

Jornada Técnica
"FERTIRRIEGO: AGUA Y NUTRIENTES CON PRECISIÓN"
en cultivos intensivos y perennes

San Miguel de Tucumán (Tucumán), Lunes 9/10/2017
Mendoza (Mendoza), Miércoles 11/10/2017
La Plata-Chacra Experimental Gorina (Bs. As.), Viernes 13/10/2017

Dirigido a Técnicos y Productores
Asesores Públicos y Privados



➤. **Disertantes de primer nivel internacional:**

Dra. María del Carmen Salas Sanjuan, España
Ing. Agrónomo Luiz Dimenstein, Brasil

➤. **Cupos Limitados**

Organizan

Co-Organizan



Buenos Aires
Provincia



CIAFA
COMITÉ ARGENTINO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS
DE FERTILIZANTES Y AGROQUÍMICOS



ESTACIÓN EXPERIMENTAL
AGROINDUSTRIAL
OBISPO COLOMBRES
Tucumán | Argentina



UNIVERSIDAD
DE SAN PABLO-T
Tucumán | Argentina

Patrocinan





UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

MÁSTER EN
HORTICULTURA MEDITERRÁNEA
BAJO INVERNADERO

Métodos y técnicas en nutrición vegetal y fertirriego en agricultura bajo cubierta

Dra. Ma. del Carmen Salas Sanjuán
Dpto. Agronomía
Universidad de Almería
España



csalas@ual.es



NUTRICIÓN VEGETAL- FERTIRRIGACIÓN (*Riego por goteo*)

Aplicación regular y a bajas concentraciones de nutrientes disueltos en el agua de riego.

- Permite adecuar la aplicación de agua y nutrientes a la demanda hídrica y nutricional del cultivo y minimizar las pérdidas por lixiviación.
- Permite el **manejo de la nutrición hídrica y mineral** de los cultivos de la manera más eficiente posible para mejorar la productividad y proteger al medio ambiente.

MANEJO DE LA FERTIRRIGACIÓN:

Cantidad de nutrientes aplicados es *TAMBIEN* función del volumen de irrigación- Gestión óptima de la fertirrigación requiere el manejo *CONJUNTO* del riego y de los nutrientes

Necesidades hídricas en hortícolas en invernadero en un ciclo de cultivo

Cultivo		Agua incorporada (L m ²)	Agua aplicada (L m ²)	Producción kg m ²	Fuente
Tomate	Fibra de coco	245		15,4	Salas et al., 2000
	Perlita	118,6		12,1	Alarcón et al., 20 01.
Tomate	Suelo		706,6/795,2	13,1/ 14,9	Pardo et al., 2001
	Suelo acolchado		607,7/655,2	14,1/17,4	
Tomate primavera	Enarenado		617,2		Estación Experimental Cajamar, 2005
Tomate otoño	Enarenado		668,3		Estación Experimental Cajamar, 2005
Tomate cherry	Lana de roca	110		3,6	Salas et al., 2000
Pepino					
Pepino holandés	Enarenado		355,5		Estación Experimental Cajamar, 2005
Melón	Perlita	304	352,8	4,5	Salas et al., 2005
Melón	Lana de roca	260	315,6	6,55	Mazuela et al., 2005
Melón	Enarenado		534,5		Estación Experimental Cajamar, 2005
Pimiento	Perlita			8,3	López et al., 2005b
Pimiento corto	Enarenado		592,5		Estación Experimental Cajamar, 2005
Pimiento largo grueso	Enarenado		637,8		Estación Experimental Cajamar, 2005

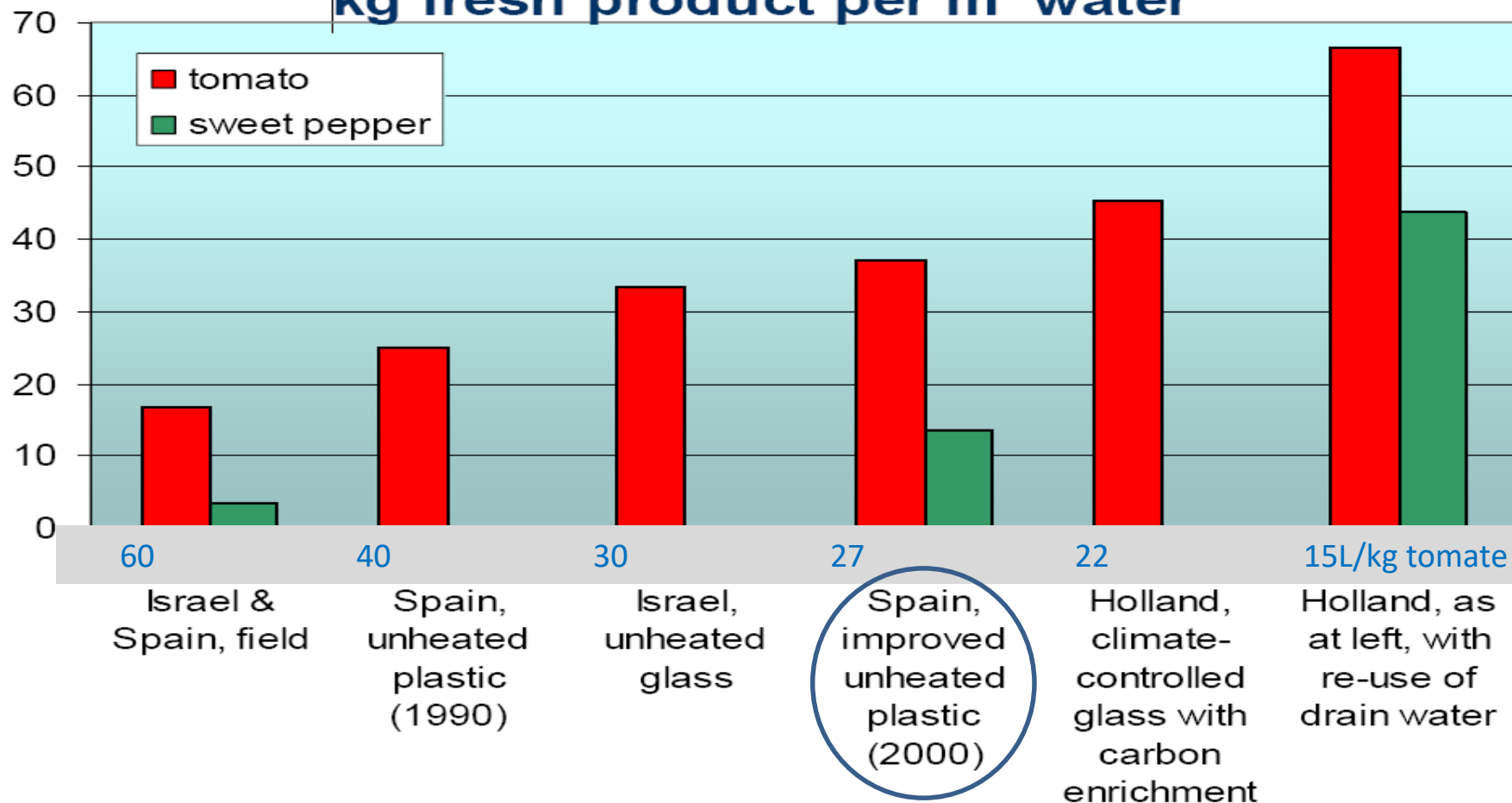
25-70 L/kg de fruto obtenido

Emisiones de nitratos y fosfatos al medioambiente (g m⁻²) en un ciclo de cultivo y Coeficiente de contaminación por nitratos (g nitratos emitidos/kg producido)

		Emisiones (g m ⁻²)			
Cultivo		NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	g NO ₃ ⁻ emitido/ kg producido	Fuente
Pimiento	Perlita	61,8		7,5	Salas <i>et al.</i> , 2003
Melón					
	Fibra de pino	74,4	26,2	11,8	
Melón	Perlita	29,3		5,6	Salas <i>et al.</i> , 2003
	Perlita	15,7		3,3	
Melón	Cáscara de almendra	58,9/66,3	11,6/15,5		Martínez <i>et al.</i> , 2005
	Lana de roca	85,6/67,0	16,5/21,3		
Tomate	Suelo desnudo	58,0/84,4		4,4/5,7	Pardo <i>et al.</i> , 2001
	Suelo acolchado	54,5/40,2		3,9/2,3	
Tomate tipo cherry				11,4	Salas, 2000
	Lana de roca	40,9			
Tomate	Perlita	147,7		12,2	Alarcón <i>et al.</i> , 2001
Tomate					
	Cáscara de almendra	137,6	30,6	10,9	Martinez <i>et al.</i> , 2005
Tomate	Perlita	158	25	23,9	
	Fibra de coco	121	20	17,0	
Media		84,1	20,2	10,8	

3 – 24 g NO₃ emitido / kg fruto producido

kg fresh product per m³ water





NUTRICIÓN VEGETAL- FERTIRRIGACIÓN (*Riego por goteo*)

30 000 ha de producción hortícola en invernadero- 100% fertirrigada





Agua+nutrientes: fertirrigación

Agua+nutrientes: fertirrigación

- Consumo de nutrientes por la planta: formas químicas, competencia-interacciones, relación entre suministro-consumo
- Equilibrios nutricionales-SN
- Fuentes de nutrientes: Fertilizantes
- Formas de añadir los fertilizantes: sistemas de fertirriego
- ¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo
- Control del manejo de la nutrición hídrica y mineral del cultivo

Agua+nutrientes: fertirrigación

- Consumo de nutrientes por la planta: formas químicas, competencia-interacciones, relación entre suministro-consumo
- Equilibrios nutricionales-SN
- Fuentes de nutrientes: Fertilizantes
- Formas de añadir los fertilizantes: sistemas de fertirriego
- ¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo
- Control del manejo de la nutrición hídrica y mineral del cultivo

Consumo de nutrientes por la planta: formas químicas, competencia-interacciones, relación entre suministro-consumo

Consumo de nutrientes:

SOLO cationes disueltos en agua (intercambiables)

SOLO aniones disueltos en agua

Cationes (carga positiva)				Aniones (carga negativa)		
Ca	Mg	K	N	S	P	N
Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	NH_4^{+}	SO_4^{2-}	$\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$	NO_3^{-}



Consumo de nutrientes por la planta: formas químicas, competencia-interacciones, relación entre suministro-consumo

Consumo de cationes

Consumo PASIVO



- Flujo de agua
- No consumo de energía
- En zonas radicales:
 - Puntas de las raíces (zonas en división)
 - Filtración por las células de la endodermis
- No selectivo

