenaje				% Dre
pH	CE	Vol	Teóri	pH	CE	Vol		
6,2	2,3	6000	6300	5,9	2,9	1800	1350	30,0
6	2,2	5800	5400	5,8	3	2000	1900	34,5
Entrada 6	2,3	5800	6000	Salida 6	3,2	2400	1200	41,4
5,7	2,2	5900	6100	5,7	2,9	1800	1400	30,5
5,9	2,3	5875	5950	5,8	3,0	2000	1463	34,1

Opciones:

- Si pH Entrada \approx pH Salida (Drenaje)
- Si pH Entrada $>$ pH Salida (Drenaje)
- Si pH Entrada $<$ pH Salida (Drenaje)

Conclusiones de diagnóstico

¿Cómo se puede mejorar?

Equilibrios ternarios entre los principales macronutrientes

Equilibrio de los macronutrientes en una disolución nutritiva universal para cultivos que crecen en ella.
Proporción expresada en equivalente

Relación en equivalente expresada como:	Cationes				Aniones			
	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Disolución Nutritiva Universal	35	45	20	0	60	5	35	0
Límites tolerables	25/45	35/55	6	**	35/65	3/12	25/45	0/20



* Valores medios de diversos cultivos. ** No determinado
Fuente: Steiner (1997)

Equilibrios ternarios entre los principales macronutrientes

Equilibrio de los macronutrientes en una disolución nutritiva universal para cultivos que crecen en ella.
Proporción expresada en equivalente

Relación en equivalente expresada como:	Cationes				Aniones			
	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Disolución Nutritiva Universal	35	45	20	0	60	5	35	0
Límites tolerables	25/45	35/55	6	**	35/65	3/12	25/45	0/20
Cultivos aprovechables por frutos *	50	44	6	**	69	9	22	**
Cultivos de hojas de crecimiento rápido*	38	56	6	**	90	0.5	9.5	**
Cultivos de hojas de crecimiento lento*	67	31	2	**	79	1.5	19.5	**



* Valores medios de diversos cultivos. ** No determinado
Fuente: Steiner (1997)

Recomendación de los fertilizantes a disolver para obtener los macronutrientes en las disoluciones nutritivas en función del estado fenológico. Datos expresados en $g L^{-1}$

	Referencia						
	Jensen y Collins (1985)				Resh (1993)		
	Hasta los 1º frutos		Desde el cosechado de los 1º frutos		(1) Desde los días 10-14 (primera hoja verdadera) hasta los 35 a 40 cm	(2) Hasta el primer ramillete desarrollado con un \varnothing de 0.8 cm. Desde los 35-40 cm a los 100 cm	(3) Después del primer fruto maduro
	Tomate	Pepino	Tomate	Pepino	Tomate		
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.50	0.5	0.5	0.50	0.33	0.33	0.45
KH ₂ PO ₄	0.27	0.27	0.27	0.27	0.23	0.25	0.29
KNO ₃	0.20	0.20	0.20	0.20	0.18	0.19	0.31
K ₂ SO ₄	0.10	-	0.10	-	0.16	0.39	-
Ca(NO ₃) ₂	0.5	0.680	0.680	1.357	0.20	0.69	0.92

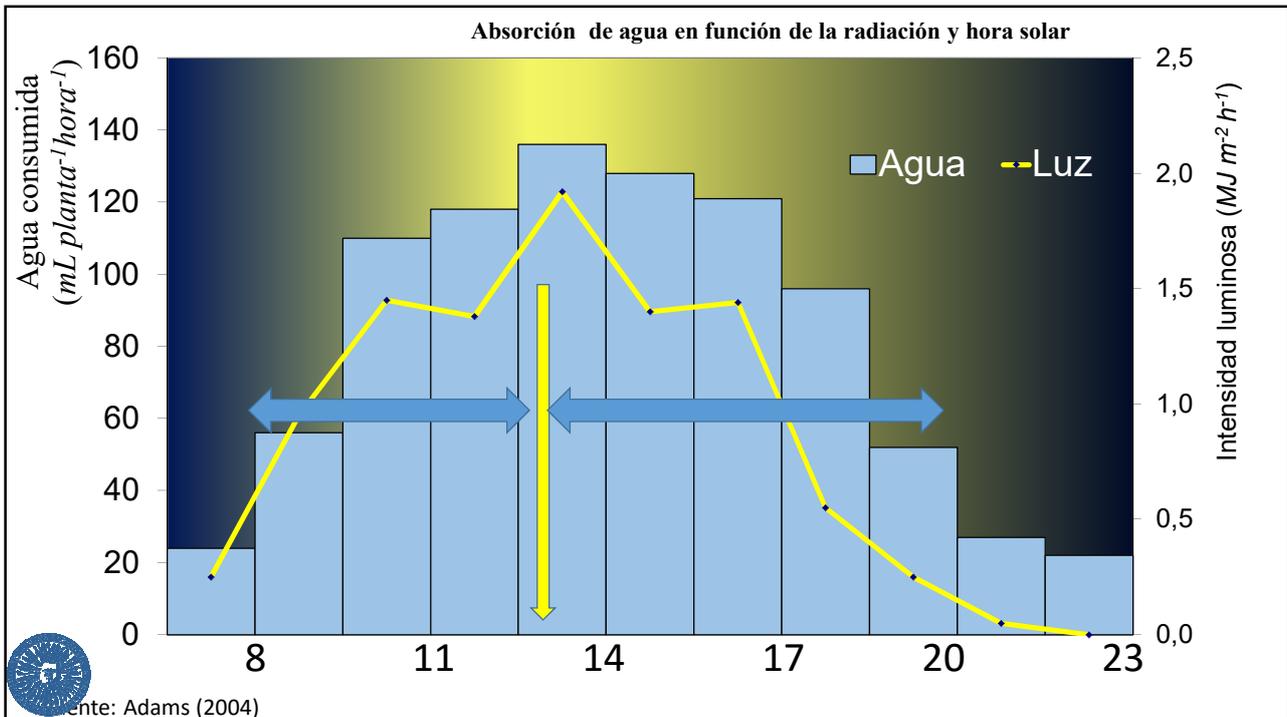
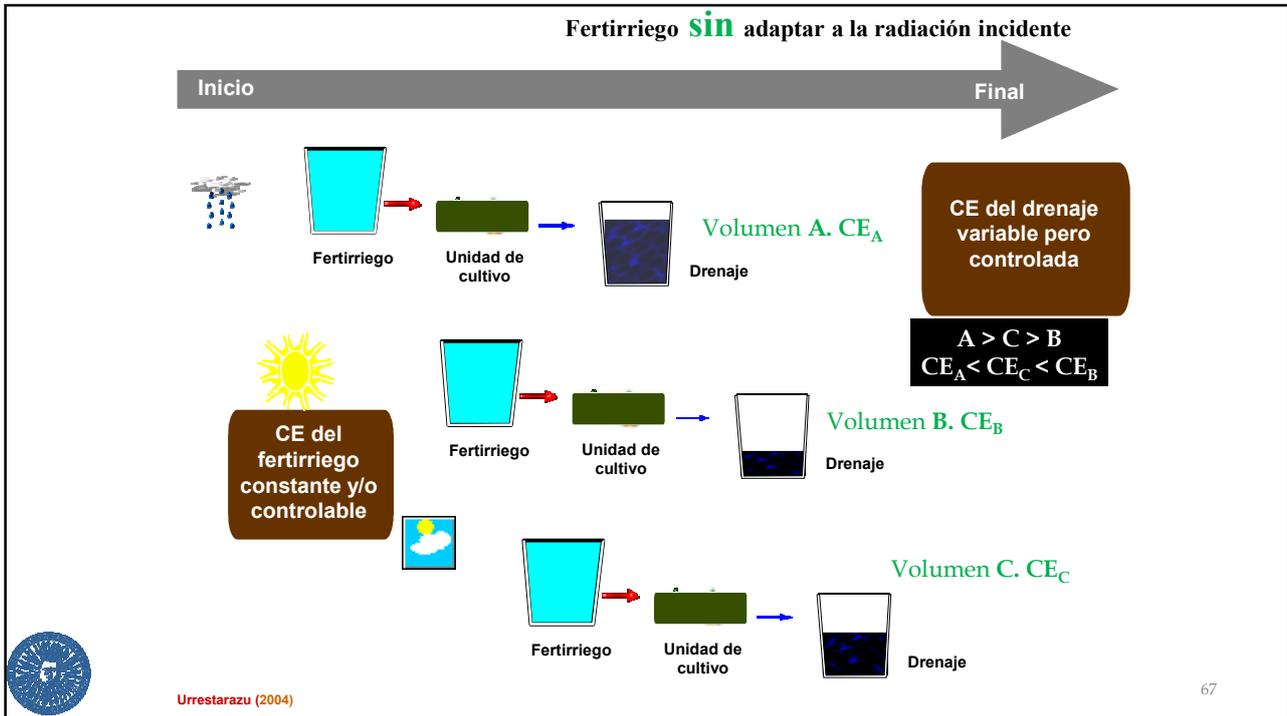
65

