



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA

Requerimientos Nutricionales y Fertilizantes usados en Fertirrigación

JUAN HIRZEL CAMPOS

INIA QUILAMAPU

INTRODUCCION A LA FERTIRRIGACION

- * **Fertirrigación:** aplicación de fertilizantes a través del agua de riego, en un sistema de riego tecnificado (goteo, microyet, microaspersión, aspersión, pivote).
- * **Fertilizantes solubles:** Sales fertilizantes de alta solubilidad, generalmente con bajo tamaño de partículas.
- * **El sistema de riego para fertirrigar debe contar con los siguientes componentes:**

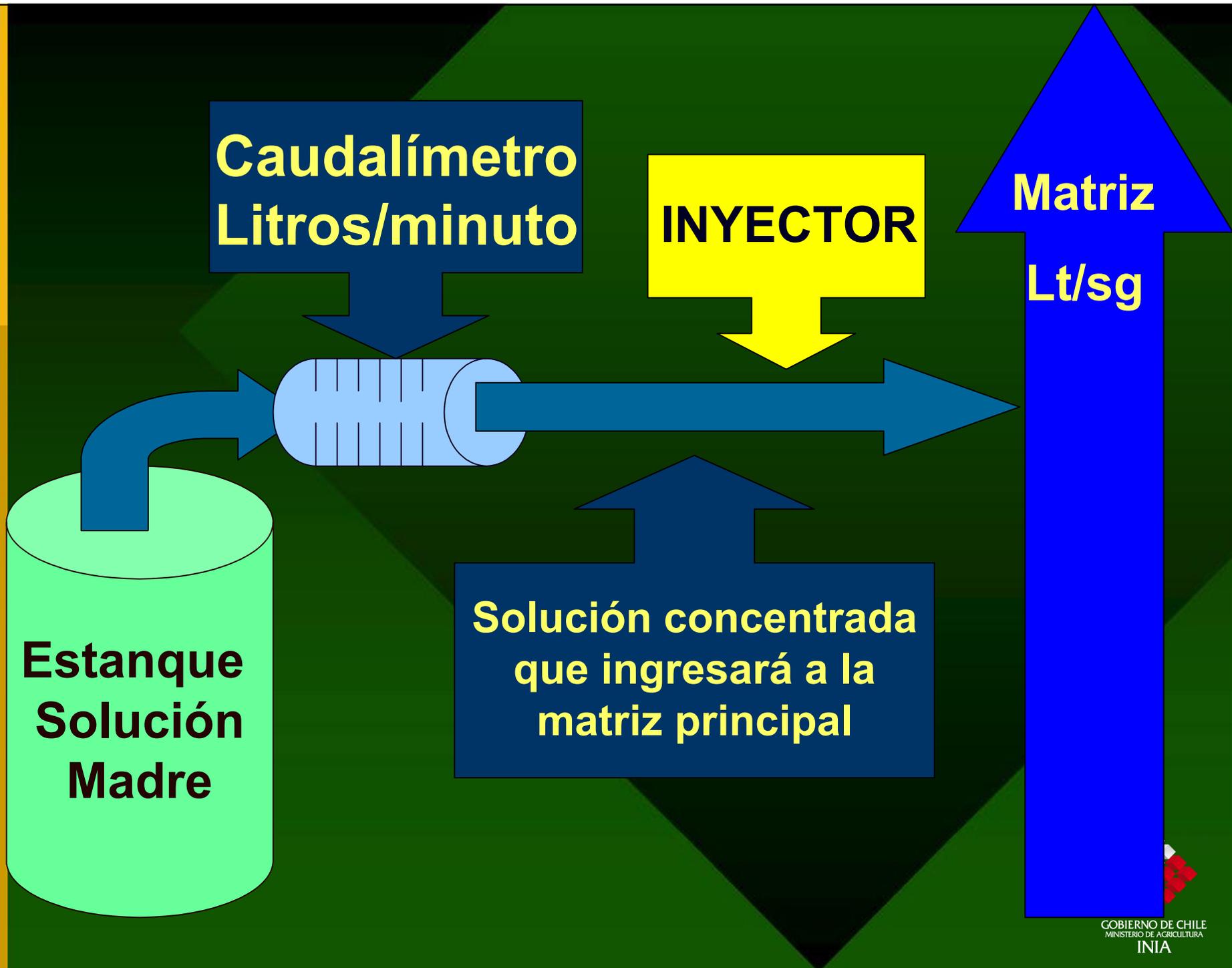
1) Al menos un estanque para la preparación de la solución madre (solución concentrada del fertilizante).

2) Un sistema de inyección (Vénturi) y medidor de flujo (Caudalímetro) para la solución madre.

3) Válvulas adicionales que permitan la puesta en marcha y el cierre del sistema de inyección.

4) Sistemas de filtros que aseguren el paso de una solución de riego con partículas de tamaño fino (filtros de arena y malla). Así se evita el tapado de los goteros.