- Ca y Mg consumo pasivo
- Na consumo pasivo y excreción activa

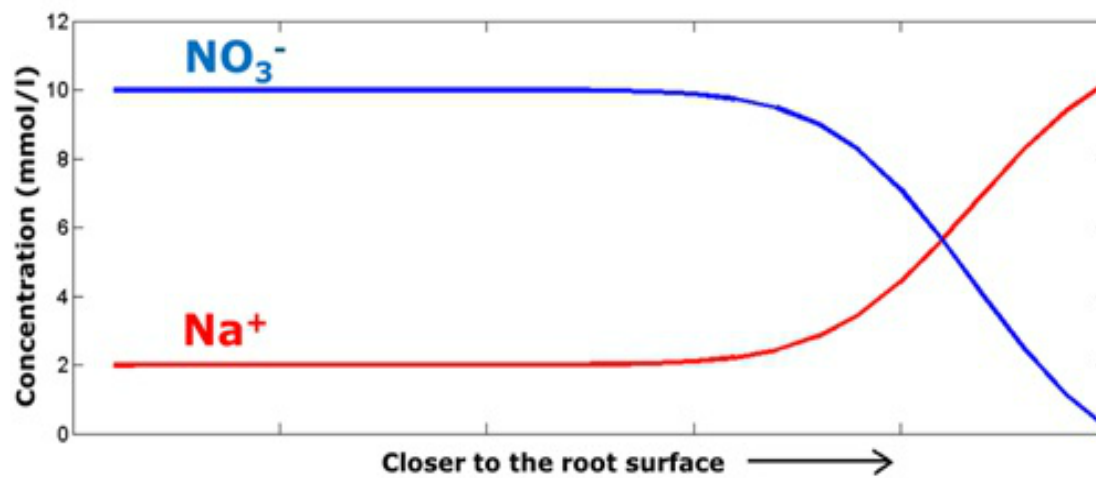
Todos los cationes excepto NH_4 y K

Consumo de nutrientes por la planta: formas químicas, competencia-interacciones, relación entre suministro-consumo

Consumo de cationes-aniones

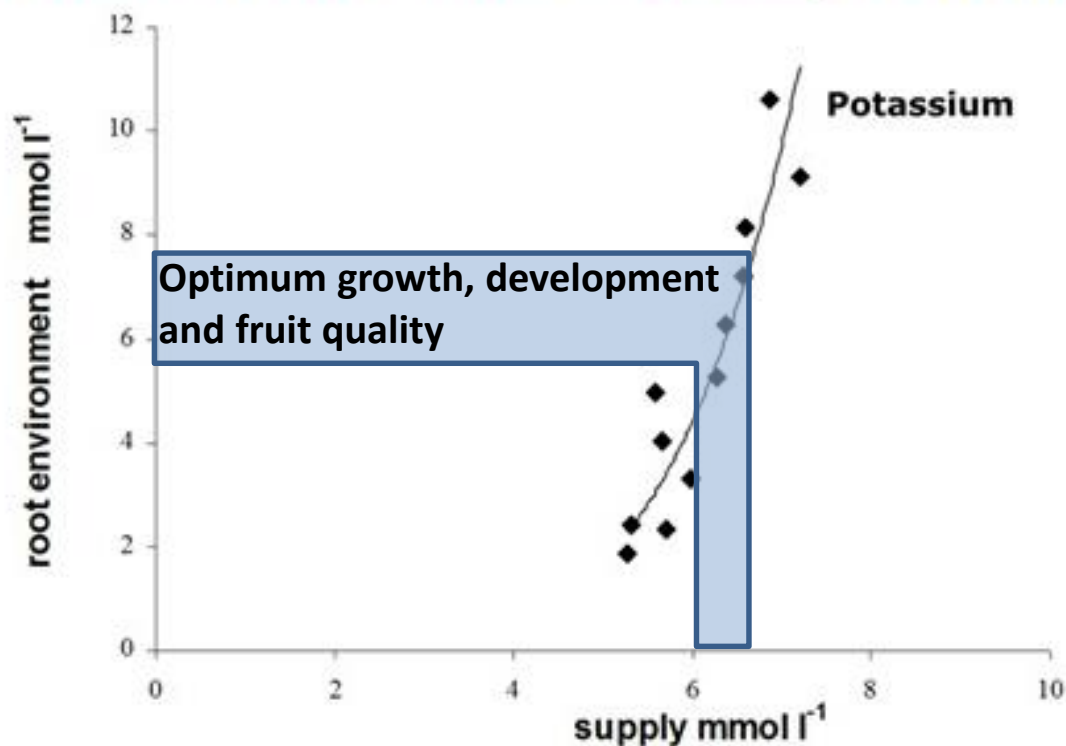
Consumo ACTIVO

- Regulado por la planta
- Consumo de energía
- Aniones, K y NH_4



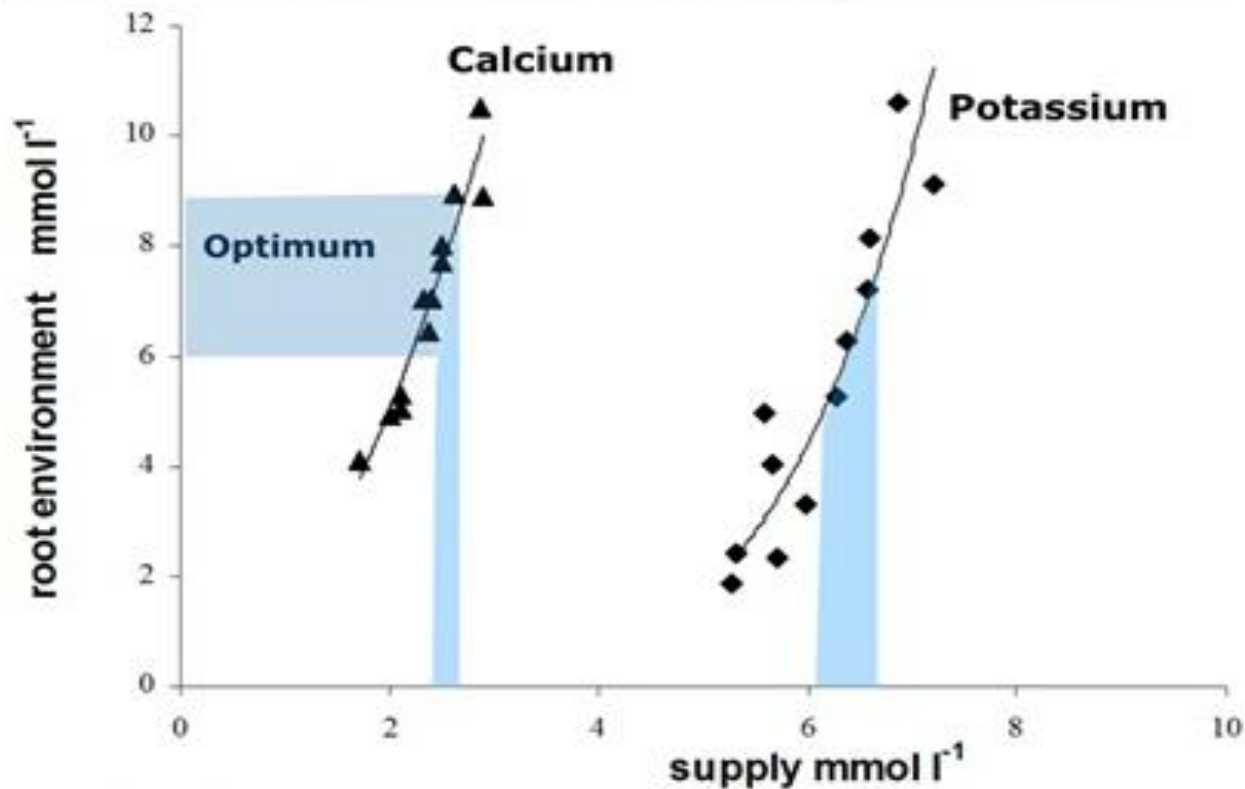
Relación entre la concentración suministrada y en el ambiente radical