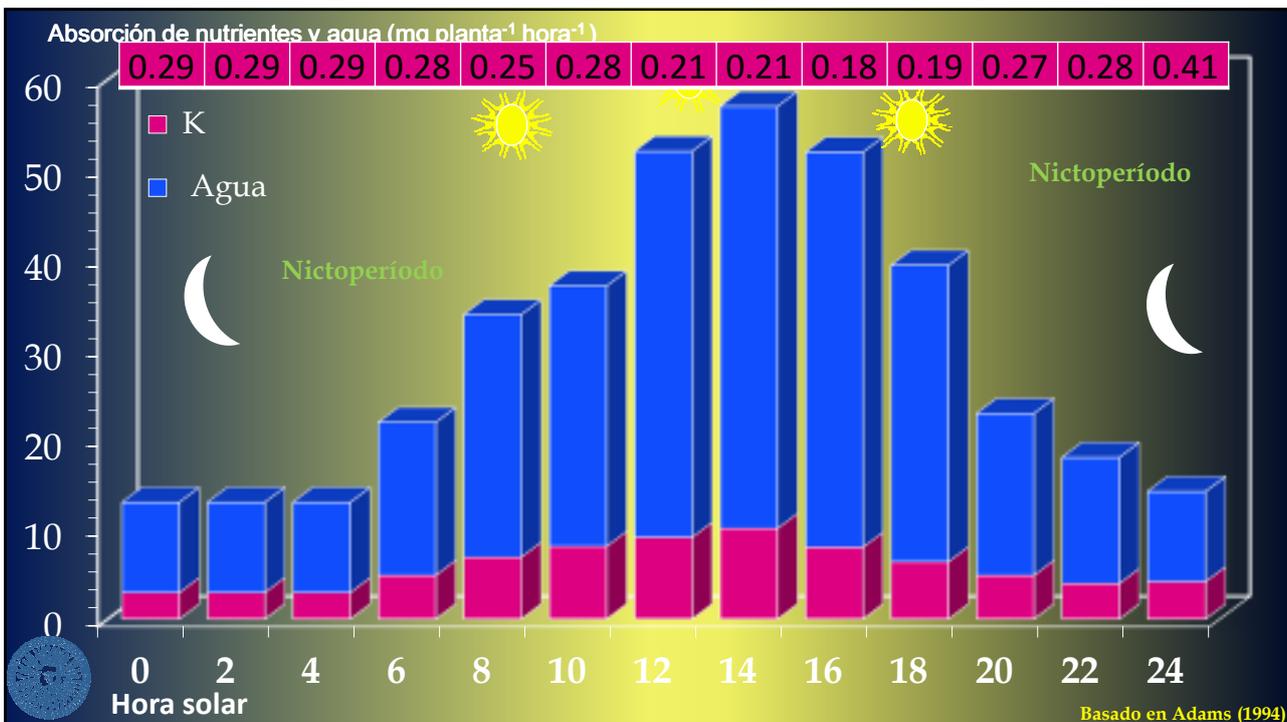
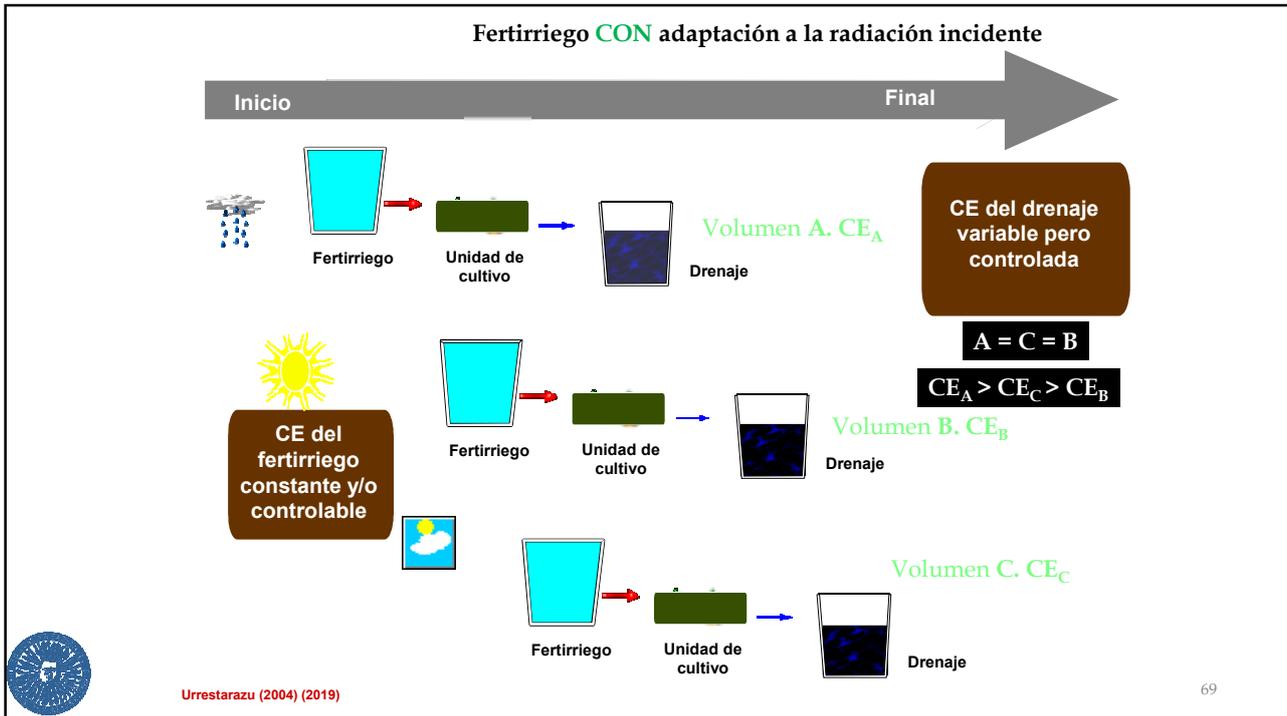
Recomendaciones de fertirriego combinando los equilibrios de algunos macronutrientes y las CE en función de fenología y variables climáticas para un cultivo de pepino en lana de roca

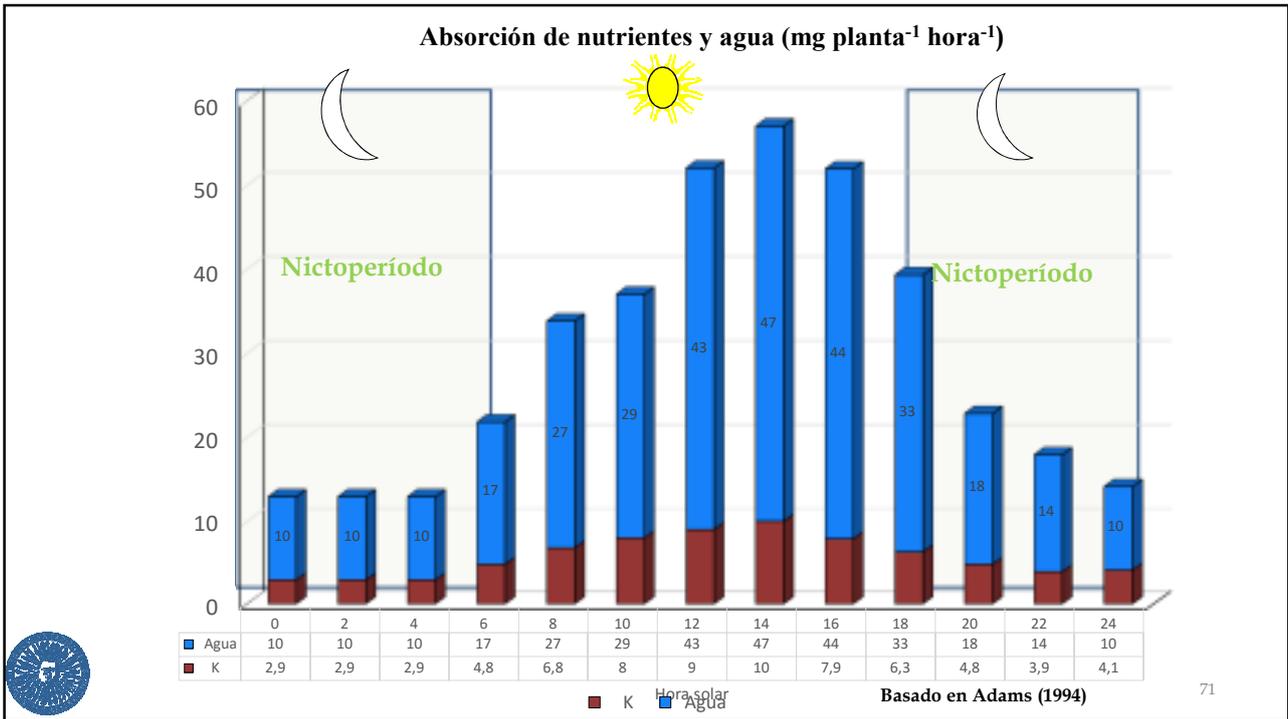
Estadio fenológico o período	Intervalo de CE. $dS m^{-1}$	Equilibrio y observaciones*
Desarrollo inicial	1.6	(1)*
Desarrollo de las plántulas	1.4-1.8	(1)
Hasta 0.75 cm	1.6-2.2	(1)
De 0.75 hasta el 1º fruto	2.2-2.3	(2) (+0.3 para día nublado)
Producción de frutos en:	2.2-2.5	(3) (según cambios)
junio	1.8-2.0	(3) (según cambios)
junio-septiembre	1.6-1.8	(3) (según cambios)
septiembre	1.8	(3) (día despejado)
	2.0	(3) (nublado)
octubre-noviembre	2.0	(3) (día despejado)
	2.3-2.5	(3) (nublado)