Ventajas de la fertirrigación:

- Mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes.
- Mayor sincronía entre las necesidades diferenciales de nutrientes de las plantas y su aplicación.
- Disminuyen las pérdidas de los nutrientes aplicados y la posibilidad de contaminación ambiental.
- Mayor posibilidad de reacción inmediata frente a desórdenes (desequilibrios, deficiencias, excesos) nutricionales.
- Mayor control sobre la regularidad de aplicaciones de los programas nutricionales (menores fugas de productos desde el campo).
- Mayor productividad y calidad de los productos.
- Mayor disponibilidad de herramientas de diagnóstico que puedan ser efectivamente utilizadas.

Necesidades de Estanques para preparar las disoluciones de fertilizantes:

Estanque 1:

N – P – K

Estanque 2:

Ca – Mg

Estanque 3:

Microelementos (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo).

Estanque 4:

Acidos (nítrico, fosfórico, sulfúrico, clorhídrico).

*** La solución de riego debe obedecer a un rango de pH (entre 5,5 - 6,5) y Conductividad eléctrica (idealmente menor a 1,5 mmhos/cm) para asegurar la completa disponibilidad de nutrientes y una concentración de sales que no provoque daños al cultivo. Para este efecto se debe conocer la ficha técnica de cada fertilizante a usar (solubilidad, pH y C.E. a distintas concentraciones, grado de pureza), o disponer de un pH-metro y Conductivímetro.**

*** Al preparar la Solución Madre se debe tener cuidado de no mezclar productos que precipiten. Lo ideal es trabajar con productos formulados como mezclas N-P-K desde fábrica, que aseguren el buen funcionamiento del sistema.**

Tolerancia de las hortalizas a la salinidad del extracto de saturación del suelo

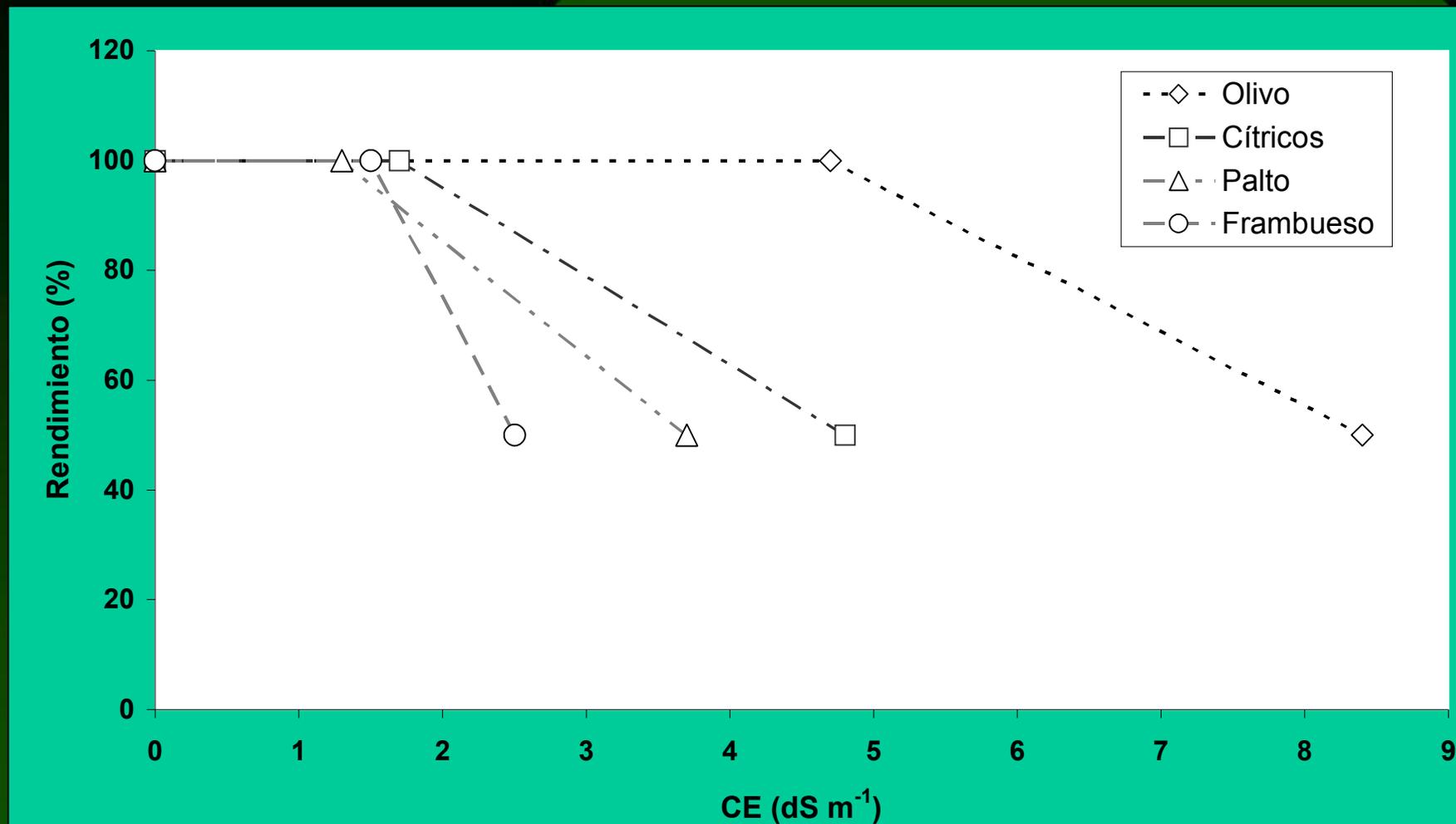
Especie	Conduct. eléctrica (mmhos/cm)
Pimentón - Pepino	< 3
Melón	< 3
Apio	< 3
Tomate	< 5
Coliflor - Brócoli	< 5
Lechuga	< 5
Maíz dulce	< 5
Espárrago - Espinaca	< 8