Experiment with tomato at EC 2.8, recirculation

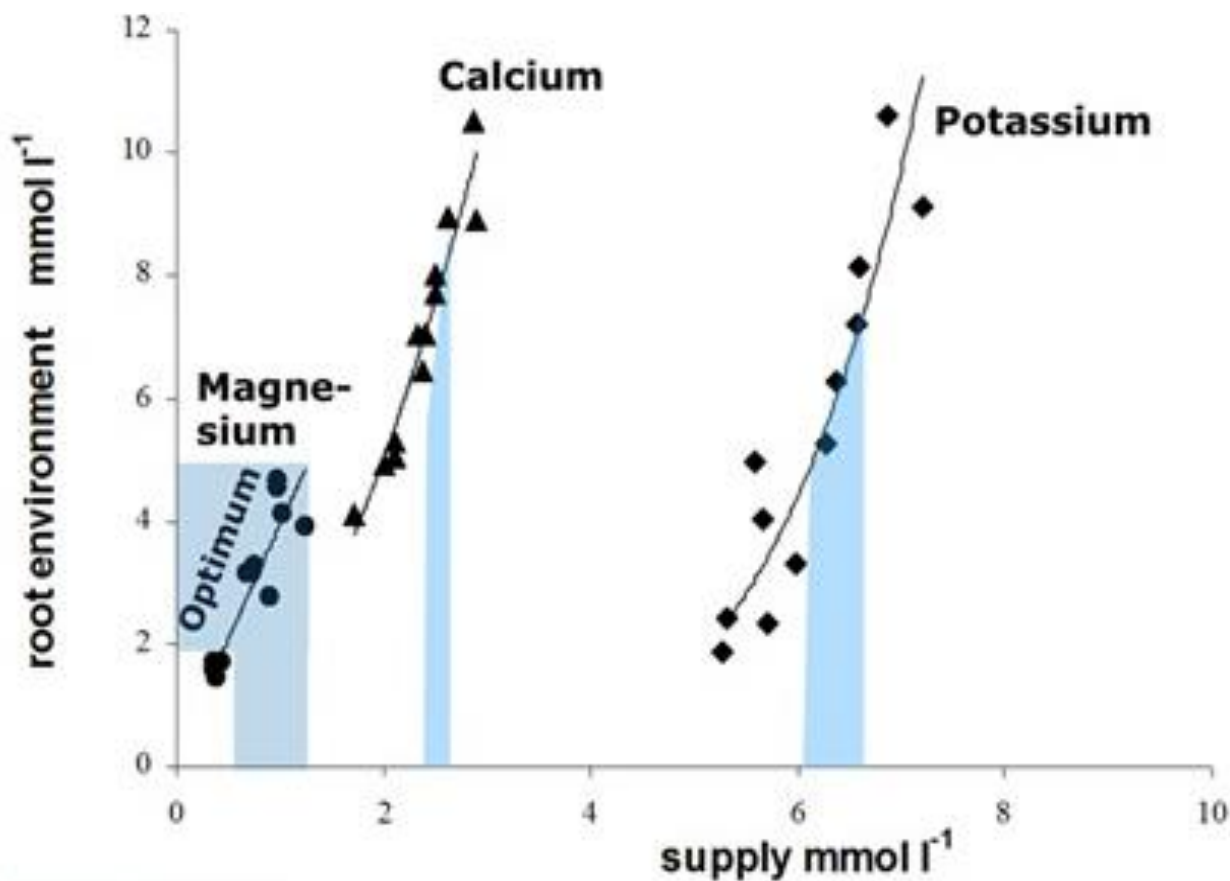


Relación entre la concentración suministrada y en el ambiente radical

Experiment with tomato at EC 2.8, recirculation



Relación entre la concentración suministrada y en el ambiente radical



Consumo de cationes

COMPETENCIA entre cationes

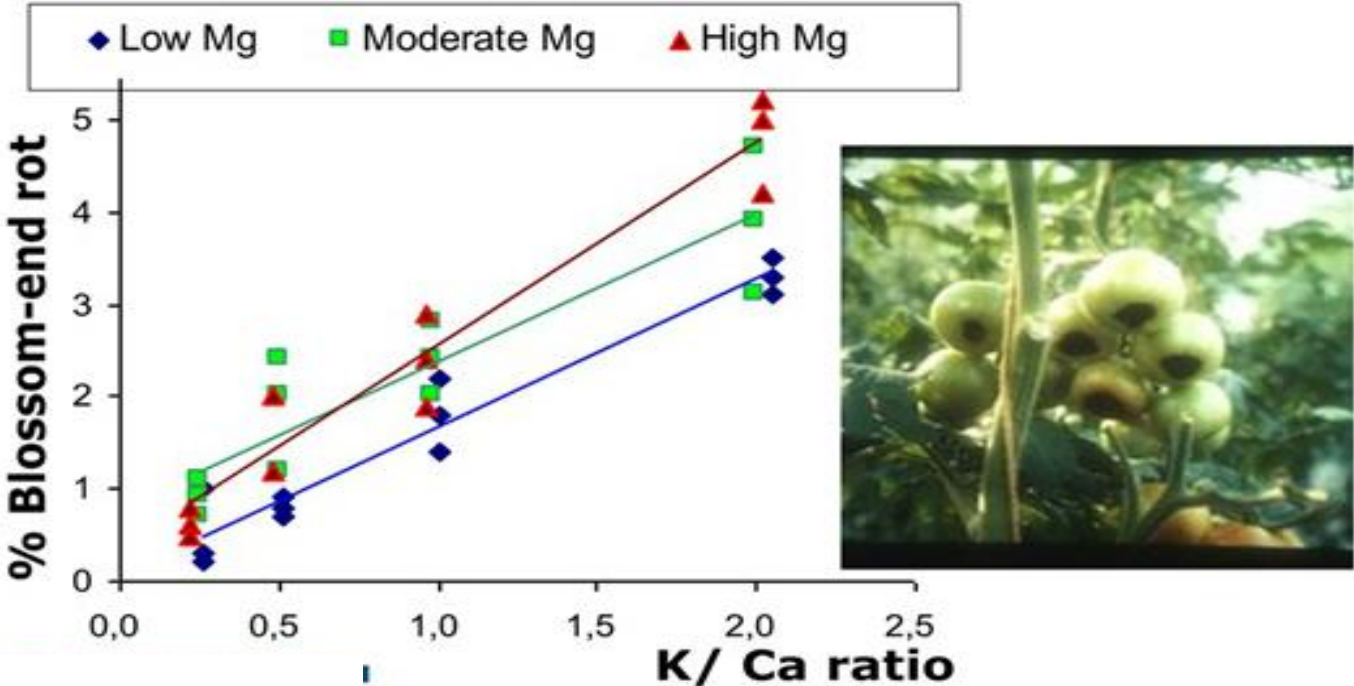
Relación de consumo de cationes frente a concentración en el medio radical

K ↔ Na ↔ NH₄ ↔ Ca ↔ Mg

- $K_{\text{plant}} / Ca_{\text{plant}} \equiv K_{\text{medium}} / Ca_{\text{medium}}$
- $Na_{\text{plant}} / Ca_{\text{plant}} \equiv Na_{\text{medium}} / Ca_{\text{medium}}$
- $Mg_{\text{plant}} / Ca_{\text{plant}} \equiv Mg_{\text{medium}} / Ca_{\text{medium}}$

Efecto de la Relación K/Ca en la calidad

Effect of K:Ca ratio on quality: Blossom-end rot





Agua+nutrientes: fertirrigación

- Consumo de nutrientes por la planta: formas químicas, competencia-interacciones, relación entre suministro-consumo
- **Equilibrios nutricionales-SN**
- Fuentes de nutrientes: Fertilizantes
- Formas de añadir los fertilizantes: sistemas de fertirriego
- ¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo
- Control del manejo de la nutrición hídrica y mineral del cultivo

Equilibrios nutricionales-SN

Objetivos del riego-fertirriego

- ✓ Disponibilidad de nutrientes
Macronutrientes+micronutrientes

Suministro de nutrientes
Fertilizantes

Equilibrio y nivel óptimo de
nutrientes-agua



Equilibrios nutricionales-SN

Nutrientes: Macronutrientes

Formas de expresar los macronutrientes en relación al consumo de nutrientes

Cationes				Aniones		
Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	NH_4^+	SO_4^{2-}	H_2PO_4^-	NO_3^-
CaO	MgO	K_2O	N	SO_2	P_2O_5	N

Cantidad de macronutrientes en relación al consumo de nutrientes

Kg ha-1 \longleftrightarrow mol ha-1

mg L-1 = ppm \longleftrightarrow mmol L-1 \longleftrightarrow me L-1 = mmolc+ L-1

Ej.: K / K_2O

Equilibrios nutricionales-SN

Equilibrios nutricionales: Macronutrientes +micronutrientes

Disoluciones nutritivas recomendadas para diversos cultivos hortícolas

Fuente	mmol _c L ⁻¹								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)	12,00	-	3,30	1,50	2,00	6,20	1,50	5,20	Tomate
Sonneveld (1980)	10,50	1,50	-	5,00	0,50	7,50	2,00	7,00	Tomate. Lana de roca
Cadahía (1995)	7,50	2,00	-	7,00	-	9,00	3,00	7,00	Tomate
Segura y Cadahía (1998)	15,00	2,00	-	5,00	-	10,00	3,00	9,00	Tomate y pimiento
García (1999)	12,50	2,00	-	3,50	-	10,00	3,60	5,00	Tomate. Perlita
Sonneveld y Straver (1994)	15,50	1,25	-	3,50	1,25	9,50	3,00	6,50	Pimiento. Lana de roca
Escobar (1993)	13,50	1,50	-	2,70	-	9,00	3,00	5,50	Pimiento. Perlita
Sonneveld y Straver (1994)	16,00	1,25	-	2,75	1,25	8,00	2,75	8,00	Pepino. Lana de roca
Sonneveld y Straver (1994)	12,00	1,25	-	2,25	1,00	6,50	2,50	5,50	Judía. Lana de roca
García (1999)	13,50	1,75	-	3,30	-	6,50	3,50	6,00	Judía. Perlita

Características del fertirriego:

C.E. y pH



Disponibilidad de nutrientes

- **C.E. Potencial osmótico**

No iones

2,0-3,5 dS m⁻¹

- **pH Solubilidad de nutrientes**

CIC

5,0-6,0

Actividad biológica



Na and Cl effect on yield

EC increased by

- nutrients: all nutrients increased proportionally
- NaCl: above EC 2.3 all is NaCl

EC (dS/m)	Tomato yield (%)		Cucumber yield (%)	
	Nutrients	NaCl	Nutrients	NaCl
2.5	100		100	
3.7	94		92	
5.2	83		78	



Equilibrios nutricionales-SN

Contenido en sales

CE

Potencial osmótico (PO)

kPa = 40 CE (dS m⁻¹)

- Límite máximo : 100-200 kPa PO
- Límite mínimo : 60 kPa

CE = 3-6 dSm⁻¹

CE = 1,5 dS m⁻¹

	Pimiento	Tomate	Pepino Largo	Judía	Calabacín	Melón	Sandía	Berenjena
pH	5,5	5,8	5,5	5,8	5,8	5,5	5,8	5,5
CE	1-1,8	1,8-3,6	1,6-3	1,5-2,8	1,8-2,8	1,8-2,8	1,9-2,4	1,6-3,2

Disponibilidad de nutrientes

Fuente	Mmol _{c+} L ⁻¹								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)	12,00	-	3,30	1,50	2,00	6,20	1,50	5,20	Tomate
Sonneveld (1980)	10,50	1,50	-	5,00	0,50	7,50	2,00	7,00	Tomate . Lana de roca
Cadahía (1995)	7,50	2,00	-	7,00	-	9,00	3,00	7,00	Tomate
Segura y Cadahía (1998)	15,00	2,00	-	5,00	-	10,00	3,00	9,00	Tomate y pimiento
García (1999)	12,50	2,00	-	3,50	-	10,00	3,60	5,00	Tomate . Perlita
Sonneveld y Straver (1994)	15,50	1,25	-	3,50	1,25	9,50	3,00	6,50	Pimiento. Lana de roca
Escobar (1993)	13,50	1,50	-	2,70	-	9,00	3,00	5,50	Pimiento. Perlita
Sonneveld y Straver (1994)	16,00	1,25	-	2,75	1,25	8,00	2,75	8,00	Pepino. Lana de roca
Sonneveld y Straver (1994)	12,00	1,25	-	2,25	1,00	6,50	2,50	5,50	Judía. Lana de roca
García (1999)	13,50	1,75	-	3,30	-	6,50	3,50	6,00	Judía. Perlita

CE (dS m⁻¹) = Σ Cationes : 10

Sonneveld (1997)