Fuente: Lefebvre (1987). * De la tabla 7.28 (Tabla de la anterior imagen)

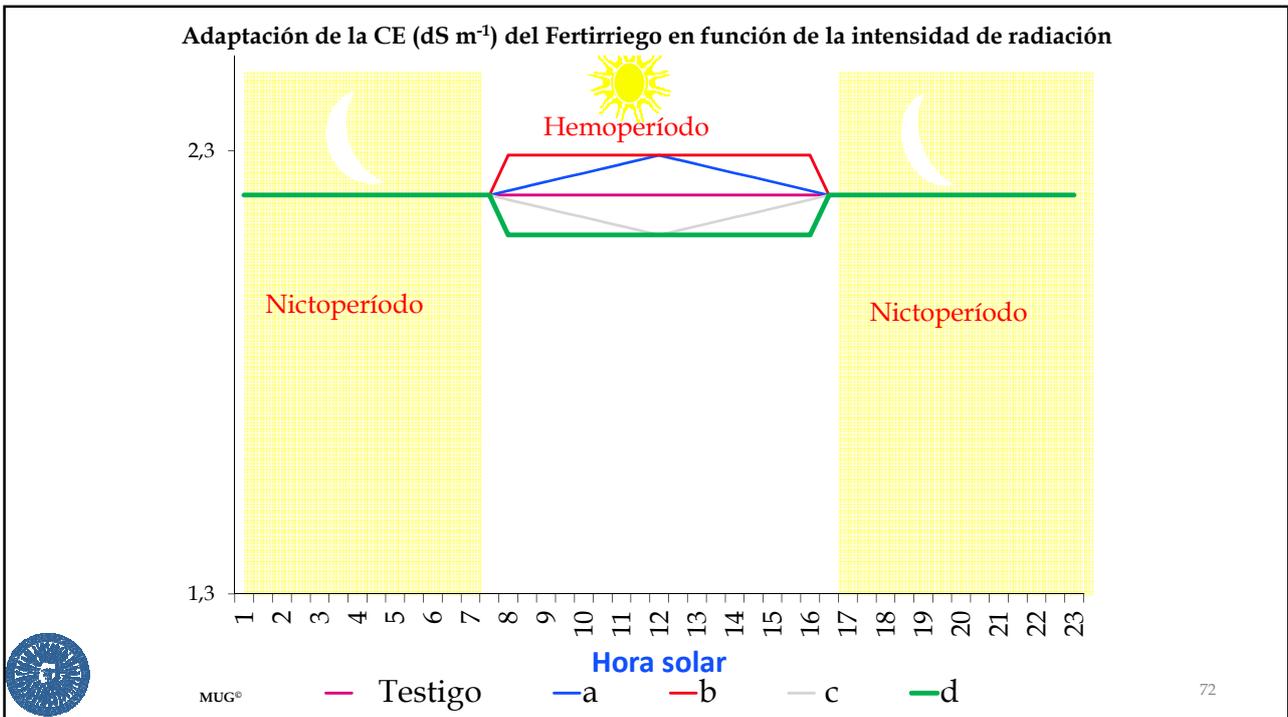
66







71



72

Niveles de referencia recomendados para un cultivo de tomate en lana de roca en función de una **pretensión productiva**

<i>mmol L⁻¹</i>									<i>dS m⁻¹</i>	
NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	CE	Referencia
10.5	1.5	2.5	-	0.5	3.75	1.0	7.0		1.75	Sonneveld (1980)
13.75	1.25	3.75	-	1.25	4.25	2.0	8.7 5		2.3	Sonneveld y Straver (1994)
18.0	1.0	6.8	<15	-	10.0	4.5	8.0	<12	4.0	Sonneveld (1999)

Ejemplos de niveles de referencia a mantener en el **sustrato la lana de roca**

mmol L⁻¹

NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Cultivo
17.0	1.2	3.0	<0.5	8.0	3.0	6.0	Pimiento
18.0	0.9	3.5	<0.5	8.0	3.0	8.0	Pepino

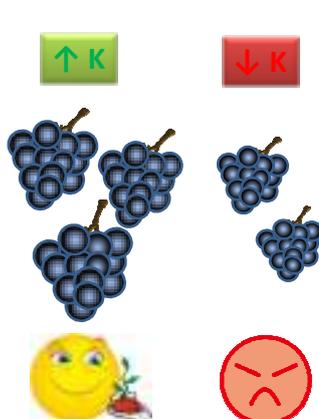


Fuente: Sonneveld y Straver (1994)

73

¿Cuál es el **objetivo** la fertirrigación racional ?
Caso del nivel de K en la viticultura

Intereses del productor

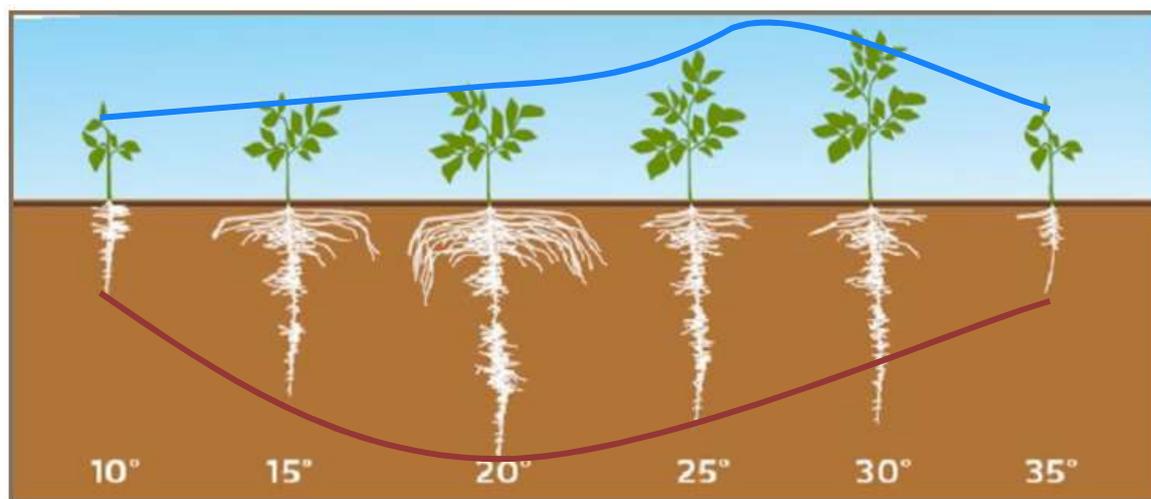


Intereses del bodegero



74

Efecto de la temperatura del fertirriego



Fuente: Sattelmacher, B., Marschner, H. and R. Kuhene. 1990. *Annals of Botany* 65. 27-36. Effects of the Temperature of the Rooting Zone on the Growth and Development of Roots of Potato (*Solanum tuberosum*)

75

Evolución de los métodos de fertirrigación

- Riego intuitivo tradicional
- Riegos a tiempo programados
- Riegos a tiempos programados en función de los controles de riegos
- Automatización del fertirriego
- Control de la eficiencia del fertirriego



Urrestarazu. 2004; 2015

76

Algunas fases relevantes en el desarrollo del cultivo

Trasplante ↓
Colocación de la fertirrigación automatizada ↓
Recogida de los primeros frutos ↓
Término del cultivo ↓

Objetivo pretendido con el manejo del fertirriego	Enraizamiento de la plántula en la totalidad del contenedor	Favorecer el máximo desarrollo vegetativo	Favorecer la derivación del máximo desarrollo a la parte productiva	Potenciar los parámetros de calidad de los frutos	Maduración acelerada de los frutos	Lavado y desinfección de sustrato para el nuevo cultivo
Días desde La siembra	30	60	90	120	150	
% Drenaje	60-75*	25-35	20-25	10-20	5-10	-
entrada drenaje	2.0-2.2	2.0-2.4	2.2-2.4	2.4-2.6	2.8-3.0	0.5-1.2
drenaje	1.8-2.2	1.8-3.0	2.4-3.2	2.9-3.6	3.8-4.2	0.5-2.8
entrada drenaje	5.5-6.0	5.5-6.5	6.0-6.8	6.0-7.0	6.0-7.0	5.5-7.8
drenaje	5.8-7.5	6.0-7.5	5.8-7.5	5.8-7.8	5.8-7.8	5.5-7.8

* Agua de riego entre 0.5 - 1.2 dS m⁻¹
Fuente: elaboración propia

Niveles de referencia para el manejo de la fertirrigación en un cultivo de tomate o similar en condiciones del área mediterránea y los resultados esperados



77



La disolución de fertirrigación. Fundamentos y técnicas de manejo

Miguel Urrestarazu Gavilán
mgavilan@ual.es



Basado en:

1995-1997 2004 2015



...