Tolerancia de los frutales a la salinidad del extracto de saturación del suelo

Especie	Conduct. eléctrica (mmhos/cm)
Frutilla	< 1
Frambuesa	< 1
Palto	< 1,3
Vides	< 1,5
Cerezo	< 1,5
Cítricos	< 1,7
Nogal	< 1,7
Olivo	< 2,7





Disminución porcentual de rendimiento frente al aumento en la CE de la disolución del suelo en diferentes especies frutales.

Consideraciones de la relación sistema radical - suelo en fertirrigación con riego de alta frecuencia

- 1) Se ocupa sólo un 30 - 40 % del volumen total del suelo.**
- 2) El aporte de nutrientes por el suelo es mucho menor. Se debe considerar el aporte del agua.**
- 3) El sistema radical está expuesto continuamente a un suministro de sales.**
- 4) Las sales que ingresan al bulbo húmedo difícilmente son desplazadas a gran distancia del sistema radical. El lavado de sales se realiza con riegos largos sin fertilizante.**

EL ANÁLISIS DE AGUA

(Rangos deseables de algunos elementos)

Elemento	Concentración en el agua de riego		
Nitrato	0,0	-	5,0 ppm
Fósforo	0,005	-	5,0 ppm
Potasio	0,5	-	10,0 ppm
Calcio	40	-	120,0 ppm
Magnesio	6,0	-	24,0 ppm
Fierro	2,0	-	5,0 ppm
Cond. Eléctrica	0,2	-	1,0 mmhos/cm



Ejemplo de cálculo de aporte de nutrientes en el agua de riego:

En un cultivo de lechuga al aire libre regado por cintas se aplican 3.000 m³ de agua de riego con una concentración de 10 ppm de N (NO₃⁻) y 35 ppm de Calcio. ¿Cuál es el aporte de estos nutrientes por ha?.

$$* 10 \text{ ppm} = 10 \text{ mg/L} = 10 \text{ gr/m}^3 = 0,01 \text{ kg/m}^3$$

$$0,01 \text{ kg/m}^3 * 3.000 \text{ m}^3 = 30 \text{ kg de N/ha}$$

$$* 35 \text{ ppm} = 35 \text{ mg/L} = 35 \text{ gr/m}^3 = 0,035 \text{ kg/m}^3$$

$$0,035 \text{ kg/m}^3 * 3.000 \text{ m}^3 = 105 \text{ kg de Ca/ha}$$

Características técnicas de algunos fertilizantes usados en fertirrigación

Fertilizante	Solubilidad a 20°C (g/L = kg/m ³)	C.E. a 1 g/L (mmhos/cm)	pH en solución (a 1 g/Lt)
Nitrato de Amonio	1.870	0,9	5,6
Urea perlada	1.080	0,07	5,8
Sulfato de Amonio	760	2,1	5,5
Nitrato de Potasio	310	1,21	7,0
Nitrato de Calcio	1.220	n.d	n.d.
Nitrato de Magnesio	2.250	0,88	5,6
MAP (GT)	400	0,86	4,7
Fosfato Monopotásico	230	0,72	4,8



Composición nutricional de los fertilizantes solubles

Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Cl	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Nitrato de Amonio	35											
Nitrato de Potasio	13		45									
Nitrato de Calcio	15,5			26								
Nitrato de Magnesio	11				16							
Urea	45											
Acido Nitrico	22											
Acido Fosfórico		70										
Fosfato Monoamónico GT	12	61										
Fosfato Monopotásico		52	34									
Muriato de Potasio			60				47					
Sulfato de Potasio			50			18						
Acido Sulfúrico						32						
Sulfato de Amonio	21					24						
Acido Clorhídrico							97					
Acido Bórico												17
Solubor												21
Sulfato de Zinc						12				25		
Sulfato de Hierro						12		25				
Sulfato de Manganeso						13			23			
Ultrasol Multipropósito	18	18	18		1			0,05	0,03	0,02	0,01	0,02
Ultrasol Desarrollo	18	6	18		2			0,05	0,03	0,02	0,01	0,02
Ultrasol Crecimiento	25	10	10		1			0,05	0,03	0,02	0,01	0,02

*** Las siguientes mezclas No se deben realizar:**

- **Fertilizantes Fosforados con Fertilizantes Cálcicos.**
- **Fertilizantes Fosforados con Fertilizantes Magnésicos.**
- **Fertilizantes Cálcicos con algún Sulfato.**
- **Microelementos no Quelatados (Fierro) con Fertilizantes Fosforados en medios ácidos.**

Compatibilidad de los fertilizantes solubles

Nitrato de potasio								
C	Nitrato de amonio							
C	C*	Nitrato de calcio						
C	C*	C*	Urea perlada					
C	C	I	I	Sulfato de amonio				
C	C	I	C	C	Fosfato monoam.			
C	C	I	C	C	C	Fosfato monopot.		
C	C	I	C	C	C	C	Acido fosfórico	
C	C	I	C	C	C	C	C	Cloruro de potasio

C = compatible.

I = incompatible.

C* = compatible en solución pero incompatible para producir mezclas NPK.

*** Al realizar una mezcla errónea se formará un precipitado (concho) de naturaleza insoluble, que puede pasar a través de la línea de riego provocando el tapado de goteros. Por ello es importante contar con un buen sistema de filtros.**

*** Al preparar la Solución Madre (concentrada) puede aparecer un sobre nadante (producto flotante) o parte del producto sin disolver, lo cual indica que se sobrepasó la solubilidad del fertilizante.**

*** El sistema de Fertirrigación se asemeja a un sistema de Hidroponía en Campo Abierto, en el cual el suelo funcionaría como un sustrato de crecimiento que además fijaría algunos elementos (Fósforo, Potasio, Microelementos).**

*** Para obtener el mayor beneficio del sistema es aconsejable aplicar fertilizantes en cada riego.**

*** Esta práctica permite trabajar con concentraciones finales muy bajas en la solución de fertirriego que llega a las plantas, con lo cual se evitan los riesgos de toxicidad por exceso de sales, o de sobrepasar la solubilidad de los fertilizantes.**

*** Por ejemplo, si en una temporada de riego se aplican 230.000 litros de agua en un invernadero de tomates de 300 m², con 1 gotero por planta de 4 Lt/hora (200 plantas), entregando en promedio 6 riegos por semana de 2 horas cada uno durante 6 meses (144 riegos en la temporada).**

(200 goteros * 4 Lt/hora * 2 horas * 6 riegos/semana * 4 semanas/mes * 6 meses = 230.400 Litros)

A la vez se aplican 120 Kg de fertilizantes (distribuidos en todos los riegos), la concentración final de fertilizantes en el agua de riego sería la siguiente:

$$\text{Concentración} = \frac{120 \text{ Kg}}{230 \text{ m}^3} = \frac{120.000 \text{ gramos}}{230.000 \text{ Litros}} = 0.52 \text{ g/Lt}$$

Final

La Concentración Máxima de fertilizantes a aplicar en cada riego durante la temporada de crecimiento dependerá del estado fenológico y de la especie, pero en general se sugieren valores inferiores a los siguientes:

Crecimiento inicial: Concentración < 0,3 g/Lt

Desarrollo intermedio: Concent. < 0,5 g/Lt

Producción: Concentración < 1 - 2 g/Lt



*** Generalmente la solubilidad de las mezclas comerciales es de un 20 - 30 %, lo cual significa que se pueden disolver fácilmente 20 - 30 Kg de Fertilizante en un estanque de 100 Litros (solución madre).**

*** La cantidad a inyectar de esta solución madre (Tasa de Inyección) dependerá de los siguientes factores:**

- 1) concentración final que se quiera alcanzar (g/L)**
- 2) caudal de riego (bomba o emisores) (L/seg)**
- 3) concentración de la solución madre (kg/L)**

La tasa de inyección se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de Inyección (L/minuto)} = \frac{\text{Concentración Final (gramos/Litro)} * 6}{\text{Caudal de Riego (Litros/seg)} * \text{Concent. Solución Madre (kg/Litro)}}$$

Ejemplo:

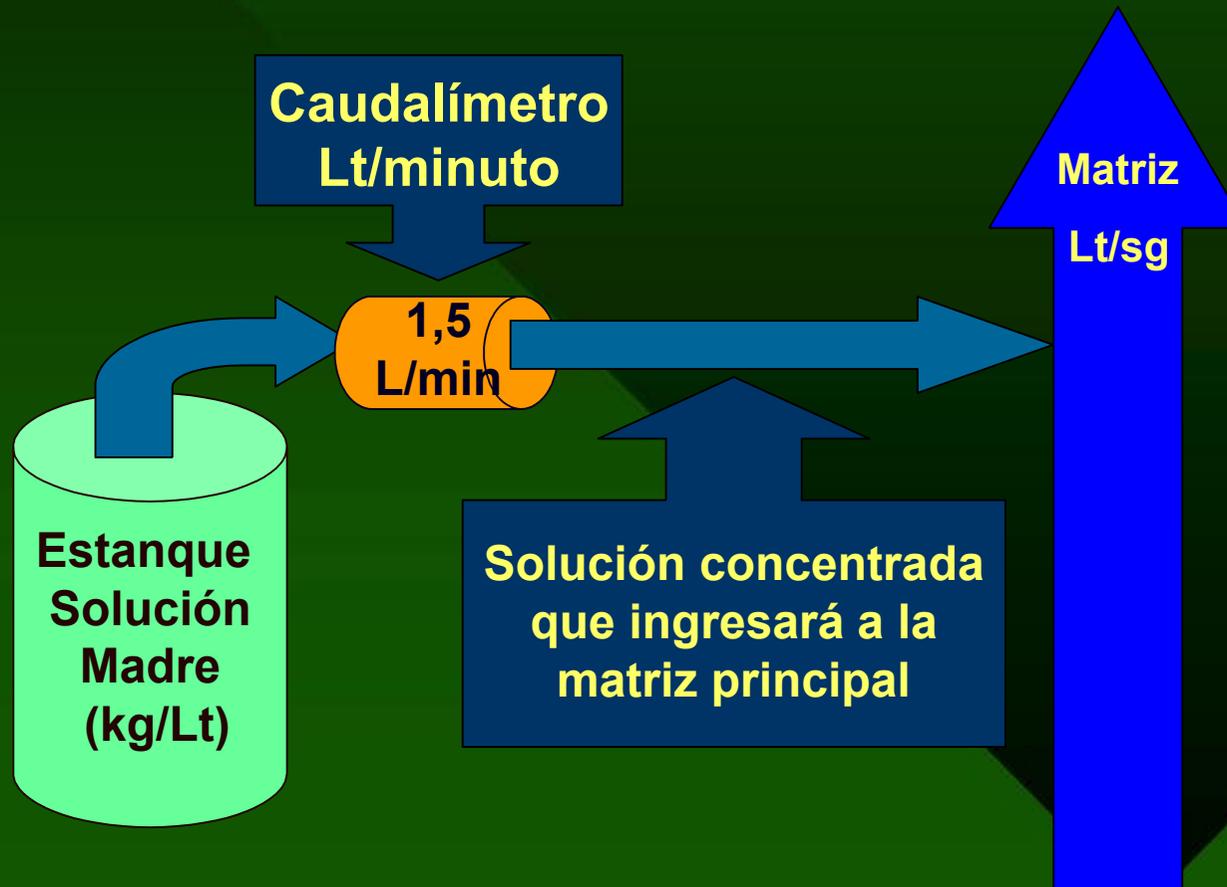
Se prepara una solución madre concentrada al 20 % (20 Kilos de fertilizante en 100 Litros de agua = 0,2 Kg/Lt).

El Caudal de la bomba es de 10 Litros por segundo (medido a nivel de campo).

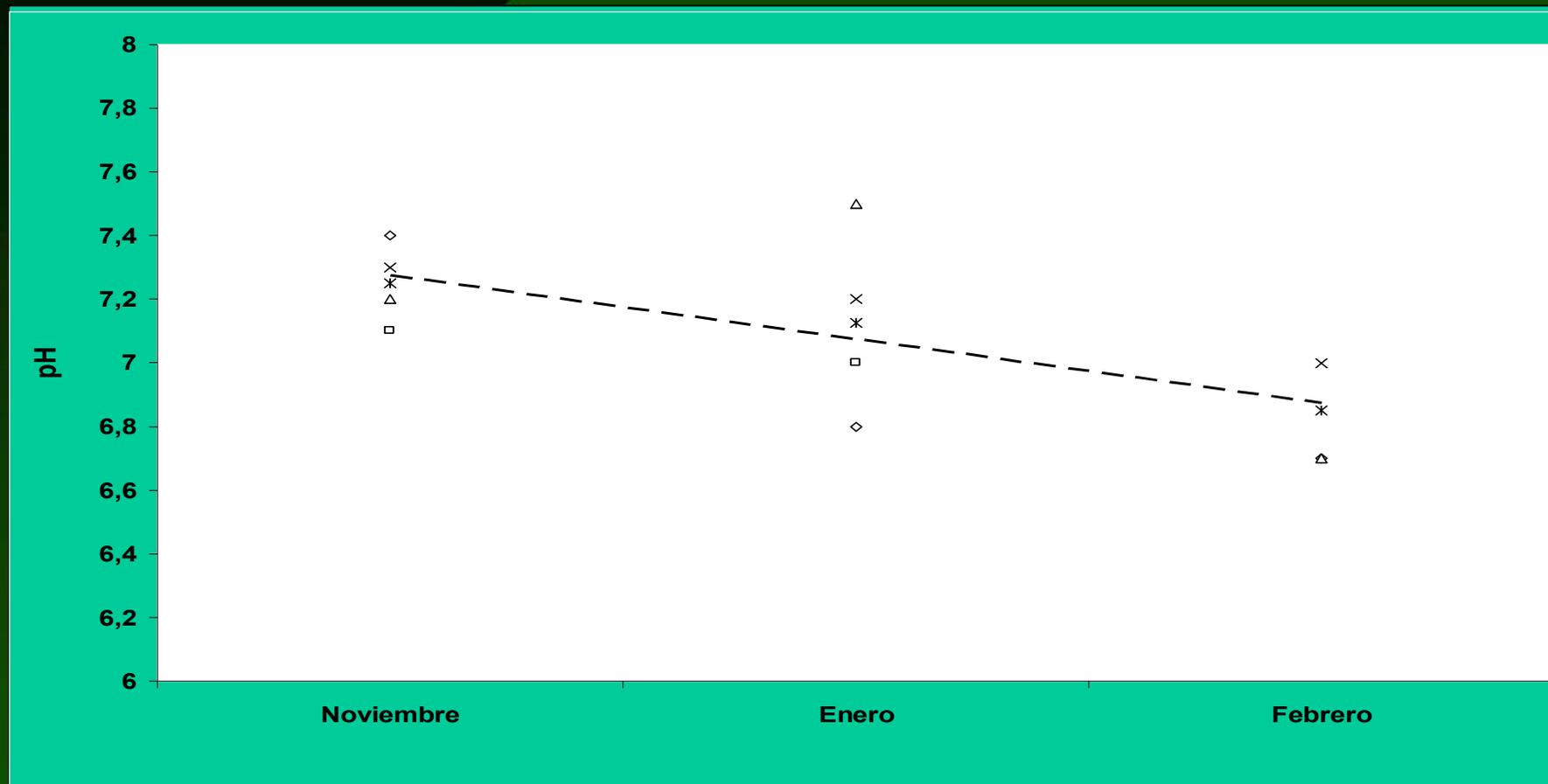
La concentración máxima de solución de riego (que sale por cada emisor) a la que se quiere trabajar es de 0,5 gramos por litro.

¿Qué tasa de inyección debo medir en el caudalímetro?:

$$\text{Tasa de Inyección (L/min)} = \frac{0,5 \text{ (g/L)} * 6}{10 \text{ (L/seg)} * 0,2 \text{ (kg/L)}} = 1,5 \text{ L/min}$$

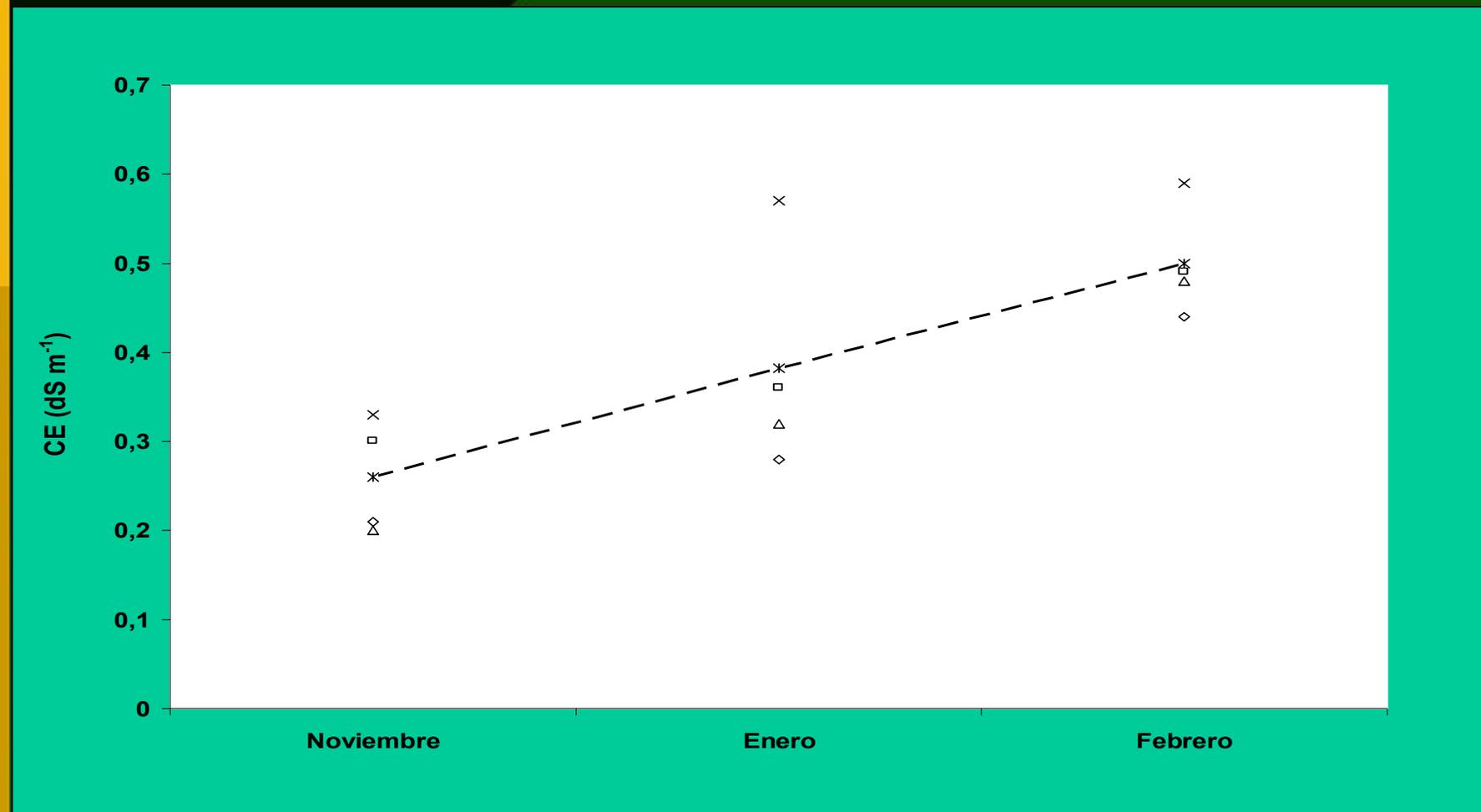


Monitoreo de la solución de fertirrigación.



Evolución del pH de la solución de fertirriego en cuatro cuarteles de un huerto de manzanos de la VI región.

Monitoreo de la solución de fertirrigación.



Evolución de la CE de la solución de fertirriego en cuatro cuarteles de un huerto de manzanos de la VI región.

Para neutralizar concentraciones excesivas de bicarbonatos en el agua de riego se realizan aplicaciones de ácidos (fosfórico, sulfúrico, nítrico, clorhídrico), cuyo cálculo de dosificación se presenta en la siguiente ecuación (100% concentración) :

$$\text{Dosis de Acido (L ha}^{-1}\text{)} = \frac{[\text{HCO}_3^-] \text{ (meq L}^{-1}\text{)} * 0,7 * \text{Vol.Agua (m}^3\text{)} * \text{PE Ac (mg meq}^{-1}\text{)}}{\text{Densidad del Acido (kg L}^{-1}\text{)} * 1.000}$$

Donde:

0,7 = Fracción porcentual de concentración de bicarbonatos a neutralizar (70%). Cuando se neutraliza más de un 75 u 80% del bicarbonato presente se produce una fuerte caída en el pH, pudiendo generar nuevos problemas.

Vol. Agua = Volumen de agua a aplicar (evento de riego, periodo fenológico, temporada de riego).

PE Ac = Peso equivalente del ácido a emplear.
 Acido Nítrico (HNO₃⁻), 63 mg meq⁻¹.
 Acido Sulfúrico (H₂SO₄²⁻), 49 mg meq⁻¹.
 Acido Fosfórico (H₂PO₄³⁻), 32,3 mg meq⁻¹.
 Acido Clorhídrico (HCl), 36,5 mg meq⁻¹.

1.000 = Factor de corrección de unidades.

La reacción química durante el proceso de acidificación en términos simples es la siguiente:



Donde:

Cación libre = Ca^{2+} o Mg^{2+} o Na^+ , derivado del bicarbonato neutralizado.

Anión libre = NO_3^- o SO_4^{2-} o PO_4^{3-} o Cl^- , derivado del ácido aplicado (nitrógeno, sulfúrico, fosfórico, clorhídrico)

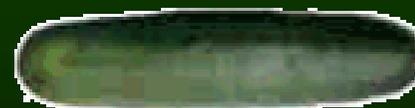
Cabe considerar que durante la neutralización de los bicarbonatos se solubilizan sales, generando un aumento en la CE.

Ejemplo 2, en un viñedo variedad Carmenere se riega con un agua de pH 7,2 y un contenido promedio de bicarbonatos de 1,25 meq L⁻¹. El volumen estimativo de agua a aplicar en la temporada será de 3.000 m³. Para neutralizar el 70% de la concentración de bicarbonato se utilizará ácido fosfórico, cuya densidad es de 1,7 kg L⁻¹. La dosis total de ácido fosfórico a emplear para toda la temporada de riego se determinará empleando la ecuación propuesta (Se considera 100% de concentración en el Acido).

$$\begin{aligned} \text{Dosis de Ac. Fosfórico} &= \frac{1,25 \text{ meq L}^{-1} * 0,7 * 3.000 \text{ m}^3 * 32,3 \text{ mg meq}^{-1}}{1,7 \text{ kg L}^{-1} * 1.000} = 50 \\ (\text{L ha}^{-1}) & \end{aligned}$$

La distribución de la dosis del ácido se realizará de forma proporcional a la distribución del volumen de agua a aplicar durante la temporada (método cualitativo o de trabajo por concentración).

Programas de fertirrigación para algunas especies agrícolas



Necesidades nutricionales de diversas especies hortícolas (kg de nutriente por Ton de rendimiento)

Especie	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Tomate	3	1	5 - 6	2 - 3	0,8	0,7
Pimentón	3	1	4 - 5	1,8	0,8	0,7
Pepino	3	1,2	4 - 5	3	0,8	0,8
Lechuga	2	1	3 - 4	2	0,4	0,5
Vid	3	1,4	5	1	0,8	0,5
Cerezo	6	2	5 - 6	2	1	0,6
Olivo	6	2	6 - 7	3	1	0,8

Programa de Fertirrigación para 1 ha de Tomate bajo plástico

Días	N° Riegos	Kg de N	Kg de Ultrasol a usar por etapa	Kg de Mezcla por riego
1-30	15	15	60 Kg U.Prod. 40 Kg U.Desarr.	6 -7 Kg
31-45	15	30	120 Kg U.Prod. 80 Kg U.Desarr,	13 Kg
46-60	15	45	180 Kg U.Prod. 120 Kg U.Desarr.	20 Kg
61-75	15	60	240 Kg U.Prod. 160 Kg U.Desarr.	27 Kg
75-90	15	75	300 Kg U.Prod. 200 Kg U.Desarr.	33 Kg
91-115	15	90	360 Kg U.Prod. 240 Kg U.Desarr.	40 Kg
116 en adelante	50-60	300	1200 Kg U.Prod. 800 Kg U.Desarr.	40 Kg
Total	170-180 días	600-675	2.460 Kg U.Producción 1.640 Kg U.Desarrollo	

Programa de Fertirrigación para 1 ha de Pimentón

Base: 150 Kg SFT + 100 Kg Sulpomag + 50 Kg Nitrato Calcio / ha

Nº Días	Producto	Dosis (Kg/ha/día)	Aporte total de nutrientes			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
1 - 25	Ultrasol Multiprop.	8	36	36	36	2
26 - 55	Ultrasol Desarrollo	10	45	15	45	5
56 - 85	Ultrasol Desarrollo	12	76	25	76	8
86 - 150	Ultrasol Producción	15	126	59	390	--
Total	Kg/ha	1.835	283	135	547	

Programa de Fertirrigación para 1 ha de Lechuga

Base: 150 Kg SFT + 150 Kg Sulpomag + 50 Kg Nitrato Calcio / ha

Nº Días	Producto	Dosis (Kg/ha/día)	Aporte total de nutrientes			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
1 - 10	Ultrasol Multiprop.	10	18	18	18	1
11 - 45	Ultrasol Desarrollo	12	76	25	76	8
Total	Kg/ha	520	94	43	94	9



Programa de Fertirrigación para 1 ha de Cerezo

Base: 50 Kg SFT + 50 Kg Sulpomag + 50 Kg Nitrato Calcio / ha

Etapa	Producto	Dosis (Kg/ha)	Aporte total de nutrientes			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Brot - cuaja	Ultrasol Desarrollo	150	27	9	27	3
Cuaja - cosecha	Ultrasol Producción	100	13	6	40	--
Post - cosecha	Ultrasol Desarrollo	250	45	15	45	5
Total	Kg/ha	500	85	30	112	

Programa de Fertirrigación para 1 ha de Olivo

Base: 50 Kg SFT + 50 Kg Sulpomag + 1.000 Kg Cal + 3 Kg B/ ha

Etapa	Producto	Dosis (Kg/ha)	Aporte total de nutrientes			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Brot - cuaja	Ultrasol Desarrollo	200	36	12	36	4
Cuaja - cosecha	Ultrasol Producción	200	26	12	80	--
Post - cosecha	Ultrasol Desarrollo	200	36	12	36	4
Total	Kq/ha	600	98	36	152	8



Programa de Fertirrigación para 1 ha de Vides

Base: 50 Kg SFT + 50 Kg Sulpomag + 50 Kg Nitrato Calcio / ha

Etapa	Producto	Dosis (Kg/ha)	Aporte total de nutrientes			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Brot - cuaja	Ultrasol Desarrollo	100	18	6	18	2
Cuaja - cosecha	Ultrasol Producción	100	13	6	40	--
Post - cosecha	Ultrasol Desarrollo	150	27	9	27	3
Total	Kg/ha	350	58	21	85	