Tipos de agua + Disolución nutritiva

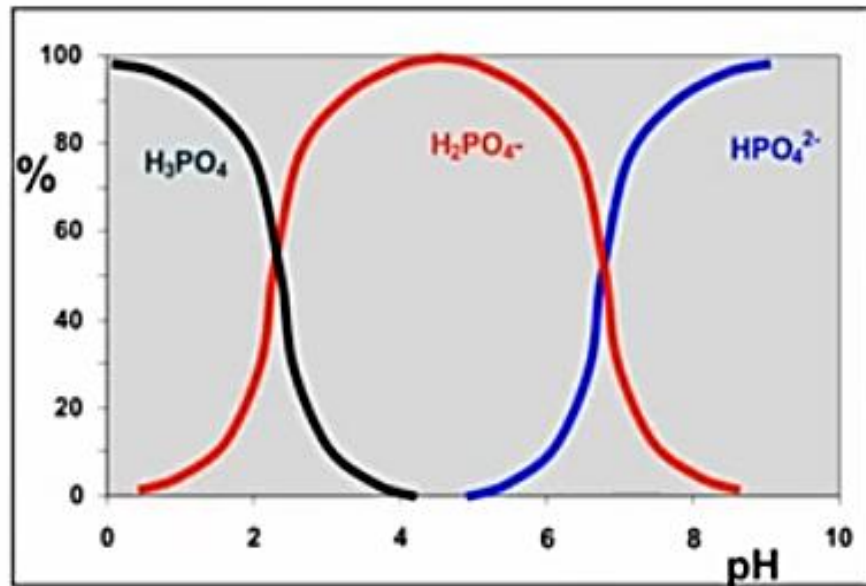
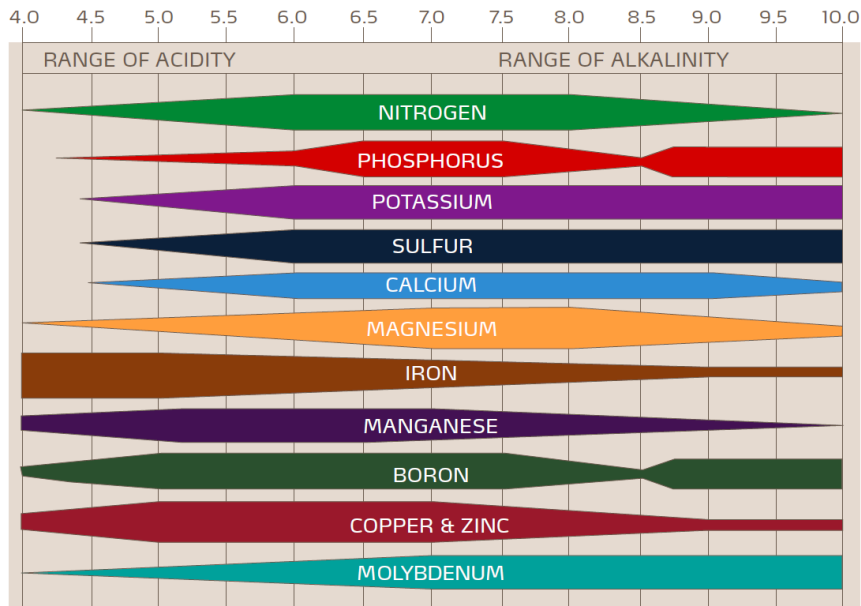
❖ (< 0,5 + 1,6) dS m⁻¹

❖ (> 3 + 0,6) dS m⁻¹

} 2,0-3,5 dS m⁻¹

Equilibrios nutricionales-SN

The Influence of Soil pH on Nutrient Availability





Agua+nutrientes: fertirrigación

- Consumo de nutrientes por la planta: formas químicas, competencia-interacciones, relación entre suministro-consumo
- Equilibrios nutricionales-SN
- Fuentes de nutrientes: Fertilizantes
- Formas de añadir los fertilizantes: sistemas de fertirriego
- ¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo
- Control del manejo de la nutrición hídrica y mineral del cultivo

Fertilizantes mas utilizados en fertirrigación

Elemento	P _a	Forma iónica	P _m mol	v	P _e	Fertilizante	Nombre	P _m mol	v	P _e
N	14	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	18	1	18	HNO ₃	ácido nítrico	63	1	63
						NH ₄ NO ₃	nitrato amónico	80	1	80
						(NH ₄)SO ₄	sulfato amónico	132	2	66
						Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	nitrato cálcico	236	2	118
						Ca(NO ₃) ₂ H ₂ O		182	2	91
KNO ₃	nitrato potásico	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	fosfato monoamónico	115	1	115
						K H ₂ PO ₄	fosfato monopotásico	136	1	136
K	39	K ⁺	39	1	39	KNO ₃	nitrato potásico	101	1	101
						K H ₂ PO ₄	fosfato monopotásico	136	1	136
						K ₂ SO ₄	sulfato potásico	174	2	87
Ca	40	Ca ²⁺	40	2	20	Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	nitrato cálcico	236	2	118
Mg	24	Mg ²⁺	24	2	12	MgSO ₄ 7H ₂ O	sulfato magnésico	246	2	123
						Mg(NO ₃) ₂ 6H ₂ O	nitrato magnésico	256	2	128
S	32	SO ₄ ²⁻	96	2	48	K ₂ SO ₄	sulfato potásico	174	2	87
						MgSO ₄ 7H ₂ O	sulfato magnésico	246	2	123
						(NH ₄)SO ₄	sulfato amónico	132	2	66
Cl	35,5	Cl ⁻	35,5	1	35,5					
Na	23	Na ⁺	23	1	23					
C	12	CO ₃ ²⁻	60	2						
		HCO ₃ ⁻	61	1						

15.5-0-0
33-0-0



Fuente de nutrientes – Fertilizantes mas utilizados en fertirrigación

Riqueza fertilizante

Riqueza nutrientes

N-P-K

.....

as recomendadas para diversos cult: en función de utilizar sistemas ab: s (SC). D diferencia en porcentaje.

Pepino	
SA	
CE (dS m ⁻¹)	2,2
mmol L ⁻¹	
NO ₃ ⁻	16
H ₂ PO ₄ ⁻	1,25
SO ₄ ²⁻	1,38
NH ₄ ⁺	1,25
K ⁺	8
Ca ²⁺	4
Mg ²⁺	1,38
Si	0,75
μmol L ⁻¹	
Fe	15
Mn	10
Zn	5
B	25
Cu	0,75
Mo	0,5

¿Cómo aplicar un macronutriente?

¿Aplicar solo un ión?

Ej. K \longleftrightarrow NO₃

as recomendadas para diversos cult: en función de utilizar sistemas ab: (SC). D diferencia en porcentaje.

	Pepino
SA	
CE (dS m ⁻¹)	2,2
mmol L ⁻¹	
NO ₃ ⁻	16
H ₂ PO ₄ ⁻	1,25
SO ₄ ²⁻	1,38
NH ₄ ⁺	1,25
K ⁺	8
Ca ²⁺	4
Mg ²⁺	1,38
Si	0,75
μmol L ⁻¹	
Fe	15
Mn	10
Zn	5
B	25
Cu	0,75
Mo	0,5

¿Cómo aplicar un macronutriente?

¿CE?

$$CE (dS m^{-1}) = \Sigma \text{Cationes (me L}^{-1}) : 10$$

Sonneveld (1997)

as recomendadas para diversos cult: en función de utilizar sistemas ab: (SC). D diferencia en porcentaje.

	Pepino
	SA
CE (dS m ⁻¹)	2,2
mmol L ⁻¹	
NO ₃ ⁻	16
H ₂ PO ₄ ⁻	1,25
SO ₄ ²⁻	1,38
NH ₄ ⁺	1,25
K ⁺	8
Ca ²⁺	4
Mg ²⁺	1,38
Si	0,75
μmol L ⁻¹	
Fe	15
Mn	10
Zn	5
B	25
Cu	0,75
Mo	0,5

¿Cómo aplicar un macronutriente?

**¿Disminuir otros macronutrientes?
Cambiar relación entre macronutrientes**

P. Ej. K:Ca

as recomendadas para diversos cult: en función de utilizar sistemas ab: (SC). D diferencia en porcentaje.

	Pepino			Pimiento			Tomate			Rosa		
	SA	SC	D	SA	SC	D	SA	SC	D	SA	SC	D
CE (dS m ⁻¹)	2,2	1,75	22	2,2	1,7	23	2,3	1,6	30	1,6	0,7	56

mmol L⁻¹

NO ₃ ⁻	16
H ₂ PO ₄ ⁻	1,25
SO ₄ ²⁻	1,38
NH ₄ ⁺	1,25
K ⁺	8
Ca ²⁺	4
Mg ²⁺	1,38
Si	0,75

μmol L⁻¹

Fe	15
Mn	10
Zn	5
B	25
Cu	0,75
Mo	0,5

Consideraciones de manejo

- Modificaciones en la CE / potencial osmótico
- Cambios en las relaciones entre iones



Agua+nutrientes: fertirrigación

- Consumo de nutrientes por la planta: formas químicas, competencia-interacciones, relación entre suministro-consumo
- Equilibrios nutricionales-SN
- Fuentes de nutrientes: Fertilizantes
- **Formas de añadir los fertilizantes: sistemas de fertirriego**
- ¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo
- Control del manejo de la nutrición hídrica y mineral del cultivo

Formas de añadir los fertilizantes

Agrupados en 3 tipos según COMPLEJIDAD-EFICIENCIA-CONTROL

Tanques sencillos de fertilizante

- tanque único usado, flujo de riego desviado a través del tanque
- operado manualmente

Sistema Venturi **simple con múltiples depósitos**

- 1-3 tanques, venturi utilizado inyectar la solución concentrada
- operado *manualmente*

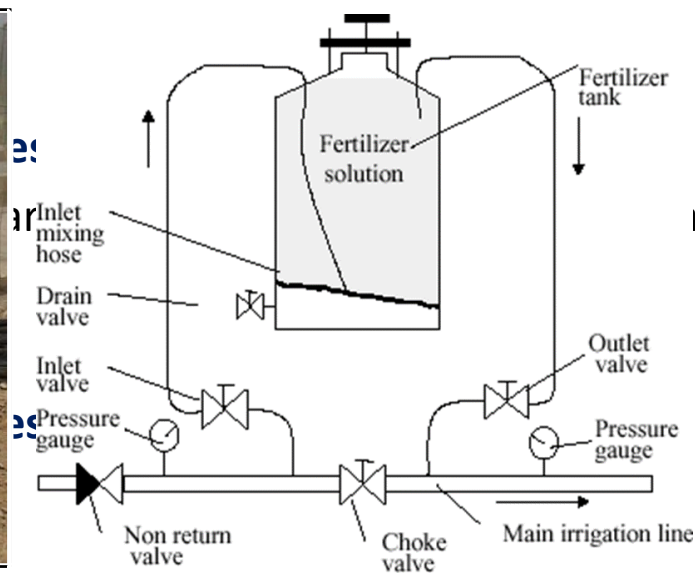
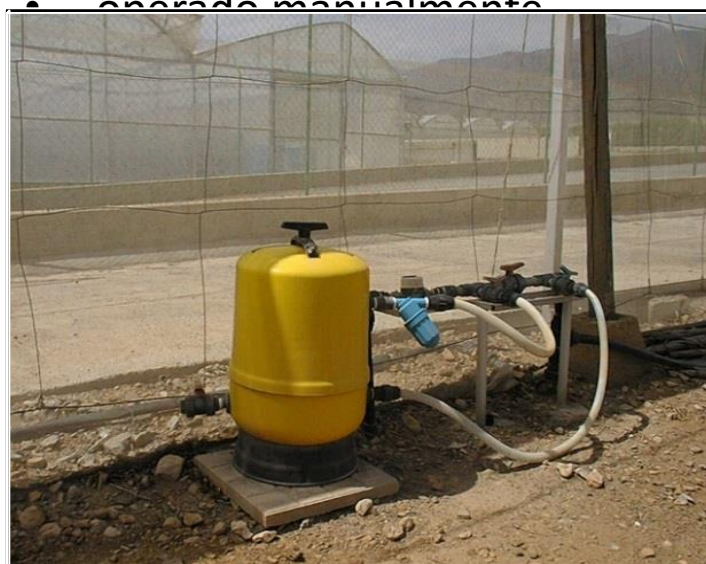
Sistemas de **complejos con múltiples depósitos** controlados por electroválvulas-ordenador