La disolución nutritiva con disoluciones madre concentrada. **Soluciones históricas** para cultivos sin suelo

Table 1. Concentration of major and minor elements ($\mu\text{g ml}^{-1}$), pH and electrical conductivity (EC, mS cm^{-1} at 25 °C) of the nutrient solutions before application to plants

Nutrient solution	pH	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	S	K	Mg	Ca	Na	Cl	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Ruakura (unpublished)	6.0	4.5	66	198	40	60	238	21	127	15	9	0.5	0.04	3.0	0.5	0.01	0.25
Arnon (1938)*	4.0	3.5	14	203	31	64	254	48	160	—	—	0.5	0.02	0.6	0.5	0.01	0.05
Steiner (1961)	4.3	3.5	—	184	25	39	514	20	33	—	—	0.5	0.02	2.5	2.0	0.05	0.01
Robbins (1946)	5.0	2.5	—	197	31	64	197	49	200	—	—	0.3	0.02	0.5	0.25	0.01	0.25
Bollard (1966)	4.3	2.2	112	112	31	160	156	49	80	—	0.7	0.5	0.02	3.0	0.5	0.02	0.05
Long Ashton, Hewitt (1966)	4.4	2.5	—	170	41	48	156	36	160	31	—	0.5	0.06	5.6	0.6	0.05	0.07
Hoagland and Snyder (1933)†	4.5	3.0	—	211	31	64	236	48	200	—	—	0.1	0.01	0.5	0.1	0.02	0.01
Middleton and Toxopeus (1973)	3.6	5.0	210	210	65	73	147	10	32	57	56	0.02	0.02	0.2	0.2	0.01	0.03

MUG©

* Sometimes cited as Hoagland's No. 2 solution (see Hewitt 1966).

† Sometimes cited as Hoagland's No. 1 solution (see Hewitt 1966).



Fuente: [Comparison of Nutrient Solutions for Growth of Plants in Sand Culture](#). G. S. Smith, C. M. Johnston and I. S. Cornforth. *The New Phytologist*. (1983). Vol. 94. pp. 537-548.

79

La disolución nutritiva con disoluciones madre concentrada

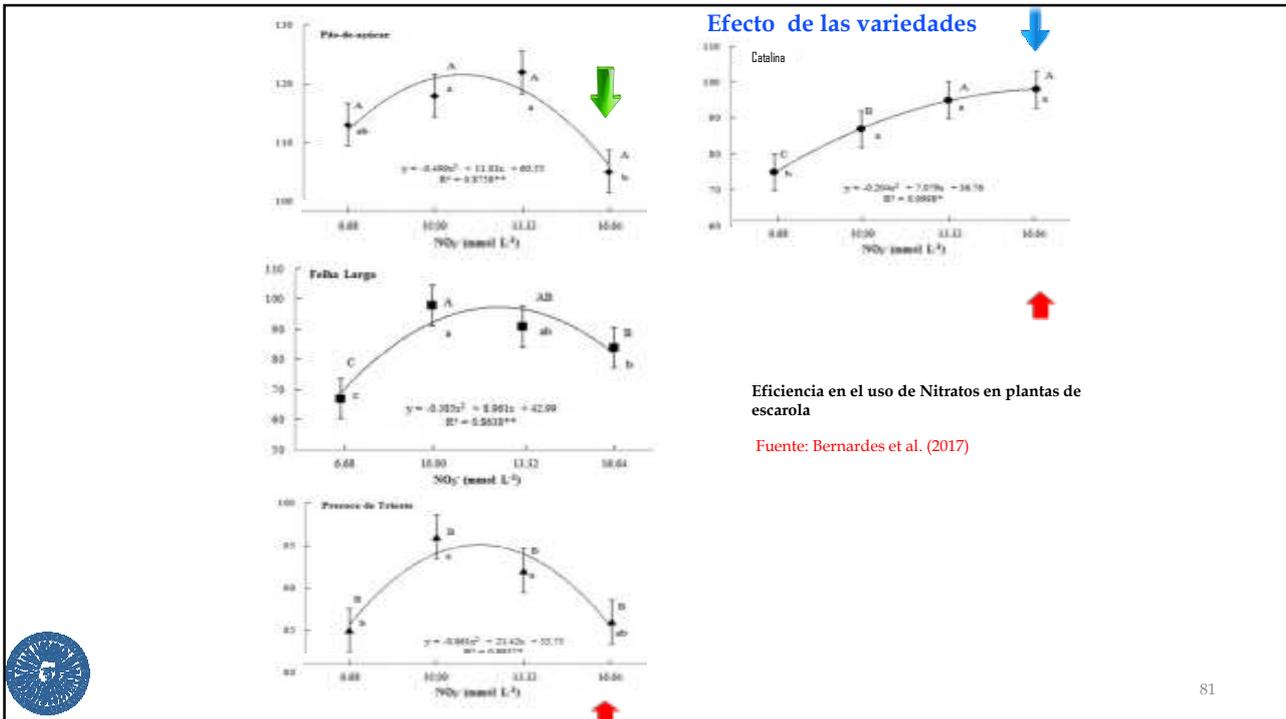
Ejemplos de niveles de referencia de disoluciones nutritivas tipos utilizadas o recomendadas en diversos cultivos hortícolas

Fuente	mmol L^{-1}									Cultivo y sistema
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺		
Coïc-Lesaint (1983)	12,0	-	1,65	0,75	2,0	3,1	0,75	5,2		Tomate
Sonneveld (1980)	10,5	1,50	-	2,5	0,5	3,75	1,0	7,0		Tomate. Lana de roca
Cadahía (1995)	7,5*	2	-	3,5		4,5	1,5	7		Tomate
Segura y Cadahía (1998)	15	2		2,5		5	1,5	9		Tomate y pimiento
García y Urrestarazu (1999)	12,5	2,00	-	1,75		5,0	1,80	5,0		Tomate. Perlita
Sonneveld y Straver (1994)	15,5	1,25	-	1,75	1,25	4,75	1,5	6,5		Pimiento. Lana de roca
Escobar (1993)	13,5	1,5	-	1,35	-	4,50	1,5	5,5		Pimiento. Perlita
Sonneveld y Straver (1994)	16,0	1,25	-	1,375	1,25	4,00	1,375	8,0		Pepino. Lana de roca
Sonneveld y Straver (1994)	12,0	1,25	-	1,125	1,0	3,25	1,25	5,5		Judía. Lana de roca
García y Urrestarazu (1999)	13,5	1,75	-	1,65	-	3,25	1,75	6,0		Judía. Perlita

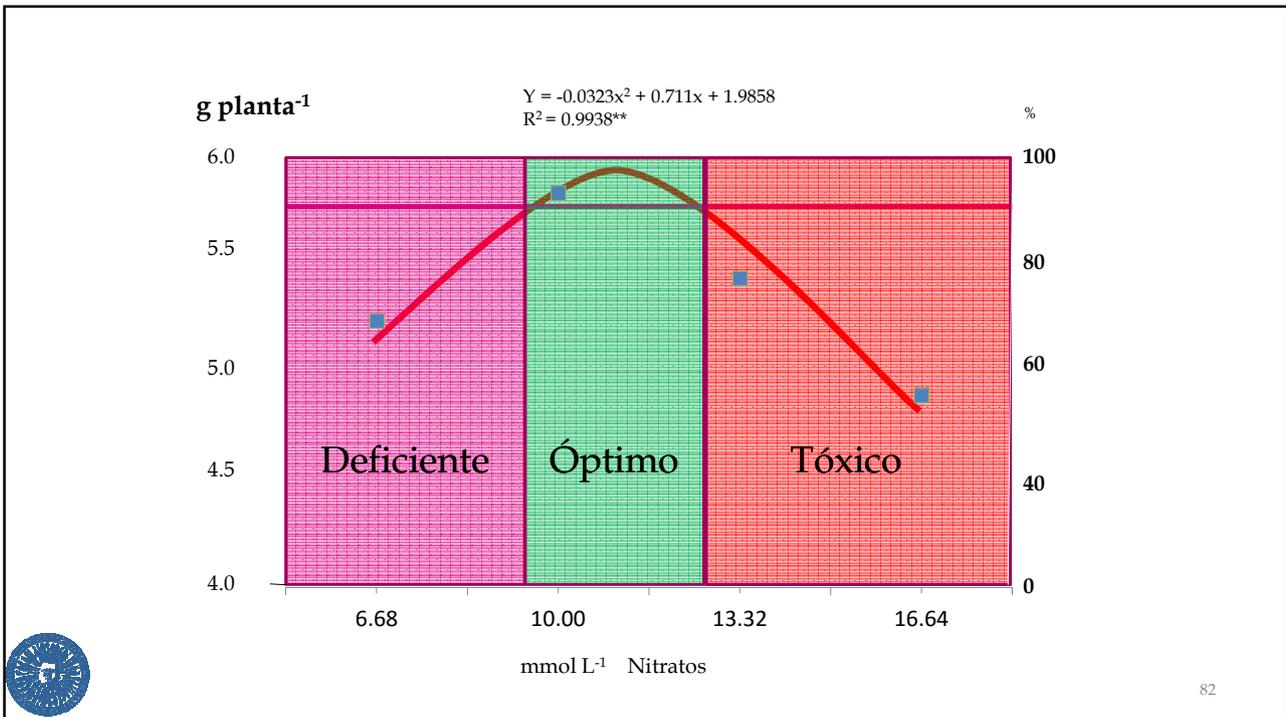
* En medio salino se debe incrementar según el caso hasta incluso 16 mmol L^{-1}