Formas de añadir los fertilizantes

Agrupados en 3 tipos según COMPLEJIDAD-EFICIENCIA-CONTROL

Tanques sencillos de fertilizante

- tanque único usado, flujo de riego desviado a través del tanque



Formas de añadir los fertilizantes

Agrupados en 3 tipos según COMPLEJIDAD-EFICIENCIA-CONTROL

Sistema Venturi **simple con múltiples depósitos**

- 1-3 tanques, venturi utilizado inyectar la en solución concentrada
- operado *manualmente*



Formas de añadir los fertilizantes

Agrupados en 3 tipos según COMPLEJIDAD-EFICIENCIA-CONTROL

Sistemas de **complejos con múltiples depósitos** controlados por electroválvulas-ordenador. Permite múltiples equilibrios nutricionales-control individual





Agua+nutrientes: fertirrigación

- Consumo de nutrientes: Formas de consumo de nutrientes de la planta: formas químicas, competencia-interacciones, relación entre suministro-consumo
- Equilibrios nutricionales-SN
- Fuentes de nutrientes: Fertilizantes
- Formas de añadir los fertilizantes: sistemas de fertirriego
- ¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo
- Control del manejo de la nutrición hídrica y mineral del cultivo

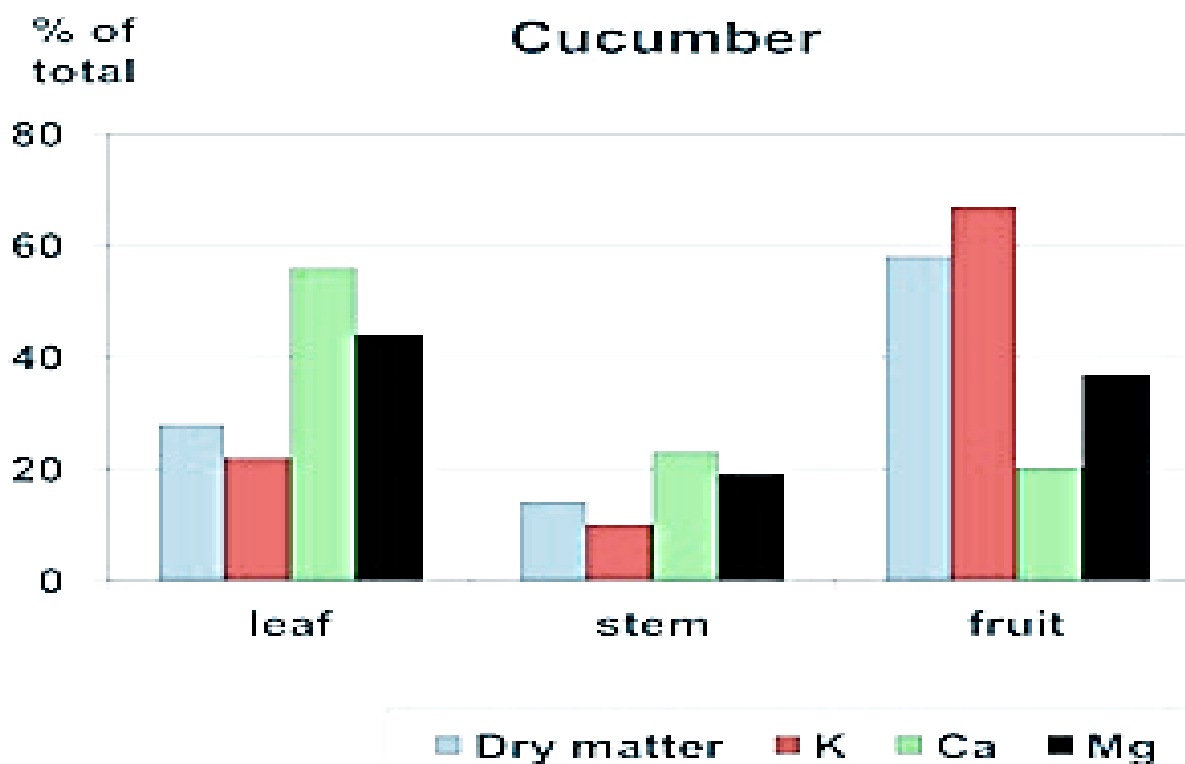
¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo

Enfoques generales para el manejo de nutrientes de hortalizas fertirrigadas

1. **Aplicación de soluciones o programas de soluciones nutritivas estándar**
2. Aplicación basada en las cantidades de nutrientes absorbidos por el cultivo
3. Recomendaciones de fertilizantes, basadas en ensayos de fertilizantes
4. Valorando el suministro de nutrientes del suelo mediante el análisis del suelo al inicio del cultivo y aplicación de los nutrientes de acuerdo con el mismo
5. Seguimiento según:
 - a) **Control del suelo: solución del suelo**
 - b) **Control del cultivo: material vegetal**
6. Modelos
 - considera la demanda de los cultivos, el suministro de suelo, las eficiencias de uso, etc.,
7. Métodos combinados: 5 y 6

¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo

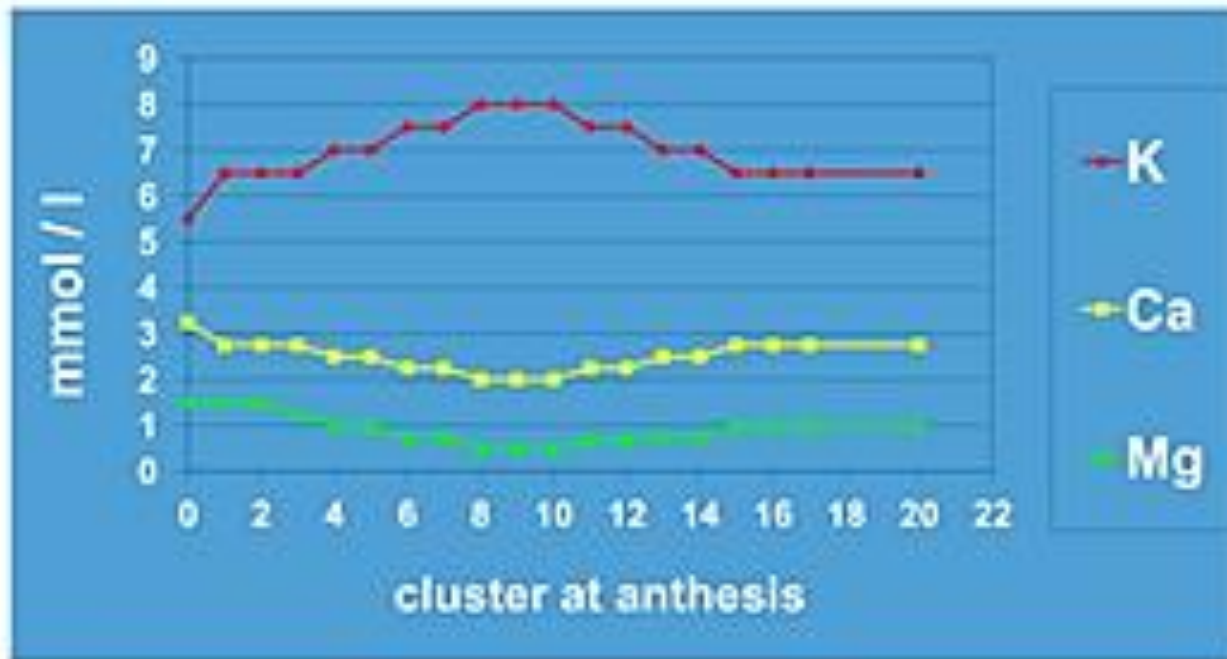
Distribución de la materia seca, K, Ca y Mg en la planta



¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional?

Consideraciones de manejo

Ajustes durante el desarrollo del cultivo



¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional?

Consideraciones de manejo

Diferencias **entre especies** en la
Concentración de absorción (mmol L⁻¹) de nutrientes

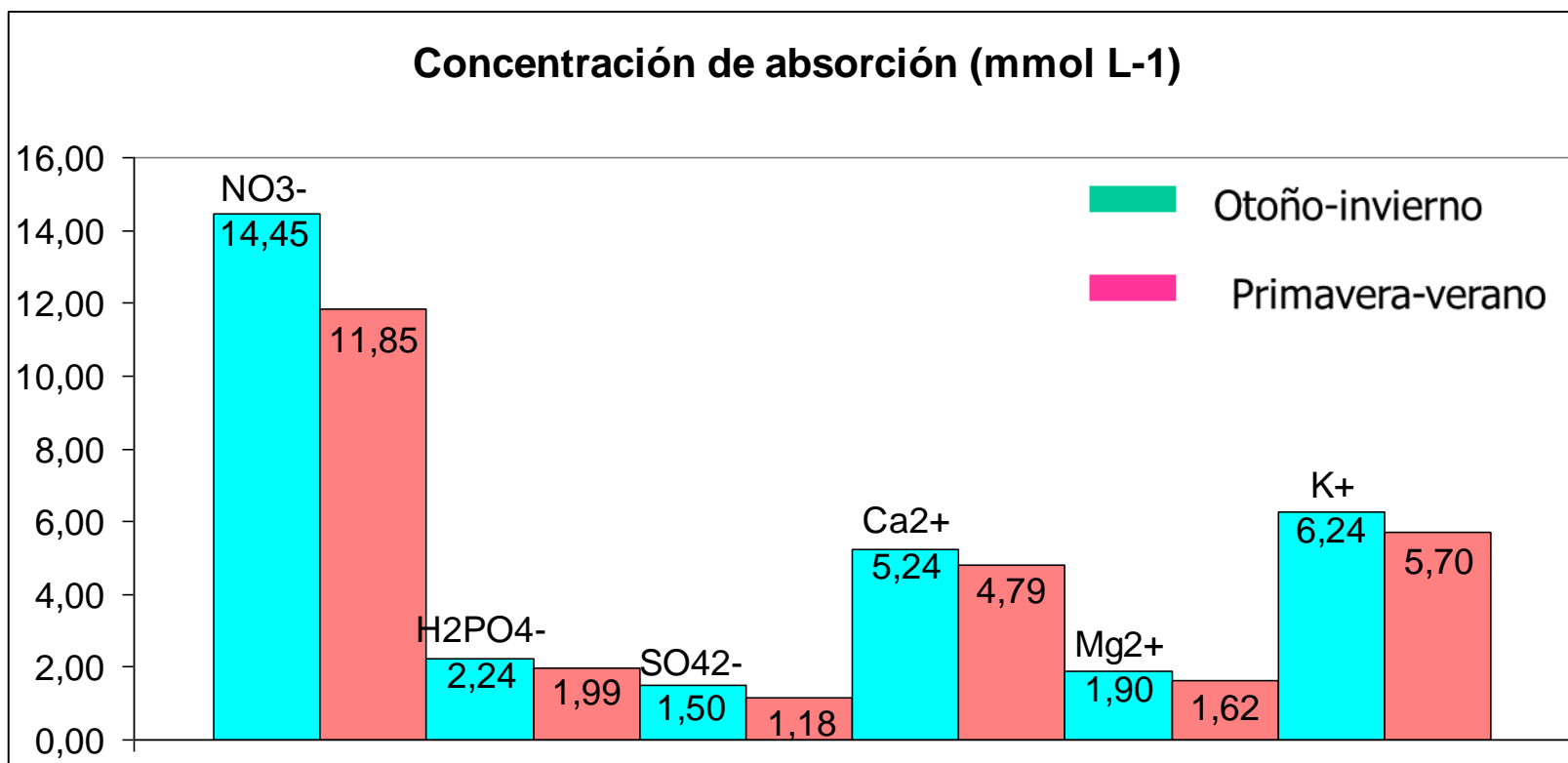
Crop	K mmol l ⁻¹	% of total ions
Cucumber	6.6	27
Lettuce	8.7	40
Radish (summer)	4.5	28
Radish (winter)	16.5	27
Sweet pepper	4.5	25
Tomato	6.5	31
Rose	1.9	21

¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional?