80

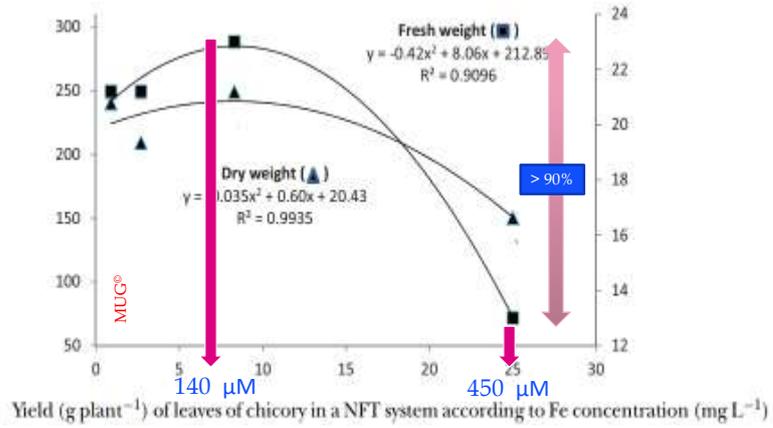


81



82

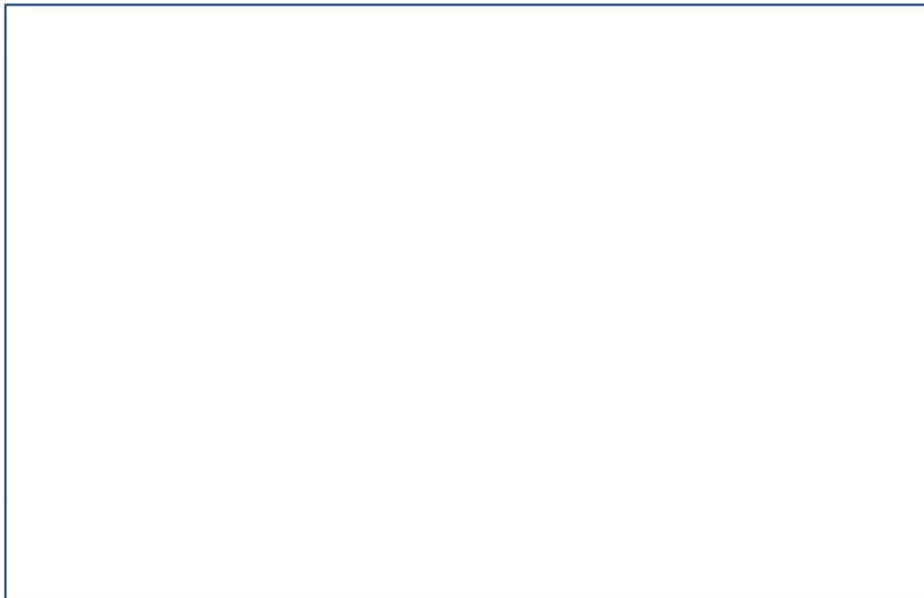
Efecto sobre la producción de los micronutrientes: diagnóstico visual

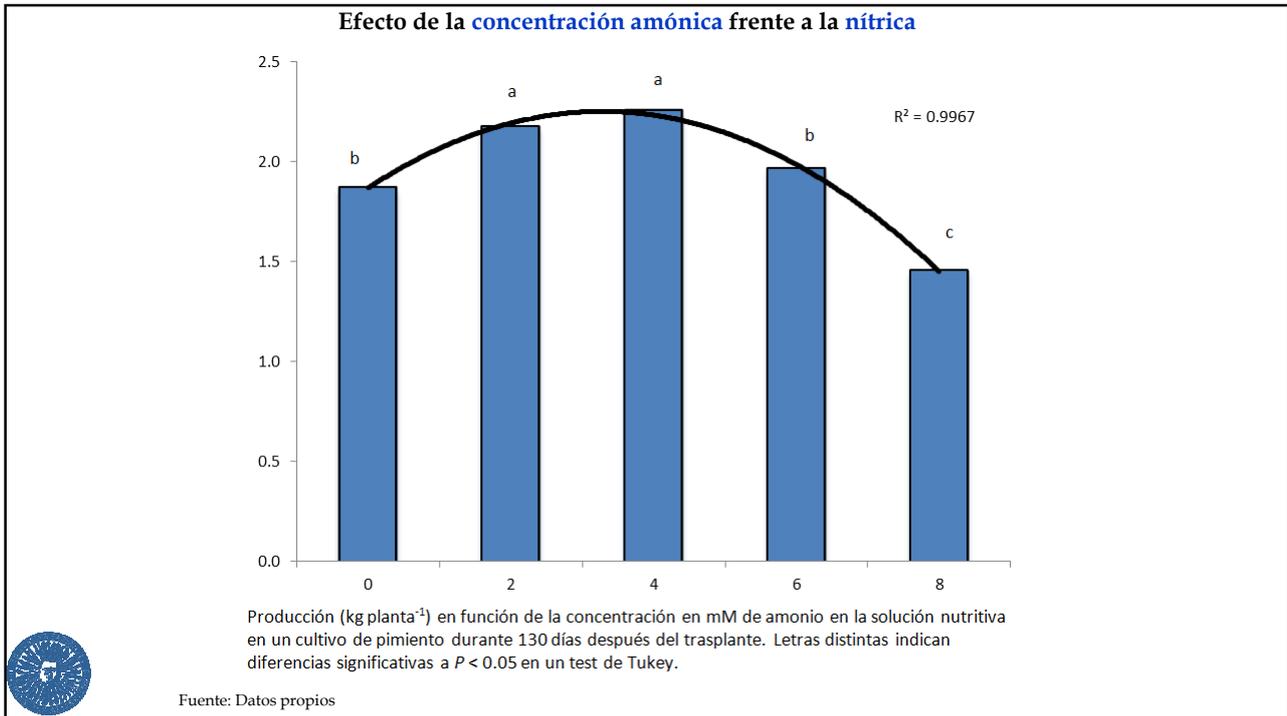


Fuente: Bernardes et al. (2014). JPN 38: 1489-1494. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.983609>

83

Efecto sobre la producción de los micronutrientes: diagnóstico visual



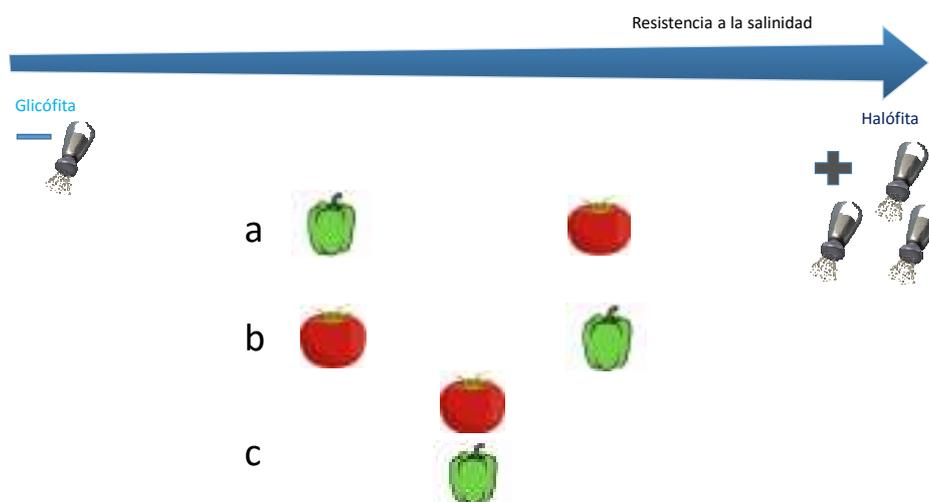


Efecto del **sustrato**: secuestro del nitrógeno por materiales orgánicos



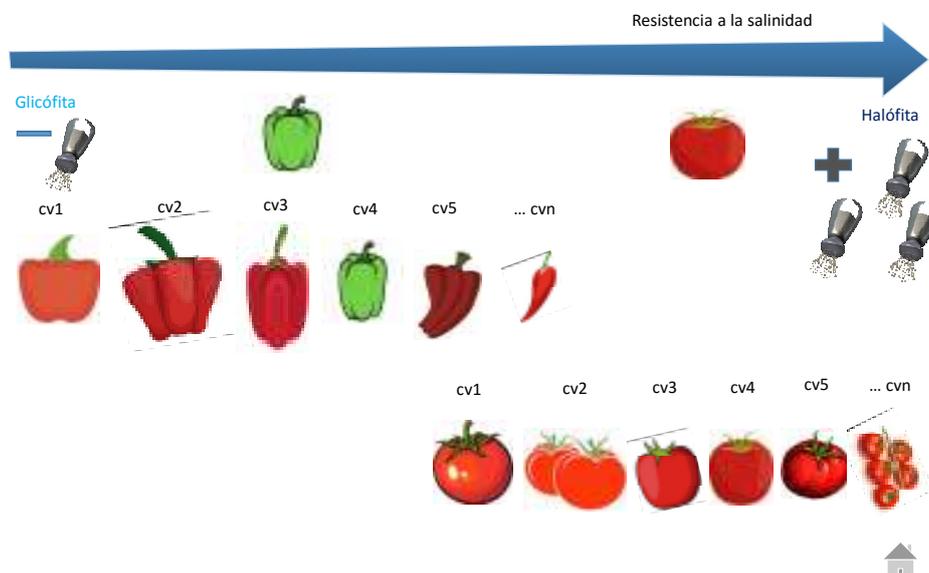
87

Efecto de los **cultivares**



88

Efecto de los cultivares



89

La disolución nutritiva con disoluciones madre concentrada

Relación de *kgs* o *litros* (en los ácidos) por metro cúbico de cada fertilizante a incorporar en una disolución madre 100 veces concentrada para que resulte una concentración final de 1 *me* por *litro* de cada ion nutritivo que lo forma (anión y catión)

Fertilizante	kilogramos	Litros
Ácido nítrico (37 %)	17.0	13.80
Ácido nítrico (59 %)	10.7	7.80
Ácido fosfórico (37 %)	26.5	21.20
Ácido fosfórico (75 %)	13.0	8.20
Nitrato potásico	10.1	
Nitrato amónico	8.0	
Nitrato cálcico (4H ₂ O)	11.8	
Nitrato cálcico (1H ₂ O)	9.1	
Nitrato magnésico	12.8	
Fosfato monopotásico	13.6	
Fosfato monoamónico	11.5	
Fosfato monocálcico (2H ₂ O)	11.1	
Sulfato potásico	8.7	
Sulfato magnésico	12.3	
Sulfato amónico	6.6	



90

La disolución nutritiva con disoluciones madre concentrada

Ejemplos de niveles de referencia de disoluciones nutritivas tipos utilizadas o recomendadas en diversos cultivos hortícolas

Fuente	<i>mmol L⁻¹</i>								Cultivo y sistema
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	
Cöic-Lesaint (1983)	12,0	-	1,65	0,75	2,0	3,1	0,75	5,2	Tomate
Sonneveld (1980)	10,5	1,50	-	2,5	0,5	3,75	1,0	7,0	Tomate. Lana de roca
Cadahía (1995)	7,5*	2	-	3,5		4,5	1,5	7	Tomate
Segura y Cadahía (1998)	15	2		2,5		5	1,5	9	Tomate y pimiento
García y Urrestarazu (1999)	12,5	2,00	-	1,75		5,0	1,80	5,0	Tomate. Perlita
Sonneveld y Straver (1994)	15,5	1,25	-	1,75	1,25	4,75	1,5	6,5	Pimiento. Lana de roca
Escobar (1993)	13,5	1,5	-	1,35	-	4,50	1,5	5,5	Pimiento. Perlita
Sonneveld y Straver (1994)	16,0	1,25	-	1,375	1,25	4,00	1,375	8,0	Pepino. Lana de roca
Sonneveld y Straver (1994)	12,0	1,25	-	1,125	1,0	3,25	1,25	5,5	Judía. Lana de roca
García y Urrestarazu (1999)	13,5	1,75	-	1,65	-	3,25	1,75	6,0	Judía. Perlita

* En medio salino se debe incrementar según el caso hasta incluso 16 *mmol L⁻¹*



91

La disolución nutritiva con disoluciones madre concentrada

Estadillo resuelto para calcular los gramos o litros a aportar de cada fertilizante comercial en función de los *me L⁻¹* requeridos de cada ion nutriente en la disolución tipo

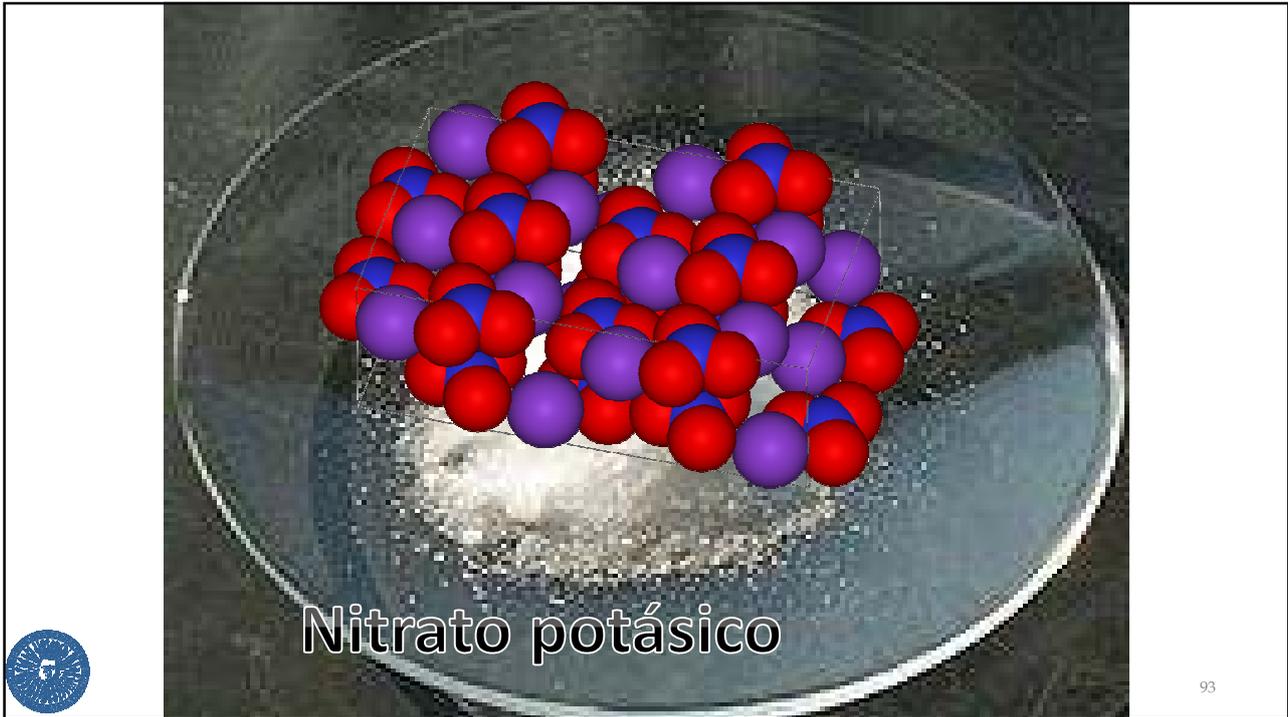
Pf (Peso de fertilizante) = $ce \times Pe \times vl \times c$. sustituyendo

Pf = $0.5 \text{ me L}^{-1} \times 89 \text{ mg me}^{-1} \times 1000 \text{ L} \times 100 = 4.000.000 \text{ mg}$ a añadir al tanque de 1000 litros;

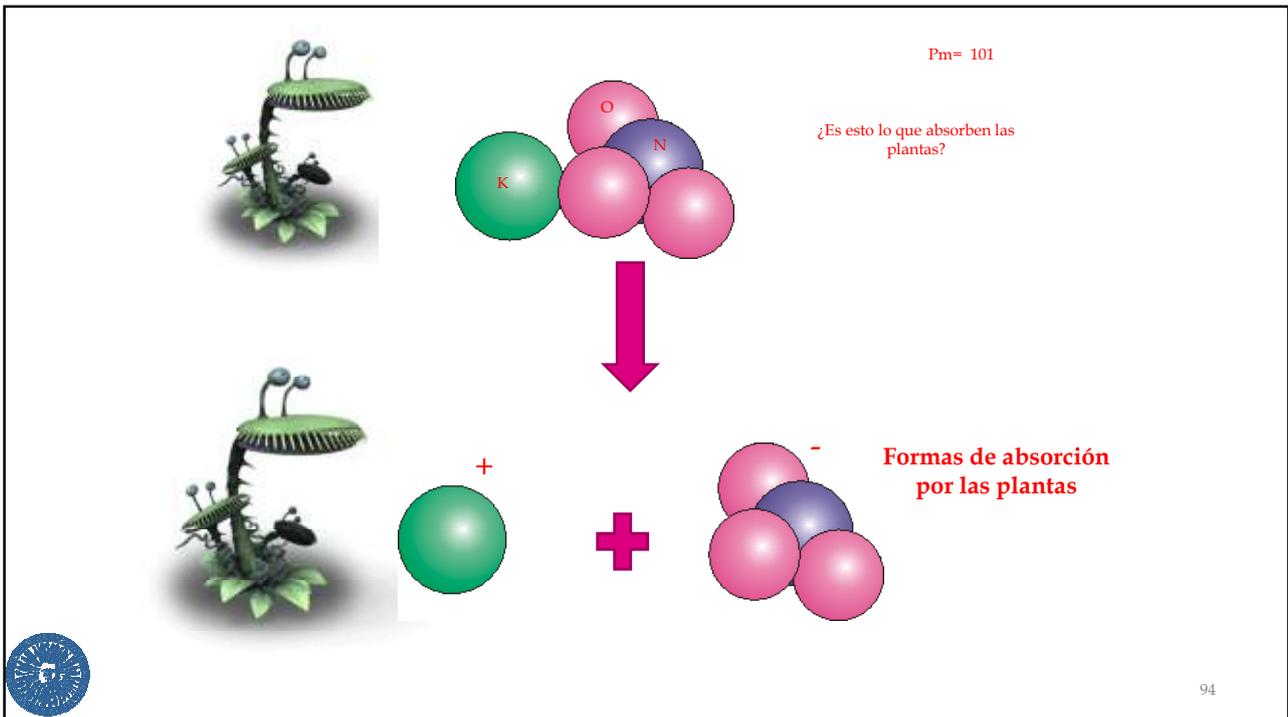
Pf = 4 kg serán los que tengamos que pesar para nuestro caso

Aniones (<i>me L⁻¹</i>)	HCO ₃ ⁻	Agua de riego	Cationes (<i>me L⁻¹</i>)				Total de cada anión	Fertilizante a utilizar	Peso (kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000L concentrada 100 veces	Descomposición en tan A
			NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺				
NO ₃ ⁻			0.5	-	-	-	10.5	Nitrato amónico ⁽¹⁵⁾	4.0 ⁽²¹⁾	
			-	0.5	-	2		Nitrato potásico y magnésico		12.63
			-	-	7.5	-		Nitrato cálcico ⁽¹⁷⁾		88.5
H ₂ PO ₄ ⁻			-	1.5	-	-	1.5	Fosfato potásico ⁽¹⁸⁾		
SO ₄ ²⁻			-	5.0	-	-	5.0	Sulfato potásico ⁽¹⁹⁾		
			-	-	-	-		volver		
Total de cada catión			0.5	7.0	7.5	2.0	17.0		Total:(kg o L) =	107.13

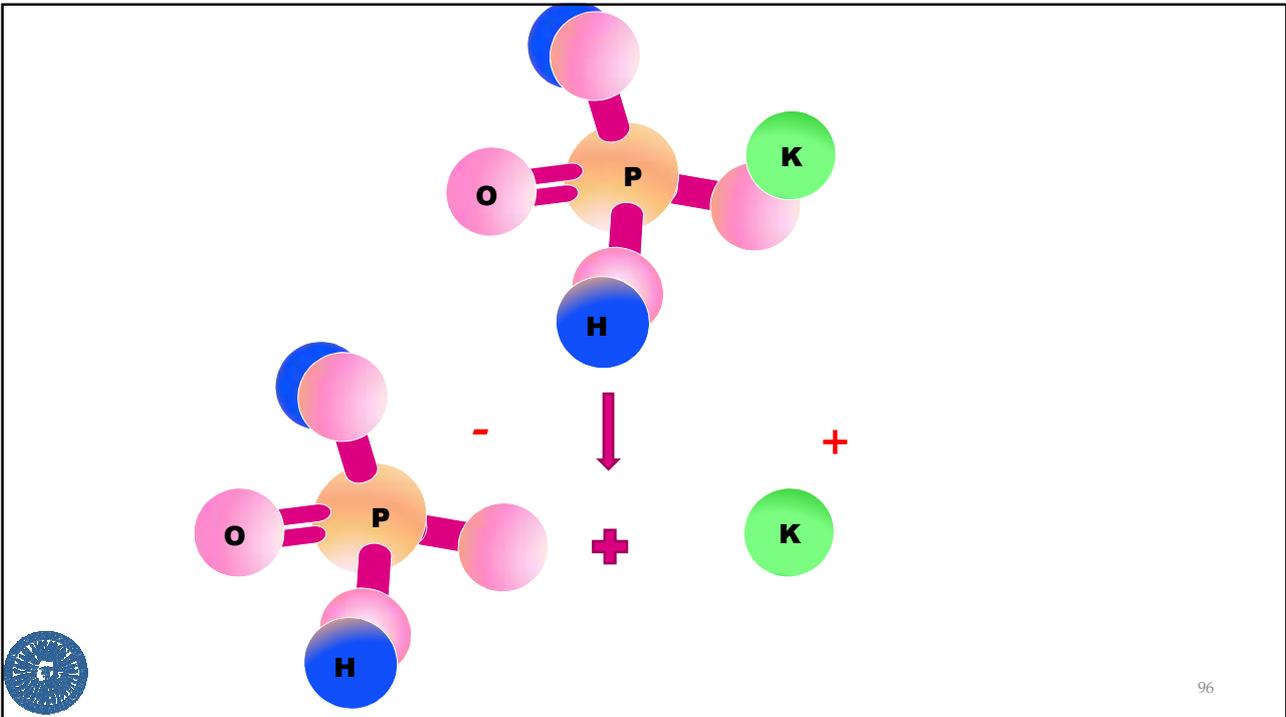
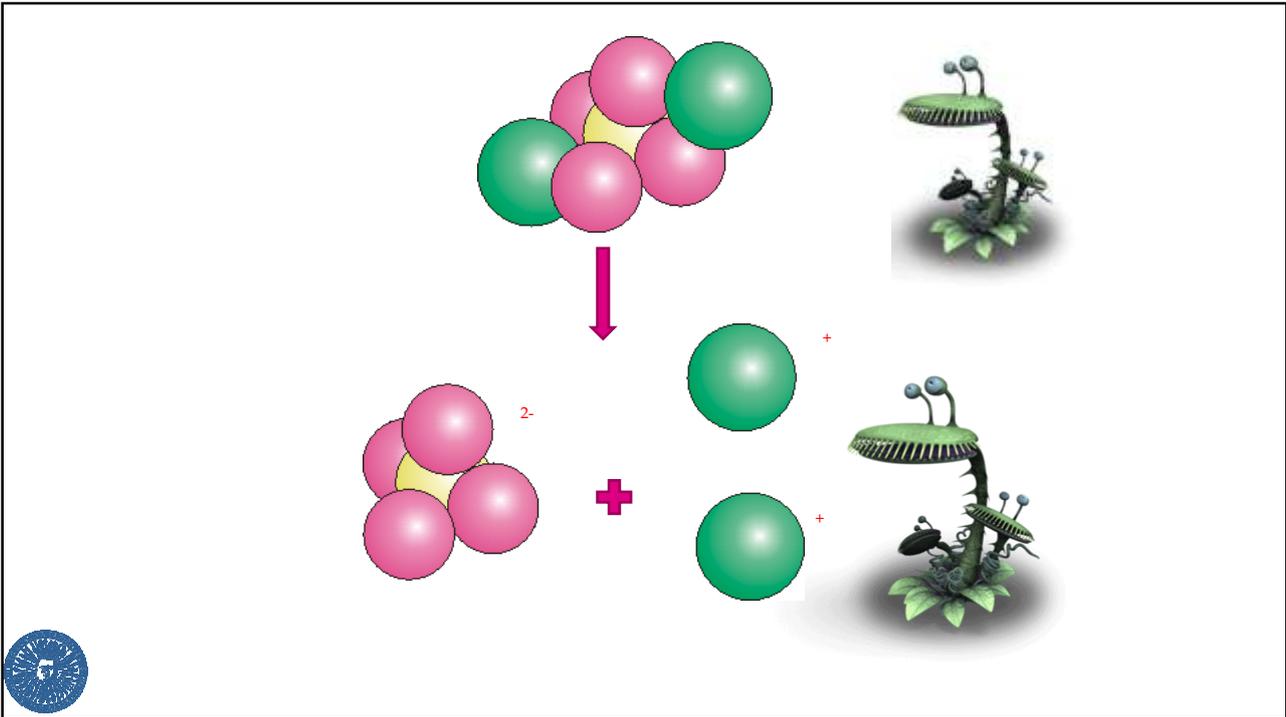




93



94



Conceptos a considerar

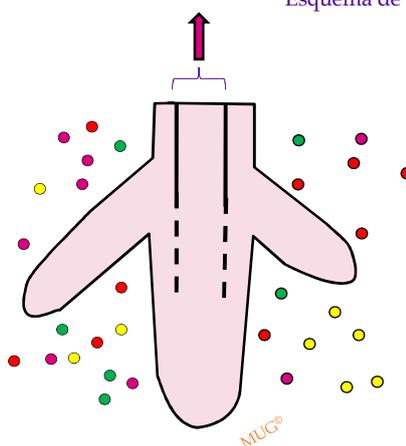
- Salinidad
- Estrés salino
- Solución nutritiva composición: Fertirrigación
- Concentración de absorción radical
- Efecto osmótico genérico
- Efecto iónico específico
- Salinidad y efecto en la producción
 - Cantidad
 - Calidad
 - Comercial
 - Salud



Basado en Urrestarazu 1997-2015 y Sonneveld 2001-2009

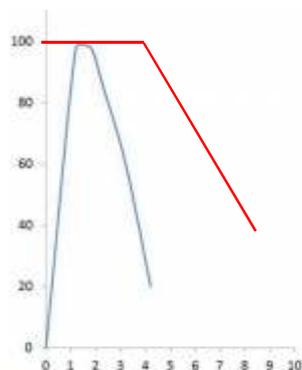
97

Esquema de transporte: parte de concentración de absorción

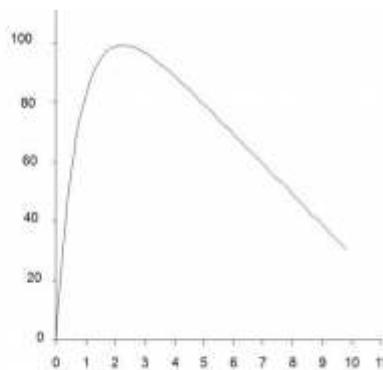


Comportamiento ante la salinidad

Planta de alta sensibilidad a la salinidad



Planta de alta tolerancia a la salinidad

Figure 2. Comparative mean yield (%) of parsley and chrysanthemum with the nutrient solution EC (dS m⁻¹) [Sonneveld (2004) and Sonneveld et al. (2005)].

Fuente: Álvaro et al. (2016)

99

CROP TOLERANCE AND YIELD POTENTIAL OF SELECTED CROPS AS INFLUENCED BY IRRIGATION WATER SALINITY (EC_w) OR SOIL SALINITY (EC_e)² YIELD POTENTIAL². Fuente: Adapted from Maas and Hoffman (1977) and Maas (1984).