Consideraciones de manejo

Factores climáticos: Consumo nutrientes-Consumo de agua (CONCENTRACIÓN DE ABSORCIÓN-Sonneveld, 2000)

Cultivo en invernadero de tomate cherry en lana de roca (Salas , 2000)



¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional?

Consideraciones de manejo

Uptake concentration radish mmol/L

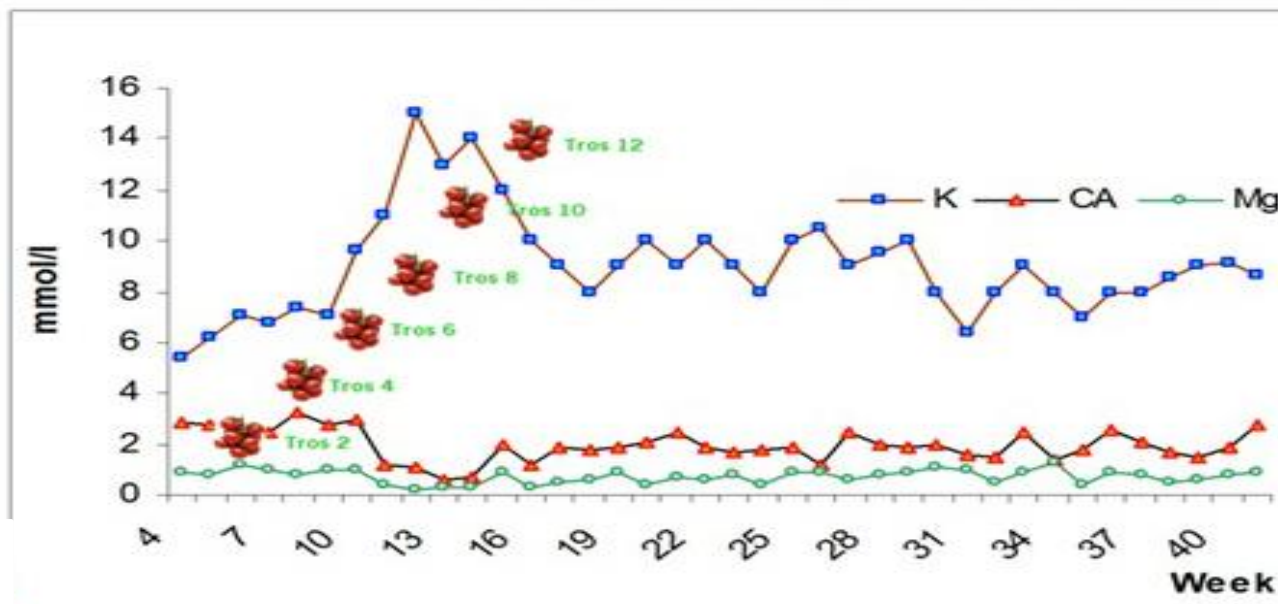
• Elements	Winter	Summer
• K	13.4	3.2
• Ca	3.8	0.9
• Mg	1.2	0.3
• N	25.2	6.1
• P	1.1	0.3
• S	1.4	0.3
• Water mm	18	75

Sonneveld, 2000

¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo

Cation uptake during season (tomato)

Start of fruits: -K demand of fruits is high
-Less root growth → less Ca



¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo

Manejo del *fertirriego*: Correcciones de CE del fertirriego:

- **Facilitar la absorción radical**
- **Evitar el aumento de la salinidad**
- **CE alta - radiación solar baja**
- **CE baja - radiación solar alta**

Época del año

Semanalmente

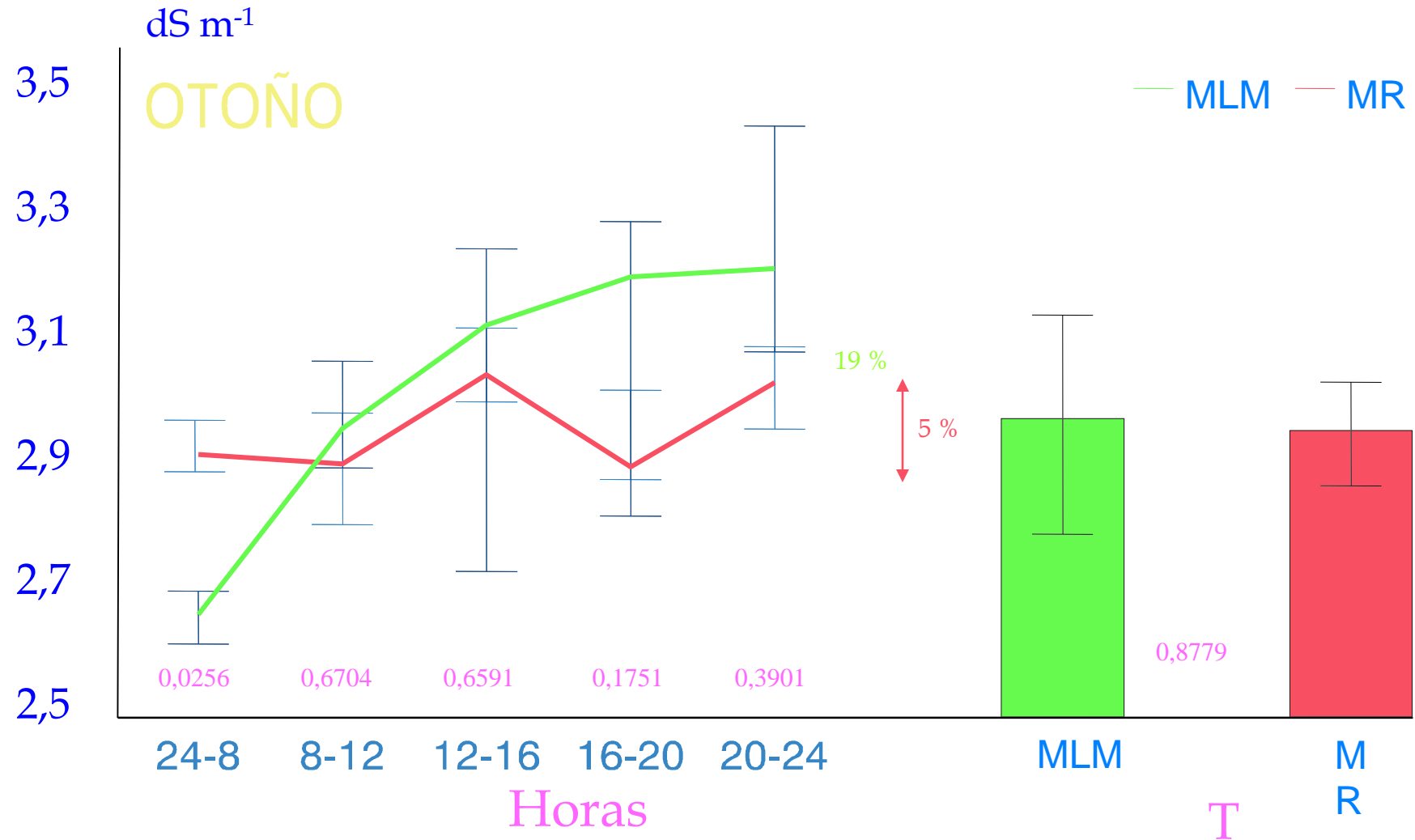
Diariamente: 2,5-2,2-1,9 dS m⁻¹ nublado-parcialmente nublado-soleado
(van Nordwijk, 1990)
- 0,1 dS m⁻¹ + 2,1 MJ m⁻²
(Roh y Lee, 1996)

Momento del día: 3,5-2,5 17-9 9-17 noche-día
(Smith, 1987)

10% 600 W m⁻² Intensidad radiación solar
(Salas y Urrestarazu, 2001)

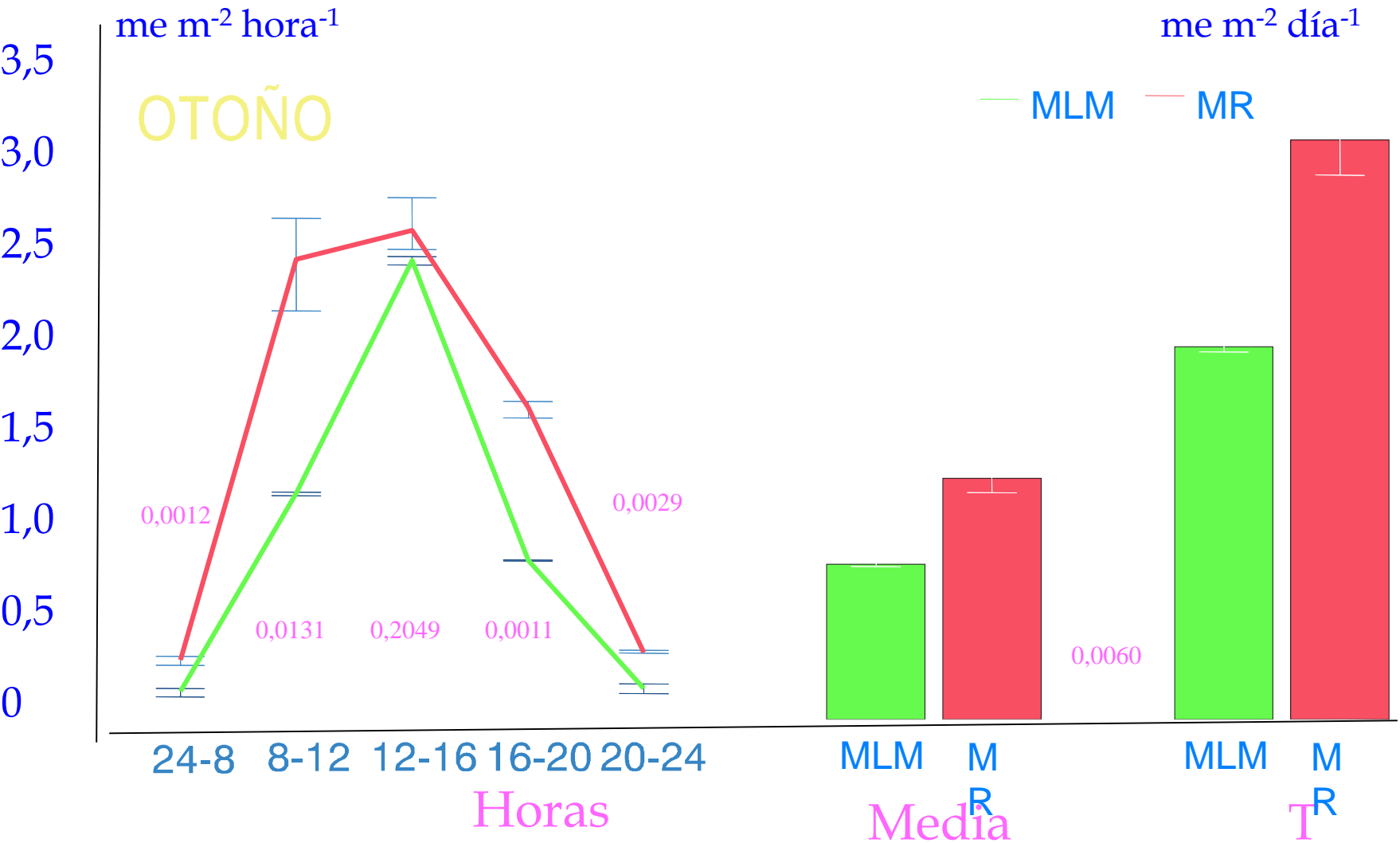
Efecto de los modelos desarrollados sobre el fertirriego. Fase II

Controles del fertirriego. Aspectos circadianos: CE media por periodos y media diaria (T)



Efecto del método de riegos sobre incorporación de iones

Incorporación de Nitrato desde el fertirriego. Aspectos circadianos. Media por periodos y media diaria (Tx10)

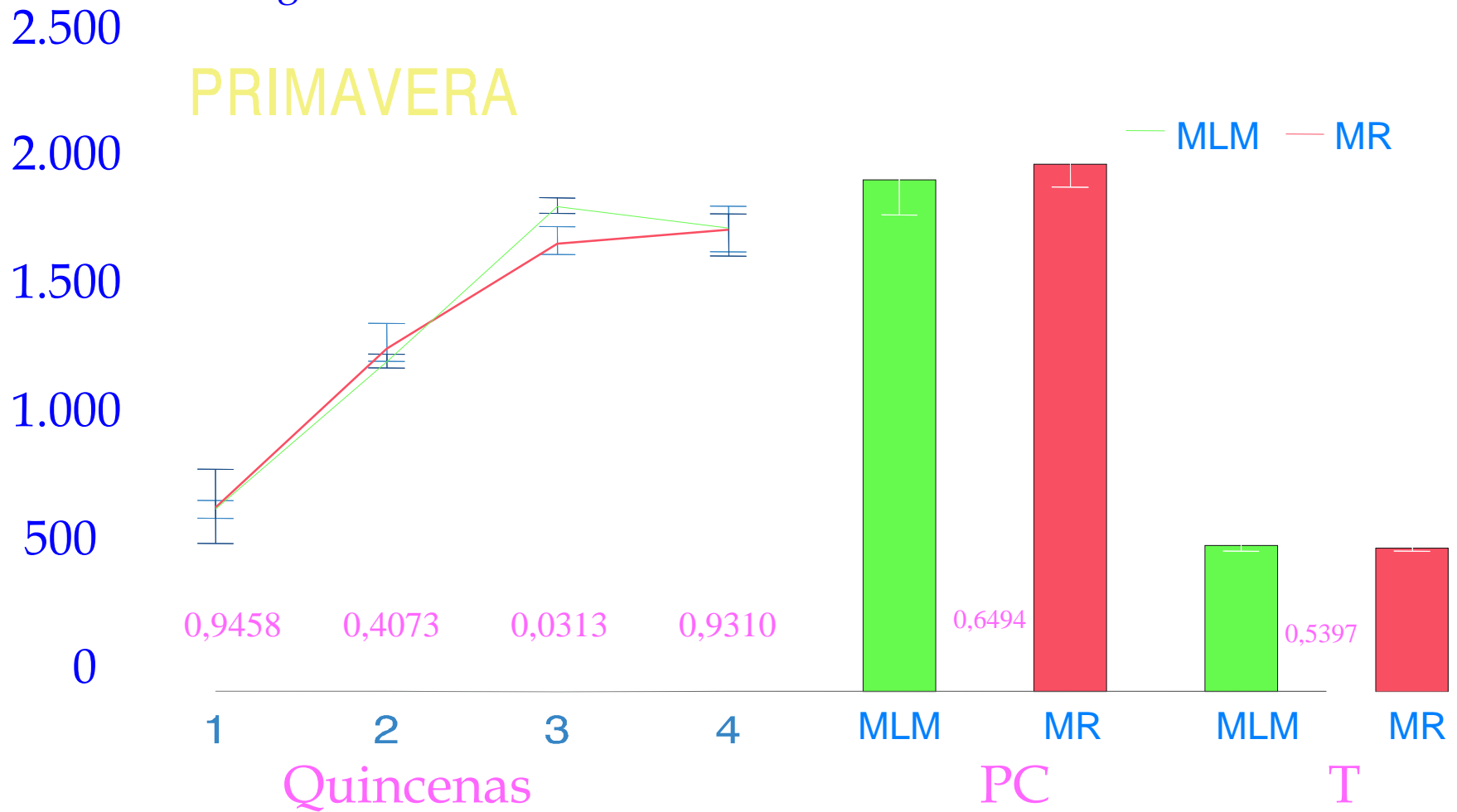


Efecto de los modelos desarrollados sobre la producción

Precoz (PC) y total (Tx10)

$g\ m^{-2}$

PRIMAVERA



A modo de reflexión

Prácticas de manejo de la nutrición hídrico-mineral en Almería

Fertirriego:

92% se fundamentan en las recomendaciones de los asesores

Recomendaciones de los asesores basadas en la experiencia local acumulada:

- 81% utilizan soluciones nutritivas estándar o con fijas
- 19% utiliza análisis de suelo
- 0% utiliza análisis del material vegetal
- 74% no considera los aportes de nutrientes de la materia orgánica aplicada
- 75% aportan N como NO₃

Riego:

87% se fundamenta en la experiencia y/o asesores

13% experiencia y tensiómetros

En Almería, NUTRICIÓN y RIEGO generalmente son gestionados por separadas

*(Sobre 55 encuestas)
Thompson, R.B.; et. al., (2007).*

¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo

Manejo de la solución nutritiva en hortícolas en Almería

- **P:** mayor concentración aplicada al inicio del cultivo- fomentar el desarrollo de raíces
- **N:** concentraciones / cantidades ajustadas en función del grado de crecimiento vegetativo (evaluadas visualmente)
 - demasiado N crecimiento vegetativo excesivo
 - desequilibrio en el crecimiento vegetativo / reproductivo puede afectar la producción
- **K:** concentración más alta aplicada durante el llenado de la fruta- alta demanda de contenido de fruta

Consecuencias de las prácticas convencionales de manejo de la nutrición en cultivos en suelo en Almería¹

- **K intercambiable: niveles altos**
- **P disponible: niveles excesivos**

¹Gil, C. (1998) Caracterización fisicoquímica y evaluación del estado general de los suelos en los invernaderos del poniente Almeriense. Informe FIAPA, Almería, Spain



Agua+nutrientes: fertirrigación

- Consumo de nutrientes por la planta: formas químicas, competencia-interacciones, relación entre suministro-consumo
- Equilibrios nutricionales-SN
- Fuentes de nutrientes: Fertilizantes
- Formas de añadir los fertilizantes: sistemas de fertirriego
- ¿Cómo manejar una solución nutritiva-variaciones en un equilibrio nutricional? Consideraciones de manejo
- Control del manejo de la nutrición hídrica y mineral del cultivo

Control del manejo de la nutrición hídrica y mineral del cultivo-Control fertirriego

Control para el seguimiento de los objetivos de cultivo

- ***GOTERO DE CONTROL (Vol. CE pH concentración iones)***
- **Control del suelo-sustrato (medio radical)**
- **Control del cultivo (parte aérea)**

Control del suelo-sustrato (medio radical)

- DI• Muestreo del suelo antes del cultivo
 - Muestreo del suelo en el establecimiento del cultivo
 - Muestreo del suelo durante todo el cultivo
- Generalmente no es práctico

Muestreo de la **solución del suelo**

- Análisis de extracto saturado
- Análisis extracto 1:2 (Holandés)
- **Mediante sondas de succión**