FIELD CROPS	100%		90%		75%		50%		0% Maximum	
	EC _e	EC _w								
Barley (<i>Hordeum vulgare</i>) ⁴	8.0	5.3	18	8.7	13	8.4	17	12	27	19
Cotton (<i>Gossypium hirsutum</i>)	7.7	5.3	9.6	6.4	13	8.4	17	12	27	18
Sugarbeet (<i>Beta vulgaris</i>) ⁵	7.0	4.7	8.7	5.8	11	7.5	15	10	24	16
Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i>)	6.8	4.3	7.4	5.0	8.4	5.6	9.9	6.7	13	8.7
Wheat (<i>Triticum aestivum</i>) ^{4,6}	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.3	13	8.7	20	13
Wheat, durum (<i>Triticum turgidum</i>)	5.7	3.8	7.6	5.0	10	6.9	15	10	24	16
Soybean (<i>Glycine max</i>)	5.0	3.3	5.5	3.7	6.3	4.2	7.5	5.0	10	6.7
Cowpea (<i>Vigna unguiculata</i>)	4.9	3.3	5.7	3.8	7.0	4.7	9.1	6.0	13	8.8
Groundnut (Peanut) (<i>Arachis hypogaea</i>)	3.2	2.0	3.5	2.4	4.1	2.7	4.9	3.3	6.6	4.4
Rice (paddy) (<i>Oriza sativa</i>)	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8	11	7.6
Sugarcane (<i>Saccharum officinarum</i>)	1.7	1.0	3.4	2.3	5.9	4.0	10	6.8	19	12
Corn (maize) (<i>Zea mays</i>)	1.7	1.0	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Flax (<i>Linum usitatissimum</i>)	1.7	1.0	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Broadbean (<i>Vicia faba</i>)	1.5	1.0	2.6	1.8	4.2	2.0	6.8	4.5	12	8.0
Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.3	4.2

CROP TOLERANCE AND YIELD POTENTIAL OF SELECTED CROPS AS INFLUENCED BY IRRIGATION WATER SALINITY (EC_w) OR SOIL SALINITY (EC_e)¹ YIELD POTENTIAL². Fuente: Adapted from Maas and Hoffman (1977) and Maas (1984).

VEGETABLE CROPS	100%		90%		75%		50%		0% Maximum		dS m ⁻¹
	EC _e	EC _w									
Squash, zucchini (courgette) (<i>Cucurbita pepo melopepo</i>)	4.7	3.1	5.8	3.8	7.4	4.9	10	6.7	15	10	> 2
Beet, red (<i>Beta vulgaris</i>) ⁵	3.8	2.7	5.1	3.4	6.8	4.5	9.6	6.4	15	10	
Squash, scallop (<i>Cucurbita pepo melopepo</i>)	3.2	2.1	3.8	2.6	4.8	3.2	6.3	4.2	9.4	6.3	
Broccoli (<i>Brassica oleracea botrytis</i>)	2.8	1.9	3.9	2.6	5.5	3.7	8.2	5.5	14	9.1	2
Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	2.5	1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0	13	8.4	
Cucumber (<i>Cucumis sativus</i>)	2.5	1.7	3.3	2.2	4.4	2.9	6.3	4.2	10	6.8	
Spinach (<i>Spinacia oleracea</i>)	2.0	1.3	3.3	2.2	5.3	3.5	8.6	5.7	15	10	
Celery (<i>Apium graveolens</i>)	1.8	1.2	3.4	2.3	5.8	3.9	9.9	6.6	18	12	
Cabbage (<i>Brassica oleracea capitata</i>)	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6	12	8.1	1
Potato (<i>Solanum tuberosum</i>)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7	
Corn, sweet (maize) (<i>Zea mays</i>)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7	
Sweet potato (<i>Ipomoea batatas</i>)	1.5	1.0	2.4	1.6	3.8	2.5	6.0	4.0	11	7.1	
Pepper (<i>Capsicum annuum</i>)	1.5	1.0	2.2	1.5	3.2	2.2	3.4	8.6	5.8	5.8	
Lettuce (<i>Lactuca sativa</i>)	1.2	0.9	2.1	1.4	3.2	2.1	3.4	9.0	9.0	9.0	< 1
Radish (<i>Raphanus sativus</i>)	1.2	0.8	2.0	1.3	3.1	2.1	3.4	9.0	9.0	9.0	
Onion (<i>Allium cepa</i>)	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	3.0	6.1	3.4	
Carrot (<i>Daucus carota</i>)	1.0	0.7	1.7	1.1	2.8	1.9	4.6	3.0	6.1	3.4	

101

Relación entre **producción** (rendimiento total) y calibre medio calidad organoléptica y/o el contenido en materias de interés nutricional

MUG® Almería

FERTIRRIGACIÓN: UNA SOLUCIÓN
A TRAVÉS DEL MANEJO TÉCNICO-CIENTÍFICO PROFESIONAL

102

Relación entre **producción** (rendimiento total) y calibre medio
calidad organoléptica y/o el contenido en materias de interés nutricional



FERTIRRIGACIÓN: UNA SOLUCIÓN

A TRAVÉS DEL MANEJO TÉCNICO-CIENTÍFICO PROFESIONAL

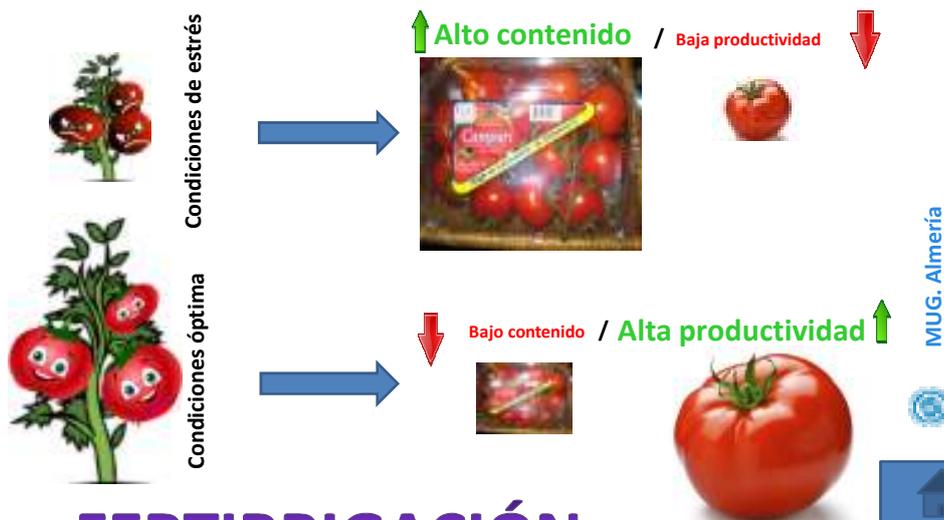
...la libertad. Sancho. es uno de los más preciosos dones que a los hombres dieron los cielos; con ella no pueden igualarse los tesoros que encierra la tierra ni el mar encubre ... (El Quijote)



MUG. Almería

103

Relación entre **estrés de cultivo** y
calidad organoléptica y/o el contenido en materias activas de interés nutricional



FERTIRRIGACIÓN: UNA SOLUCIÓN

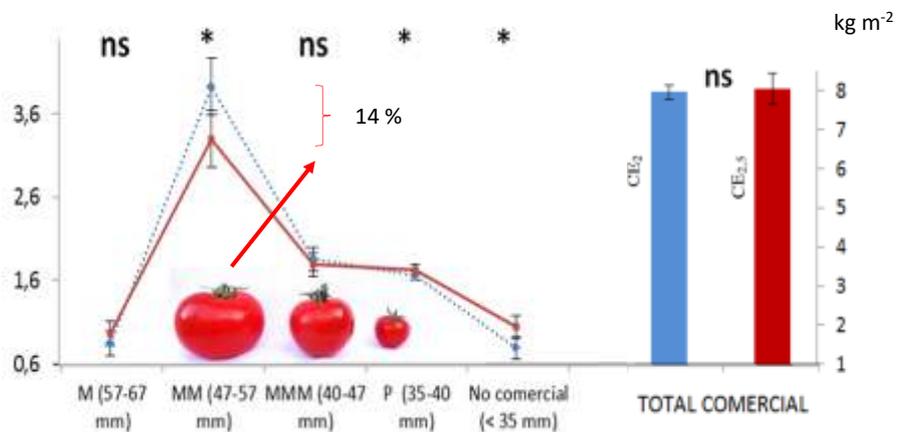
A TRAVÉS DEL MANEJO TÉCNICO-CIENTÍFICO PROFESIONAL



MUG. Almería

104

Un ejemplo moderado estrés de cultivo y productividad



Fuente: Morales y Urrestarazu (2013)

[Volver](#)

105

Información del producto

ANALÍTICA	UNIDAD	TÍPICO	ESPECIFICACIONES	
			Min.	Max.
Nitrógeno Total (N)	%	13.5	13.1	13.8
Nitrógeno Nitrico (N-NO ₃)	%	13.5	13.1	13.8
Óxido de Potasio Soluble en agua (K ₂ O)	%	46.5	46.2	46.7
Potasio Soluble en agua (K)	%	38.6	38.4	38.8
pH (Solución al 10%)		9.0	6	11
Humedad	%	0.12	-	0.16
Insolubles en agua	ppm	350	-	700
Sodio (Na)	ppm	150	-	300



Haifa Chemicals Ltd.

[Volver](#)

Tres niveles: adecuación para la fabricación del fertirriego