Gotero de control



Control del manejo de la nutrición hídrica y mineral del cultivo

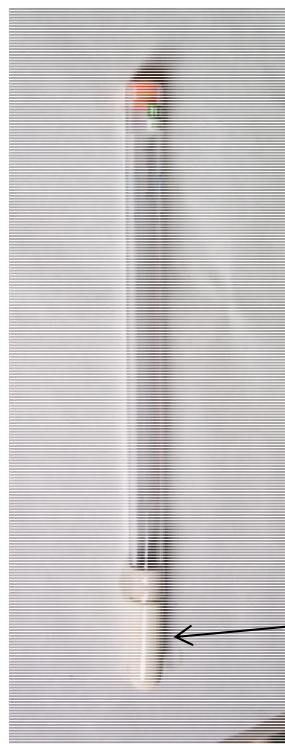
Muestreo de la solución del suelo

Con sondas de cerámica

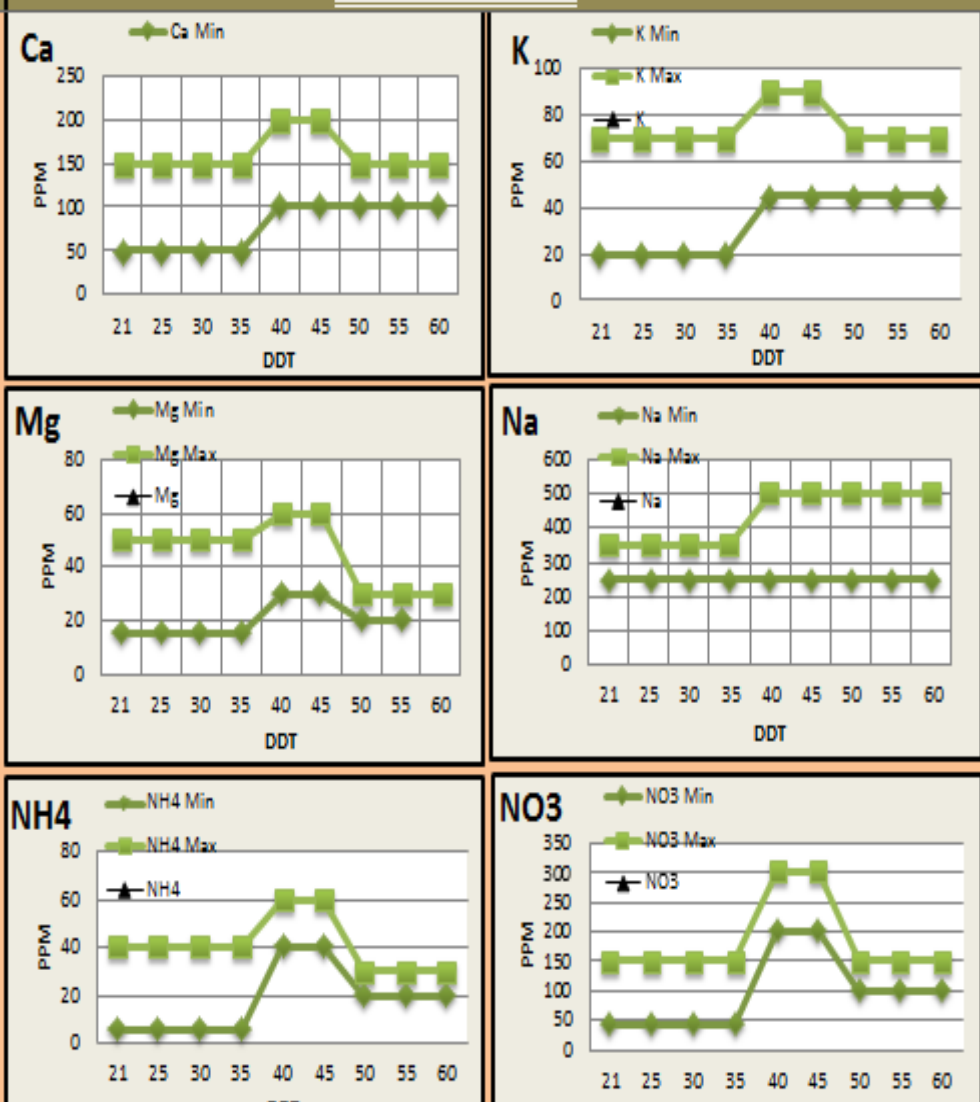
De succión solución de suelo

- proporcionar muestras en suelos húmedos, $P > -40$ kPa

Interacción apreciable con componentes del suelo, p. P, cationes
Interacción con material cerámico
Generalmente utilizado con NO_3^- :
Referencia Almería, el NO_3^- suficiencia recomendado: 8-12 mM (Granados, M.R. et. al. 2005). Alta variabilidad



EXTRACTOR



Melón aire libre cultivo en clima tropical –Honduras (sonda extractora y savia)



Control del manejo de la nutrición hídrica y mineral del cultivo-Control fertirriego

Control para el seguimiento de los objetivos de cultivo

- Control del suelo-sustrato (medio radical)
- **Control del cultivo (parte aérea)**

DIVERSAS FORMAS

- Análisis de tejidos vegetales
- **Análisis de savia**
- Sensores ópticos
 - Medición de la clorofila foliar con sensor de clip
 - Medición de flavonoles de hojas
 - Mediciones de la reflectancia de los cultivos



Análisis de *savia*

De pecíolo

- Hoja completamente desarrolla y más recientemente expandida
- Pecíolo fresco es triturado y la savia recogida
- Análisis de la savia recién extraída
- Generalmente para NO₃⁻ y también para K
- Número de muestras representativa: 20 pecíolos
- Requiere rangos de suficiencia específicos para la etapa fenológica

Referencias:

- Para cultivos en Florida
“Plant Petiole Sap-Testing For Vegetable Crops” [http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/CV/CV00400.pdf](http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/CV/CV00400.pdf)
- Para Almería Cadahia-López, C. (2008). La savia como índice de fertilización. Ediciones Mundi Prensa, Spain

Pimiento





Pepino

Análisis de *savia*:



Utilizando un mortero o una batidora pequeña



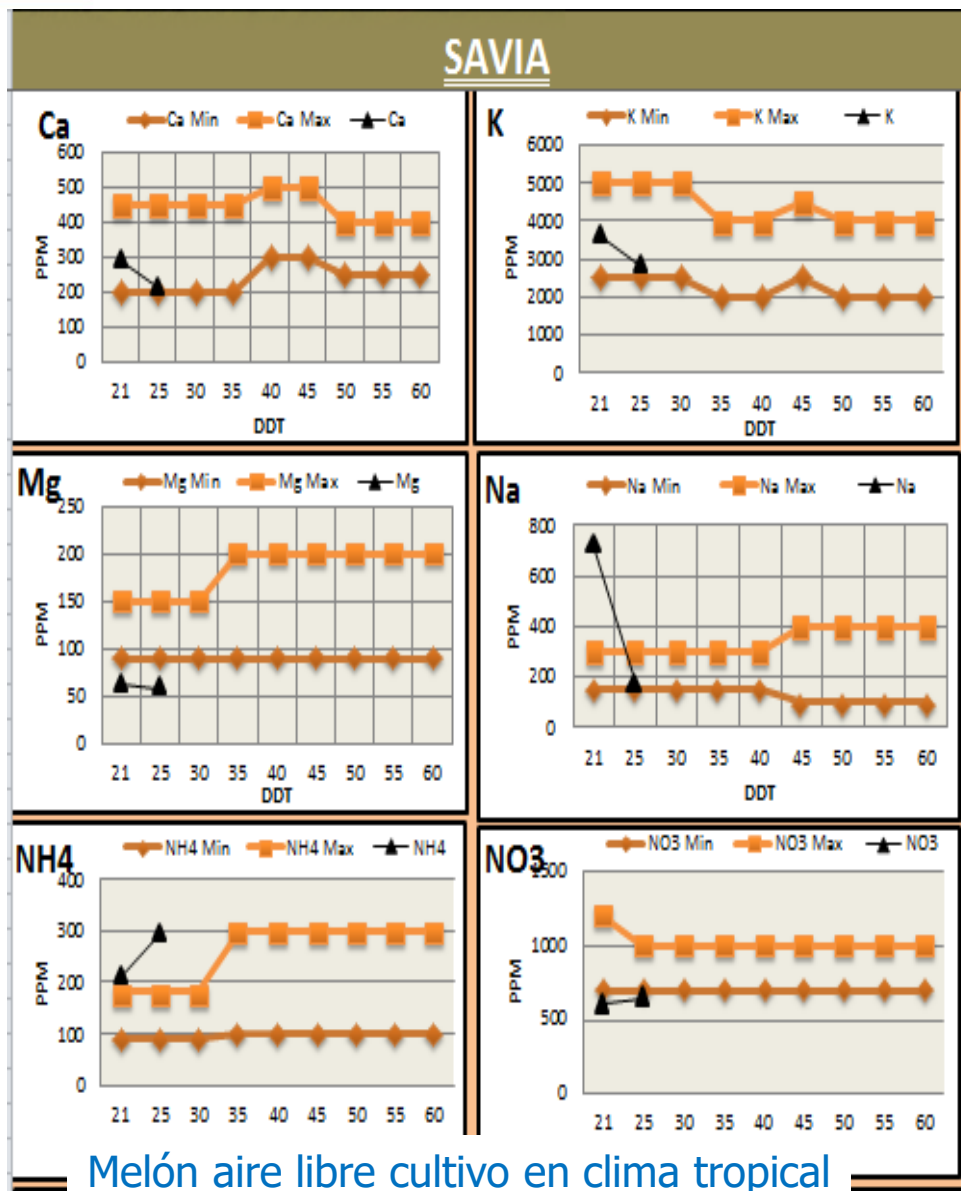
Tamizarse y mezclarse
homogéneamente



Análisis de «savia»

Table 1. Guidelines for plant leaf petiole fresh sap nitrate-nitrogen- and potassium-testing

Crop	Crop Developmental Stage	Fresh Petiole Sap Concentration (ppm)	
		NO ₃ -N	K
Tomato (Field)	First buds	1000–1200	3500–4000
	First open flowers	600–800	3500–4000
	Fruits one-inch diameter	400–600	3000–3500
	Fruits two-inch diameter	400–600	3000–3500
	First harvest	300–400	2500–3000
	Second harvest	200–400	2000–2500
Tomato (Greenhouse)	Transplant to second fruit cluster	1000–1200	4500–5000
	Second cluster to fifth fruit cluster	800–1000	4000–5000
	Harvest season (Dec.-June)	700–900	3500–4000
Watermelon	Vines 6-inches in length	1200–1500	4000–5000
	Fruits 2-inches in length	1000–1200	4000–5000
	Fruits one-half mature	800–1000	3500–4000
	At first harvest	600–800	3000–3500
‡NR-No recommended ranges have been developed			

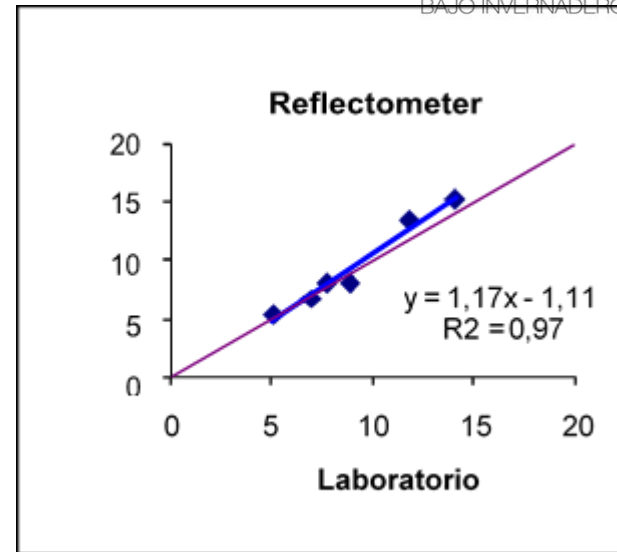


Melón aire libre cultivo en clima tropical
–Honduras (sonda extractora y savia)

Para análisis en campo
Para análisis de:

- Solución nutritiva -Gotero control
- Solución de suelo
- Savia

Uso de test rápidos



- Generalmente precisa • certificar-testar comparar rutinariamente con análisis de laboratorio



Merck Reflectoquant



Cardy meter



Multi-ion NT-Sensor



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA