



Criterios para el ajuste de la solución nutritiva



Miguel Urrestarazu Gavilán



inia
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
URUGUAY

INTA

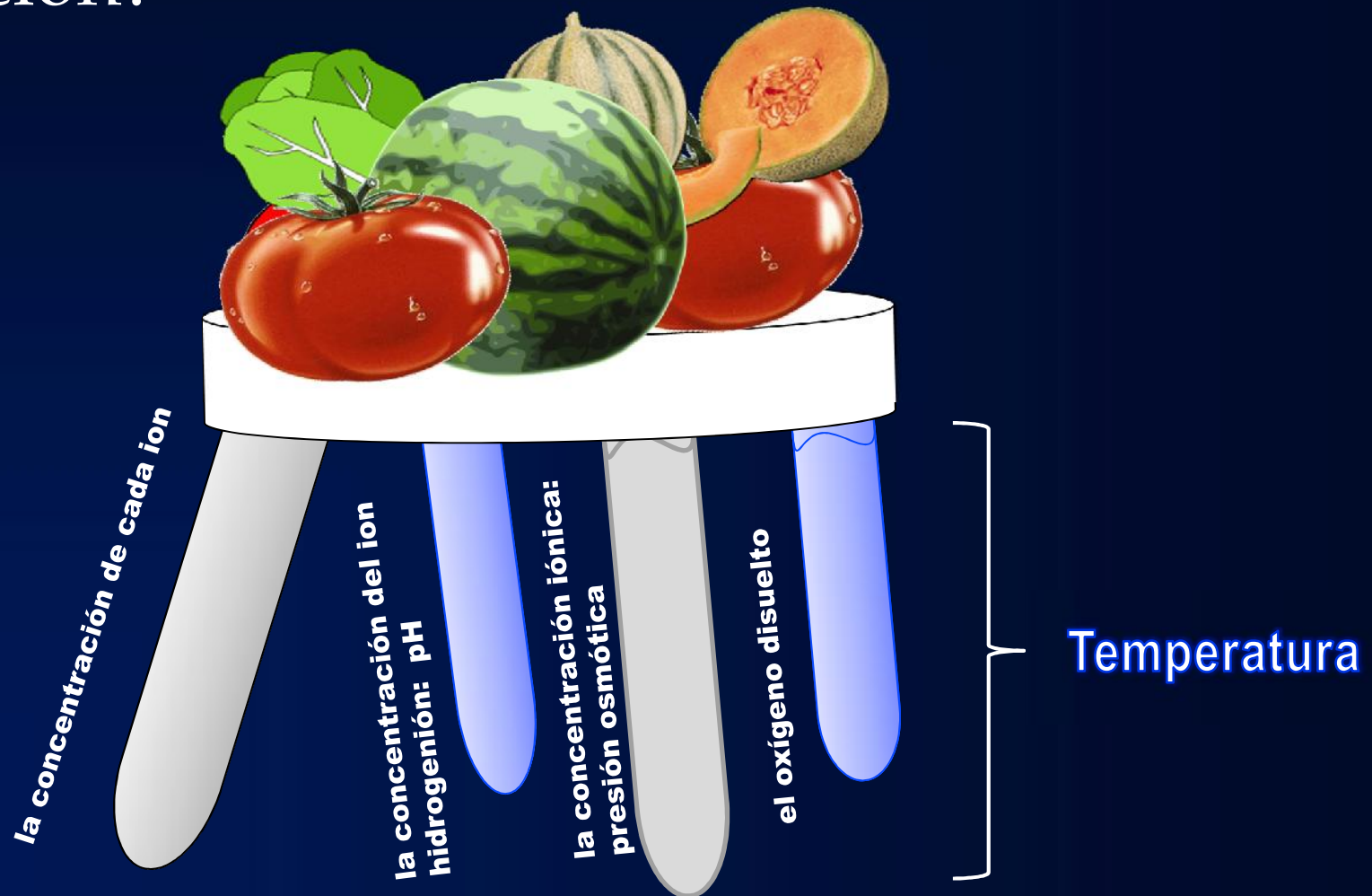
**2 SIMPOSIO REGIONAL DE
VIVEROS CITRICOS
BAJO CUBIERTA**
11, 12 y 13 de mayo de 2016

Steiner 1960s (Steiner, 1961):

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

INTRODUCCIÓN

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



4.1. Introducción

Elemento	Pa	Forma iónica	Formulación de la sal o fertilizante			Pe e	Nombre	Formulación de la sal o fertilizante		
			Pm mol	v	Pe e			Pm mol	v	Pe e
N	14	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	18	1	18	HNO ₃	Ácido nítrico	63	1	63
			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
P	31	H ₂ PO ₄ ⁻	97	1**	97	KNO ₃	Potasio Nitrato	101	1	101
						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 Potasio Sulfato	136	1	136
								174	2	87
						K ₂ SO ₄				

* 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).

4.1. Introducción

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⁻	60							
		HCO ₃ ⁻	61							

* 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).

La disolución nutritiva con una balsa auxiliar



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



Price tags for the top shelf: 1.49, 1.29, 5.15, 4.45, 4.49, 4.49, 6.95, 6.50, 3.95, 6.95



Price tags for the second shelf: 6.95, 8.25, 3.85, 3.95, 1.00, 1.00, 1.00, 0.99, 4.99, 5.99, 6.70, 1.00



Price tags for the third shelf: 2.95, 2.95, 8.25, 10.99, 4.99, 6.15, 7.95, 1.00



Price tags for the bottom shelf: 7.49

Al menos dos disoluciones madre concentradas. Máximo recomendable: 100-150 (200) veces concentrada



Caso mas complejo

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

- **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.**

Otra forma de nutrir a las plantas: filosofía

¿cómo comen las plantas?



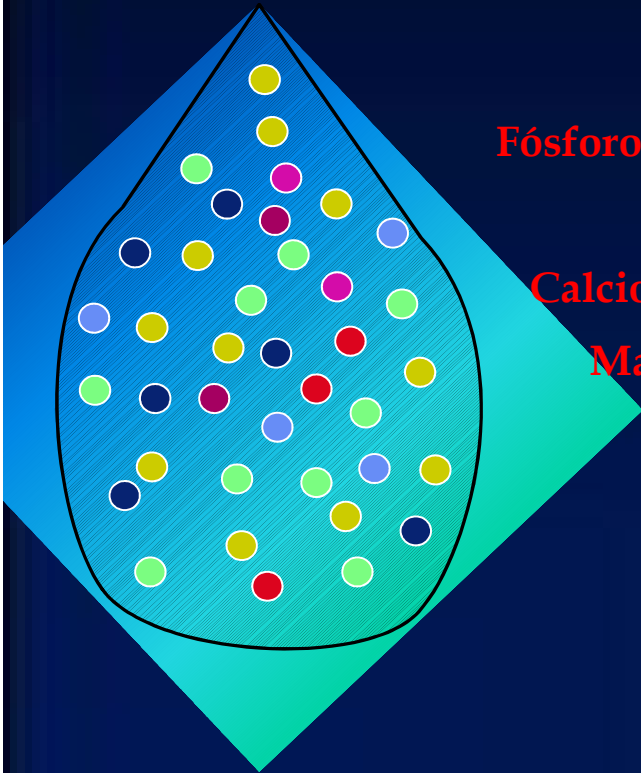
¿cómo comeré?
¿qué me gusta mas?
¿qué comeré mas?



“cada gota su equilibrio”



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



		Nº aproximado Proporcional (En Moles)
Nitrógeno (N): ion Nitrato: NO_3^-	●	10
	●	0-3
Fósforo (P): como ion Fosfato: H_2PO_4^- , y 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

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	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			

Cambio de expresión milimolar (mmol L^{-1}) a milinormal (me L^{-1})

	NO_3^-	H_2PO_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

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 = $0,5\ me\ L^{-1} \times 80\ mg\ me^{-1} \times 1000\ L \times 100 = 4.000.000\ mg$ 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 ⁻	Cationes ($me\ L^{-1}$)				Total de cada anión	Fertilizante a utilizar	Peso (kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000L concentrada 100 veces
	Agua de riego	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 cada anión	Fertilizante a utilizar	Peso (kg o litros (ácidos) a utilizar para 1000 L concentrada 100 veces	Descomposición en tanque	
H ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺				A	B
5 ⁽¹⁾	-	-	-	10,5 ⁽⁷⁾	Nitrato amónico ⁽¹⁵⁾	4,0 ⁽²¹⁾	4,0 ⁽²⁷⁾	
	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⁾
							Quelatos: 2 ^{(34)*}	
5 ⁽¹⁰⁾	7,0 ⁽¹¹⁾	7,5 ⁽¹²⁾	2,0 ⁽¹³⁾	17,0 ⁽¹⁴⁾		Total:(kg o L) =	107,13 ⁽³⁵⁾	83,73 ⁽³⁶⁾

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. Segunda opción

Aniones (me L ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ Agua de riego	Cationes (me L ⁻¹)				Total de cada anión	Fertilizante a utilizar	Peso (kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000 L concentrada 100 veces	Desd A
		NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺				
NO ₃ ⁻		0,5	-	-	-	10,5	Nitrato amónico	4,0	4,0
		-	0,5	-	-		Nitrato potásico	5,1	2,55
				7,5			Nitrato cálcico	88,5	88,5
					2,0	2,0	Nitrato magnésico	25,6	12,8
H ₂ PO ₄ ⁻		-	1,5		-	1,5	Fosfato potásico	20,4	
SO ₄ ²⁻		-	5,0	-	-	5,0	Sulfato potásico	43,5	
Total de cada catión		0,5	7,0	7,5	2,0	17,0		Total:(kg o L) =	109,8

De Zipolex por ejemplo

Cálculo de los aportes previstos mediante los fertilizantes utilizando la disolución ideal considerando un agua de riego

	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			0,78	2,51	1,78	-		1,33	0,80	1,28	7,97	0,46
Disolución tipo	13,5	2,0	1,00	-	-	-	5,0	6,00	1,00			
A aportar por fertilizante	13,5	2,0	0,22	-	-	-	5,0	4,67	0,20	-	-	

Cambio de expresión milimolar ($mmol L^{-1}$) a milinormal ($me L^{-1}$)

	Aniones			Cationes			
	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
$mmol L^{-1}$	13,50	2	0,22	-	5,0	4,67	0,20
x valencia	1	1*	2	-	1	2	2
$me L^{-1}$	13,50	2	0,44	-	5,0	9,34	0,40

* En los intervalos de pH de la disolución nutritiva ver apartado 7.4

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 disolución tipo, utilizando una tabla de doble entrada

Aniones ($me L^{-1}$)	HCO ₃ ⁻	Cationes ($me L^{-1}$)				Total de cada anión	Fertilizante a utilizar	Peso (kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000 L concentrada 100 veces	De
	Agua de riego	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺				
NO ₃ ⁻	-	-	-	8,50	-	12,5 (-1; -7%)	Nitrato cálcico	100,3	10
	-	-	4	-	-		Nitrato potásico	40,4	
H ₂ PO ₄ ⁻	-	-	1	-	-	2 (0; 0%)	Fosfato potásico	13,6	Qu
	-	-	-	1	-		Fosfato cálcico	11,1	
SO ₄ ²⁻	-	-	-	-	0,42*	0,42 (-0,02; 5%)	Sulfato magnésico	5,17	To
Total de cada catión			5 (0, 0%)	9,5 (0,16 2%)	0,42 (0,02, 5%)				

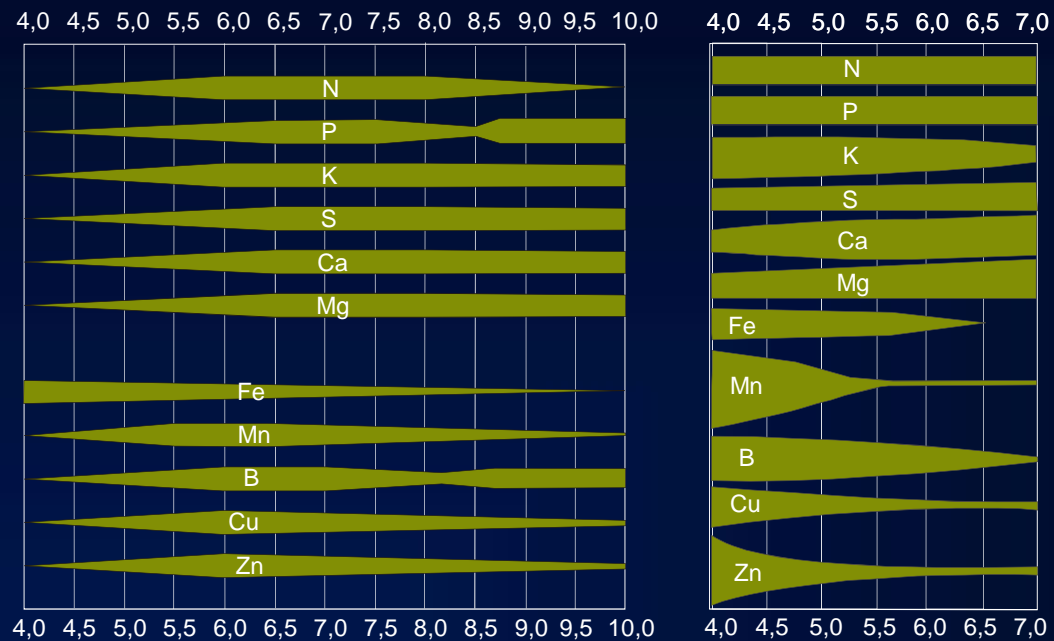
* Número medio entre 0,40 y 0,44.

La disolución nutritiva con disoluciones madre concentrada

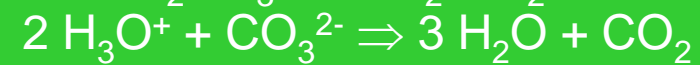
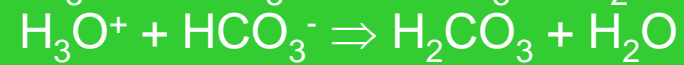
Estadillo resuelto para calcular los gramos o litros a aportar de cada fertilizante comercial en función de los $me L^{-1}$ requeridos de cada disolución tipo, utilizando una tabla de doble entrada (Solución segunda para el ejemplo de la tabla 7.17)

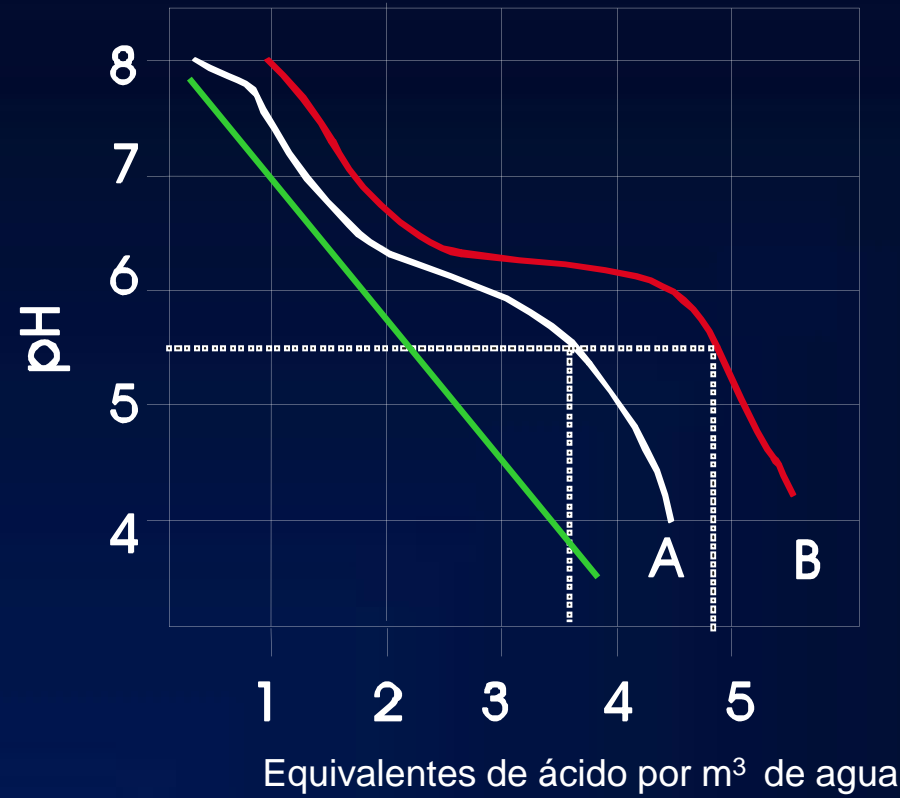
Aniones ($me L^{-1}$)	HCO_3^- Agua de riego	Cationes ($me L^{-1}$)				Total de cada anión	Fertilizante a utilizar	Peso (kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000 L concentrada 100 veces	De
		NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}				
NO_3^-	-	-	-	9,50	-	13 (-0,5; -4%)	Nitrato cálcico	112,1	
	-	-	3,5	-	-		Nitrato potásico	35,35	
$H_2PO_4^-$		-	2	-	-	2 (0, 0%)	Fosfato potásico	27,2	
SO_4^{2-}	-	-			0,42	0,42 (-0,02, 5%)	Sulfato magnésico	5,17	
Total de cada catión			5,5 (0,5;10%)	9,5 (0,16; 2%)	0,42 (0,02, 5%)				Qu Tota

Entre paréntesis figura la diferencia existente del resultado entre el aplicado y el recomendado así como el porcentaje que representa

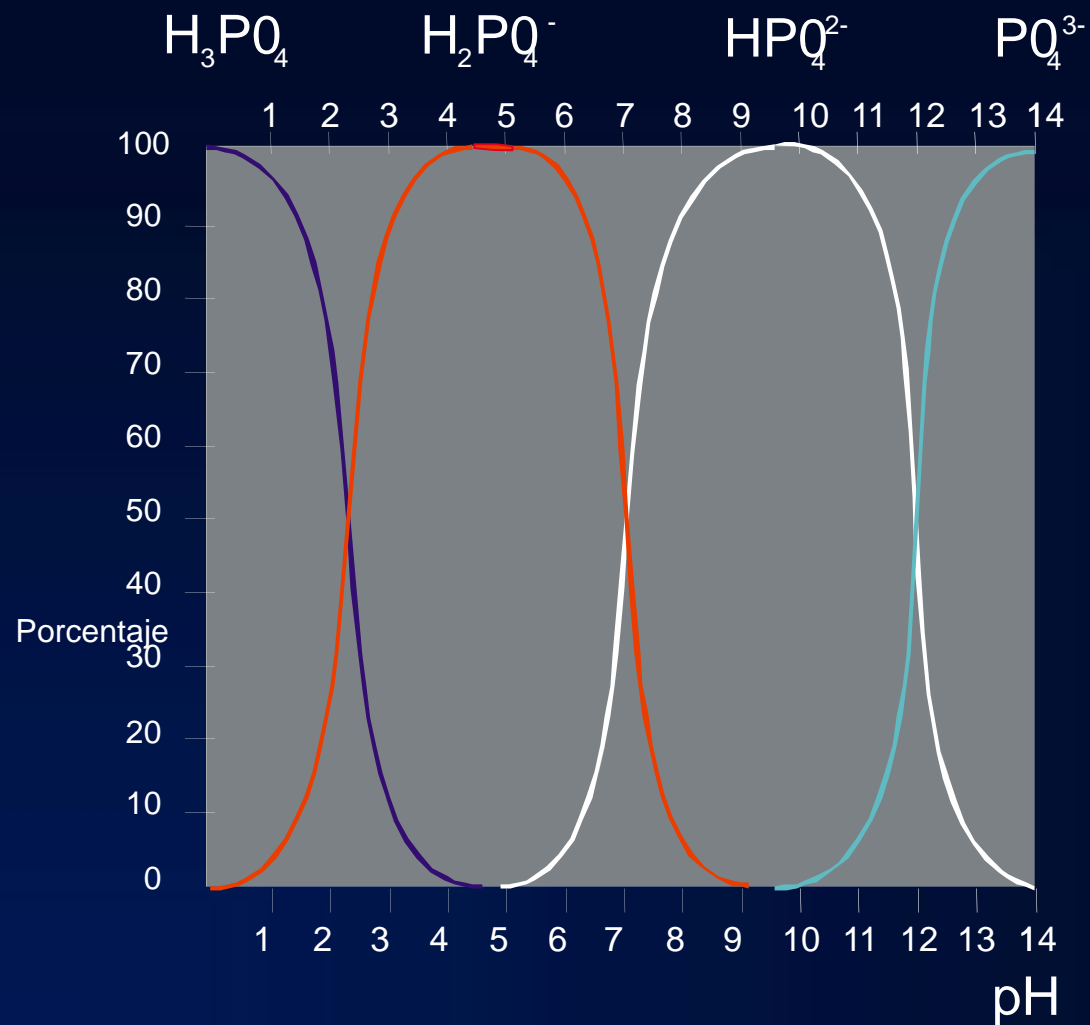


Disponibilidad relativa de los diversos nutrientes por las plantas en función del pH de la rizosfera. De Trough (1951) a la izquierda y de Handreck y Black (1994) a la derecha

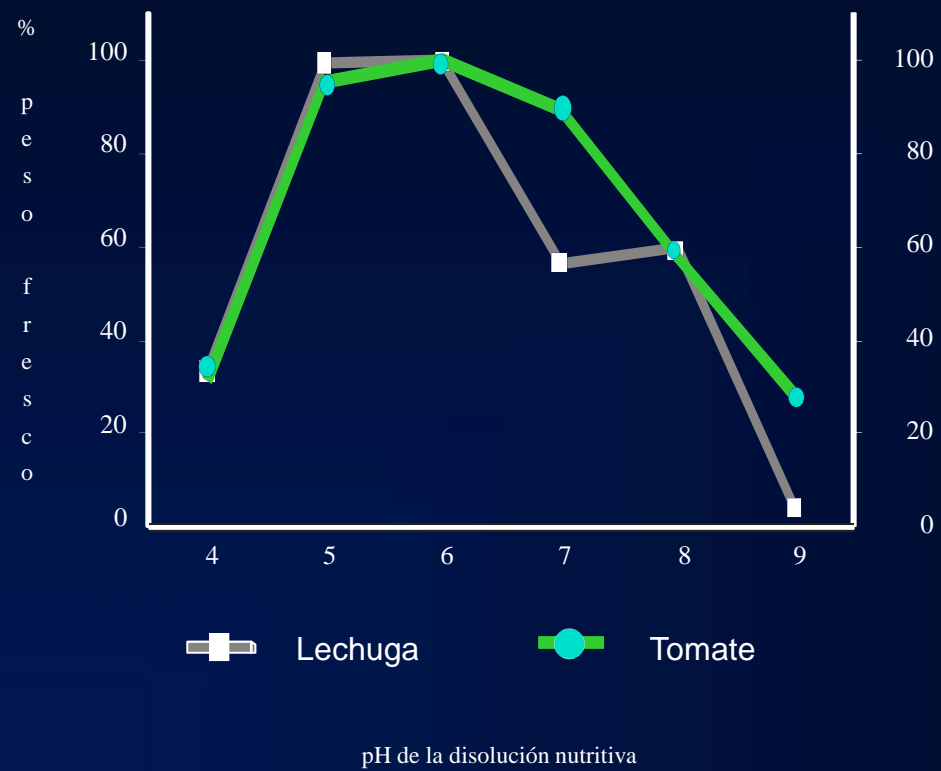
Bicarbonato**Carbonato**



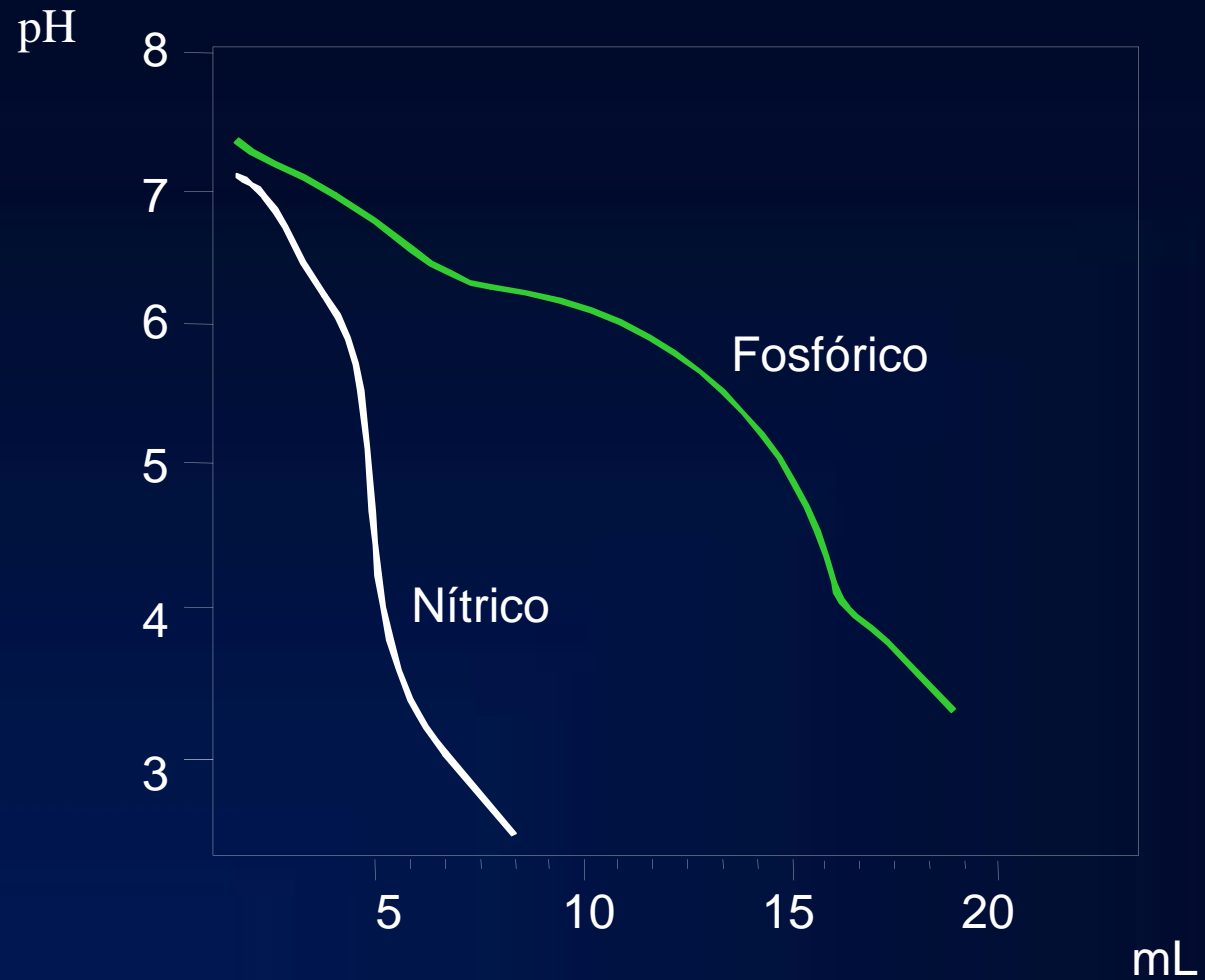
Diferentes curvas de neutralización para dos aguas de riego originadas por la presencia de bicarbonatos según Martínez y García (1993)



Proporción de la curva de disociación del ácido fosfórico en función del pH de la disolución de fertirrigación (Basada en Steiner 1961)



Evolución del crecimiento de plantas hortícolas en función del pH de la disolución nutritiva. Basado en Arnon y Johnson (1942)

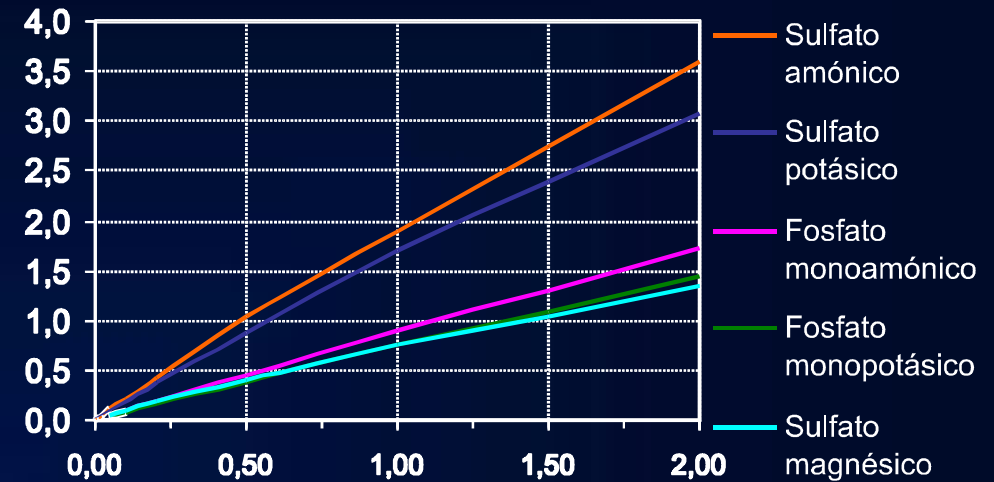
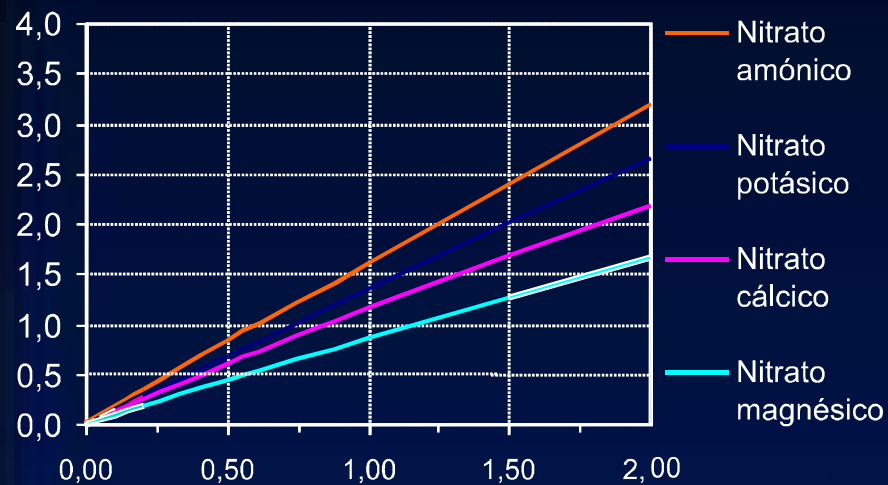


Diferencias de las curvas de acidificación de 200 mL de agua de riego (de sudeste francés) por la adición de los ácidos a una concentración 0,5 Normal. Redibujado parcialmente de Brun y Montarone (1987a)

Ficha para realizar el cálculo de la CE teórica de la disolución nutritiva del ejemplo III

	<i>me L⁻¹</i>										
	Cationes					Aniones					
Aporte por:	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	
Fertilizante	-	5	9,34	0,42		14,34	2,01	0,42	-	-	
Agua de riego	-	-	2,66	1,60	1,28	-	-	1,56	1,78	2,51	
Fertirriego:											
$\Sigma me L^{-1}$	A rellenar por el alumno										
$\Sigma mg L^{-1}$											
$\Sigma \text{Cationes } me L^{-1} =$		$\Sigma \text{Aniones } me L^{-1} =$					$ST (\Sigma mg L^{-1}) =$		⁽¹⁾ CE _{Teórica} =		dS m ⁻¹
$\Sigma \text{Cationes} - \Sigma \text{Aniones (C-A, } me L^{-1}) =$						% C-A =		⁽²⁾ CE _{Teórica} =		dS m ⁻¹	

* Resulta de 2,51 aportados por el agua de riego menos 2,01 del ácido fosfórico aportado para el suministro del fosfato
⁽¹⁾ y ⁽²⁾ son las ecuaciones arriba descritas en el texto



Conductividad eléctrica de la disolución ($dS m^{-1}$) de diferentes sales fertilizantes (en abscisa) en agua destilada en función de su concentración en agua desionizada ($g L^{-1}$) representadas en ordenada. Basados en Brun y Montarone (1987b) y Alarcón (1998)

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 ϕ de 0,8 cm. Desde los 35-40 cm a los 100 cm		(3) Después del primer fruto maduro
	Tomate	Pepino	Tomate	Pepino	Tomate				
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0,50	0,5	0,5	0,50	0,33	0,33	0,45		
KH_2PO_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_2SO_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		

Equilibrios de algunos macronutrientes en la disolución nutritiva para un cultivo de pepino.
Datos expresados en $mg L^{-1}$ para una CE de $1,8 dS m^{-1}$ (**Estadío fenológico**)

Equilibrios	N como NO_3	N como NH_4	P	K	Mg	Ca
1. Desarrollo vegetativo	150	25	50	130	40	120
2. Mantener un crecimiento rápido	200	30	45	150	40	120
3. Primar el desarrollo de los frutos	160	25	40	220	45	120

Fuente: Lefebvre (1987)

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

Estadío 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

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

mmol L⁻¹

NO_3^-	H_2PO_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	8,75		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 la lana de roca

mmol L⁻¹

NO_3^-	H_2PO_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)





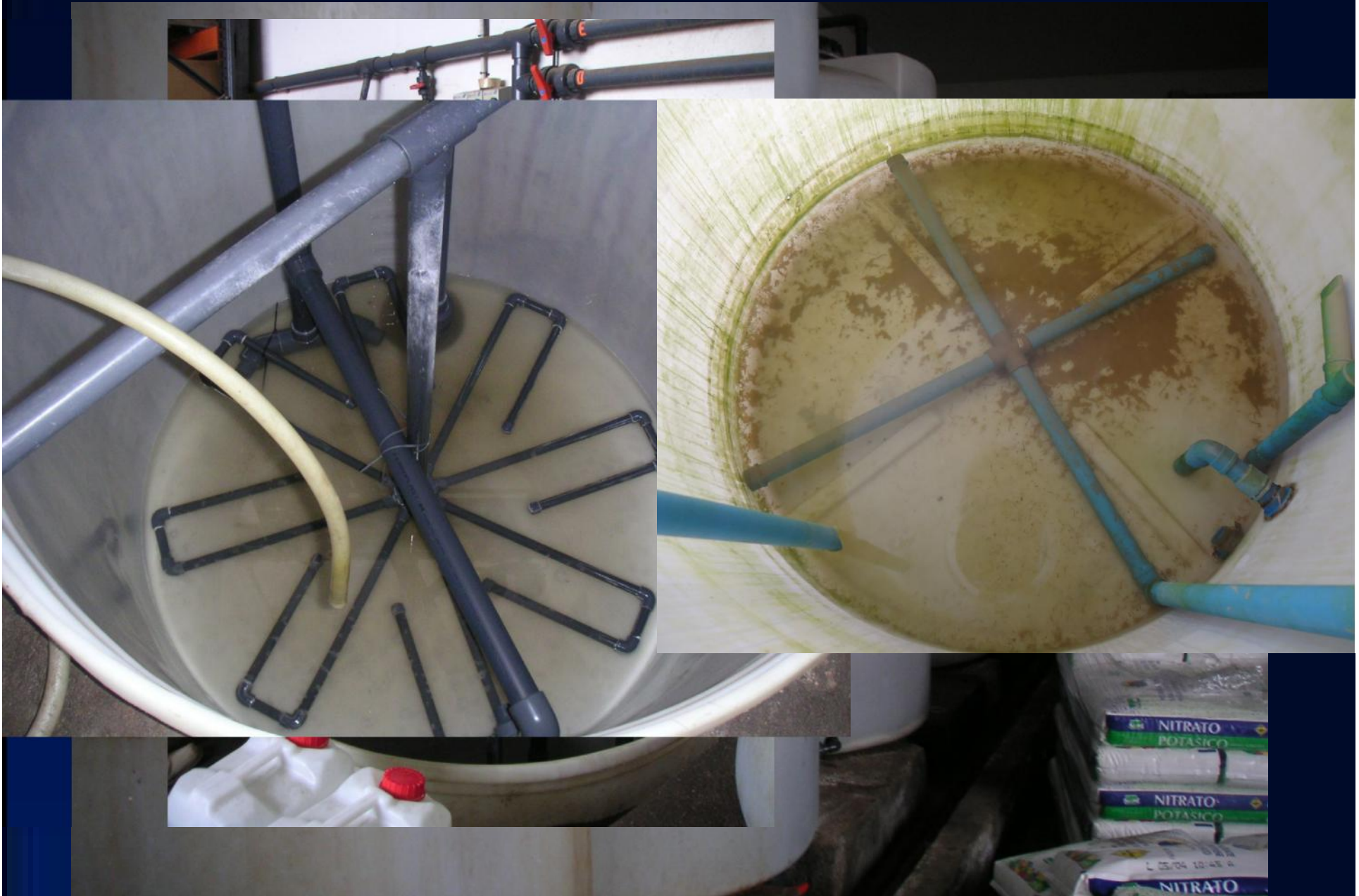




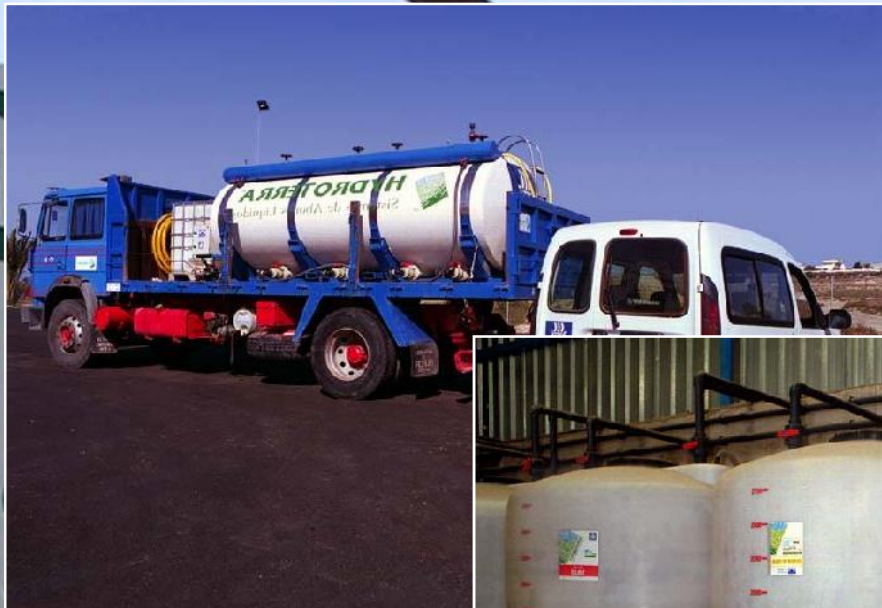
Abonadora de presión



Soluciones madres concentradas

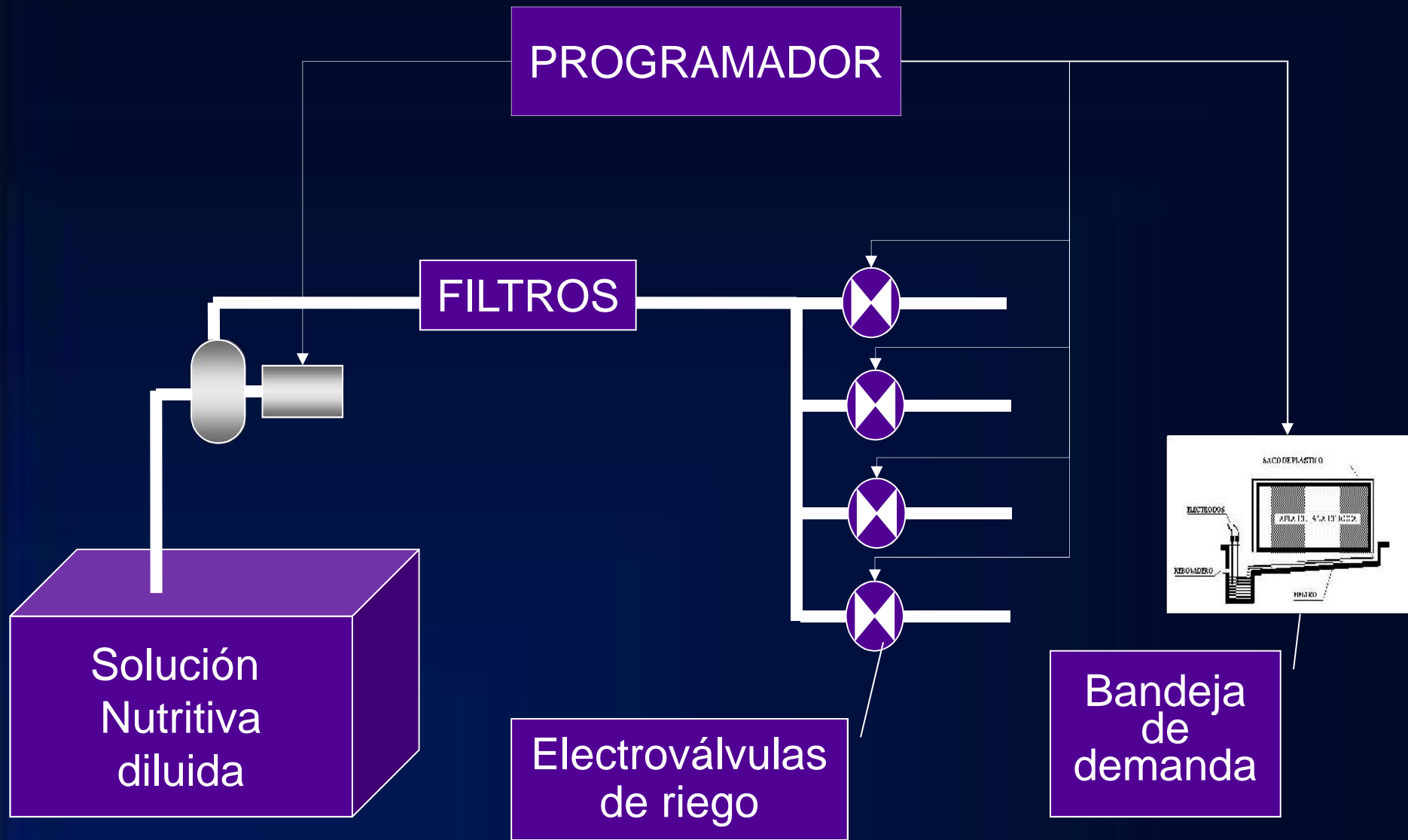


Fertilizantes líquidos

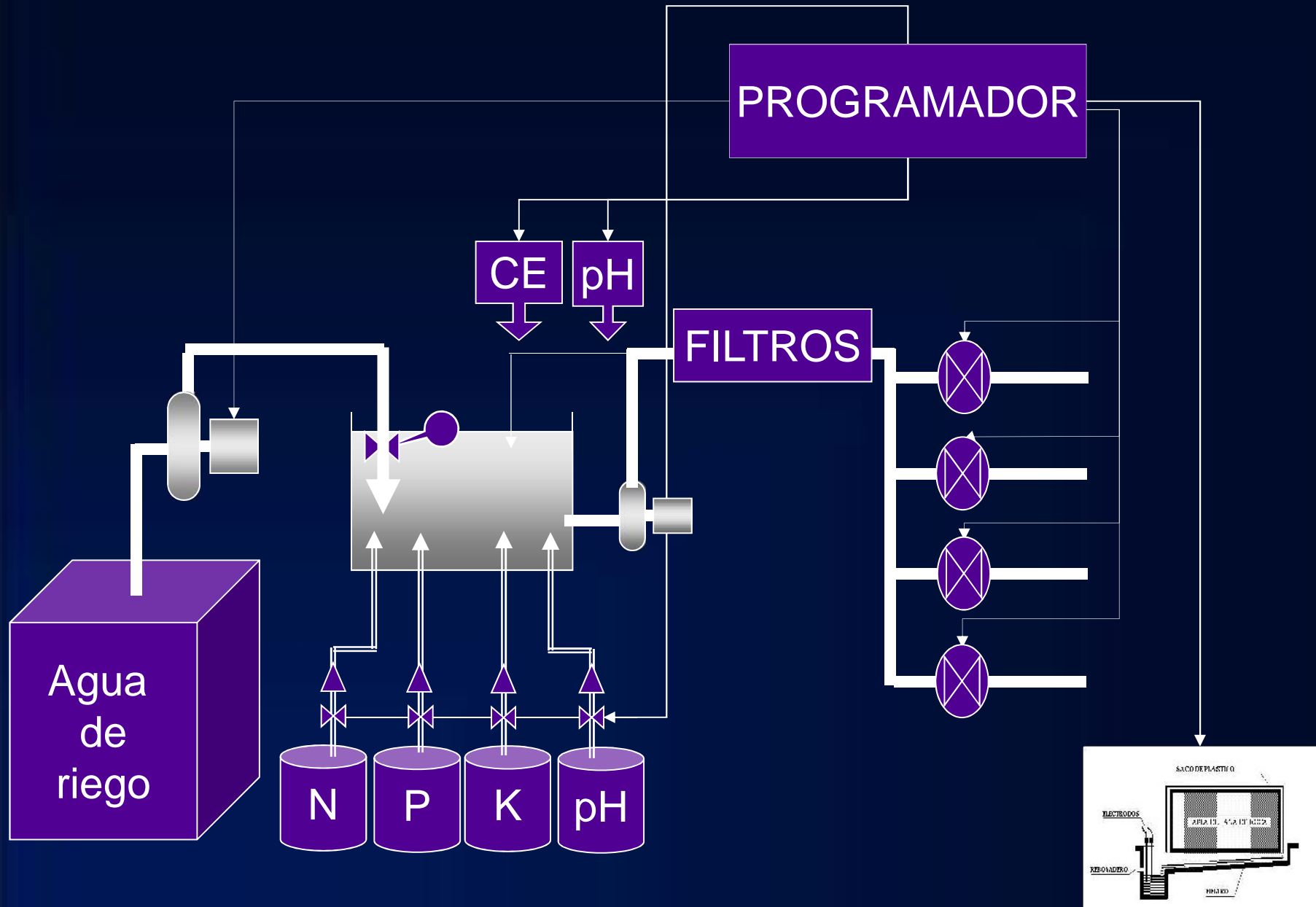


TEL.: 950
e-mail: suahl

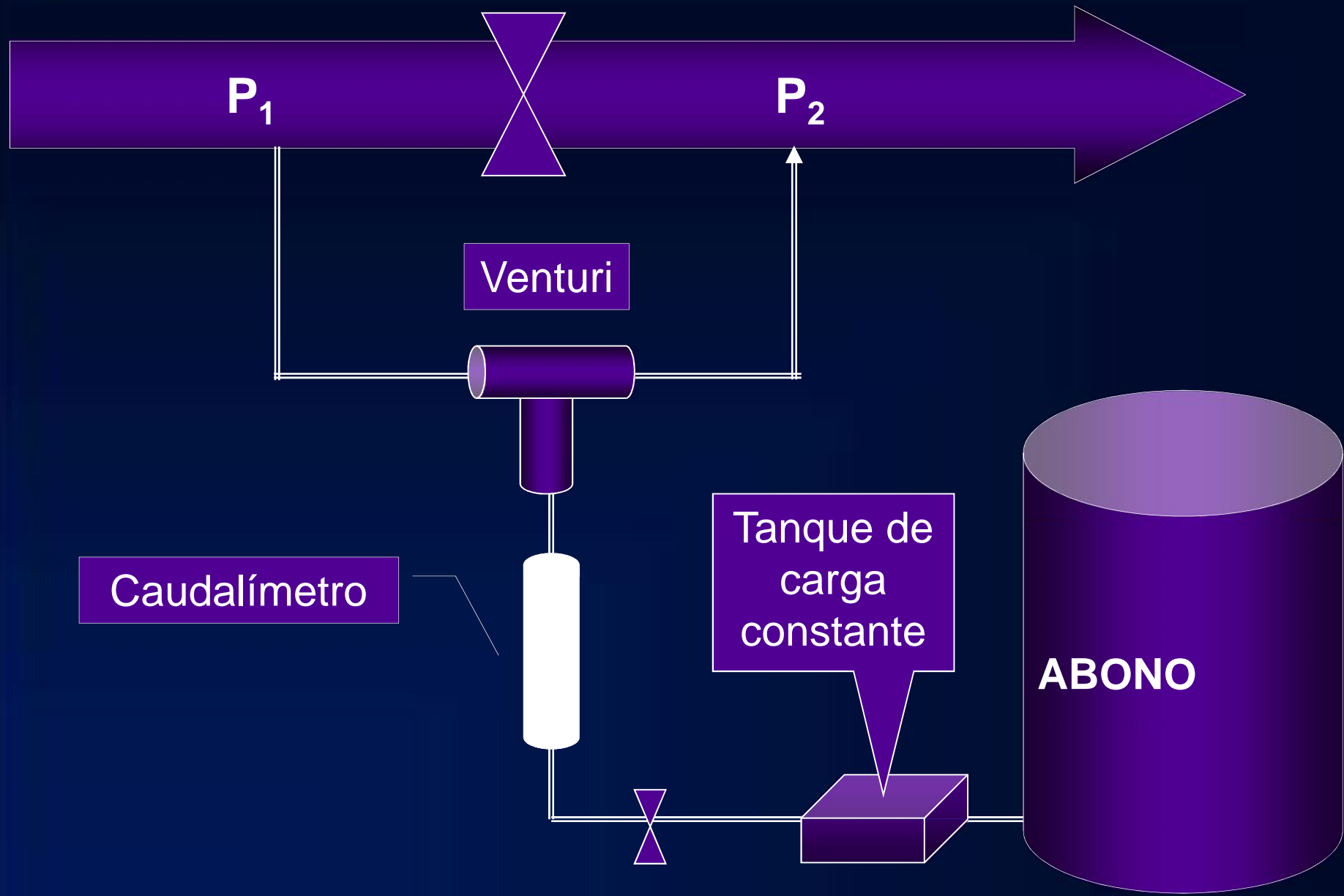
Evolución de la infraestructura de aplicación



Infraestructura básica de fertirrigación (Moreno, 2004)



Infraestructura básica del cabezal de fertirriego cuando se trabaja con **disoluciones concentradas** (Moreno, 2004)



Inyección de la disolución madre concentrada mediante un sistema venturi con gasto de presión (Moreno, 2004)

Agua clara



Calcio



Fosfatos Sulfatos

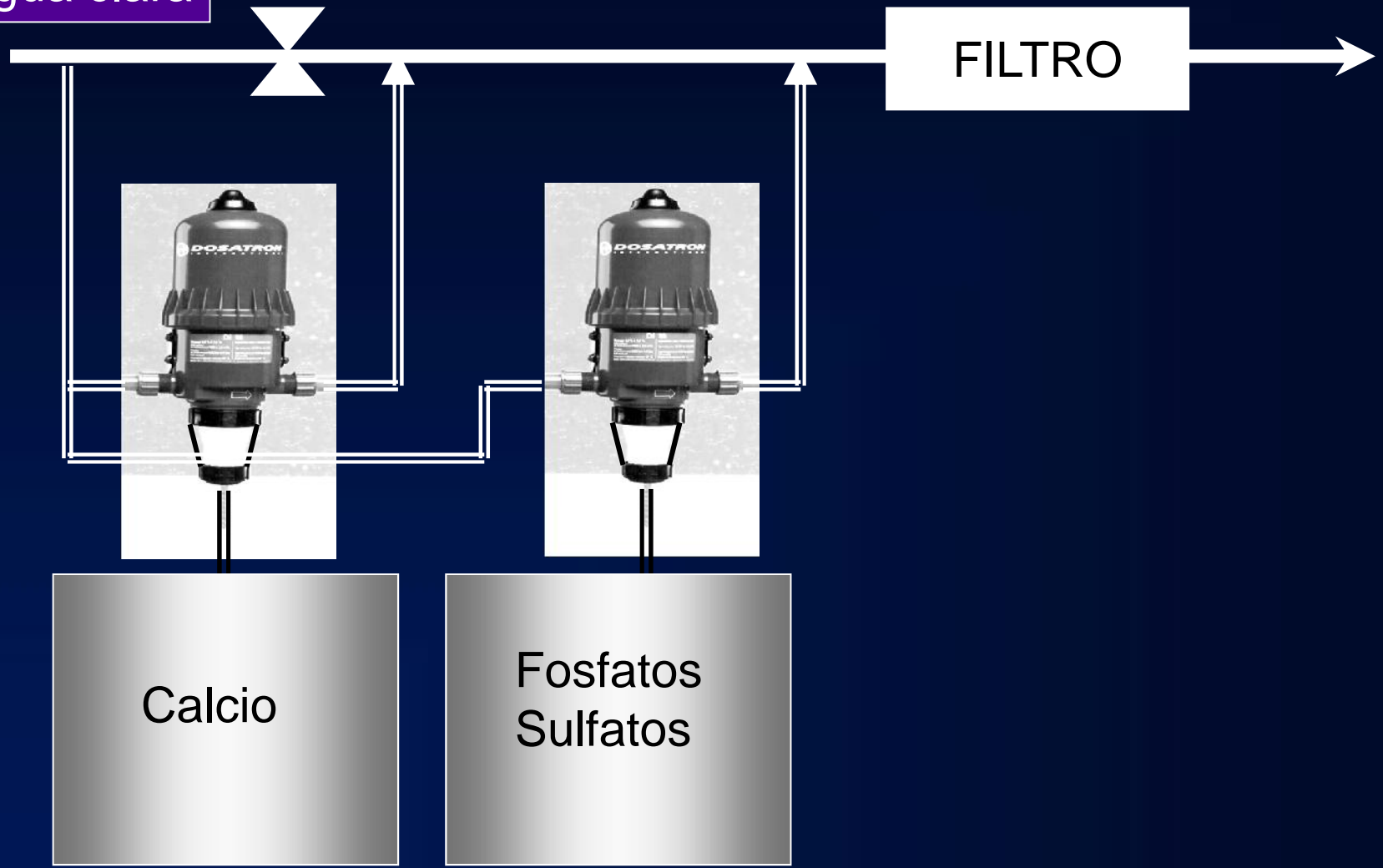
FILTRO

S. N.

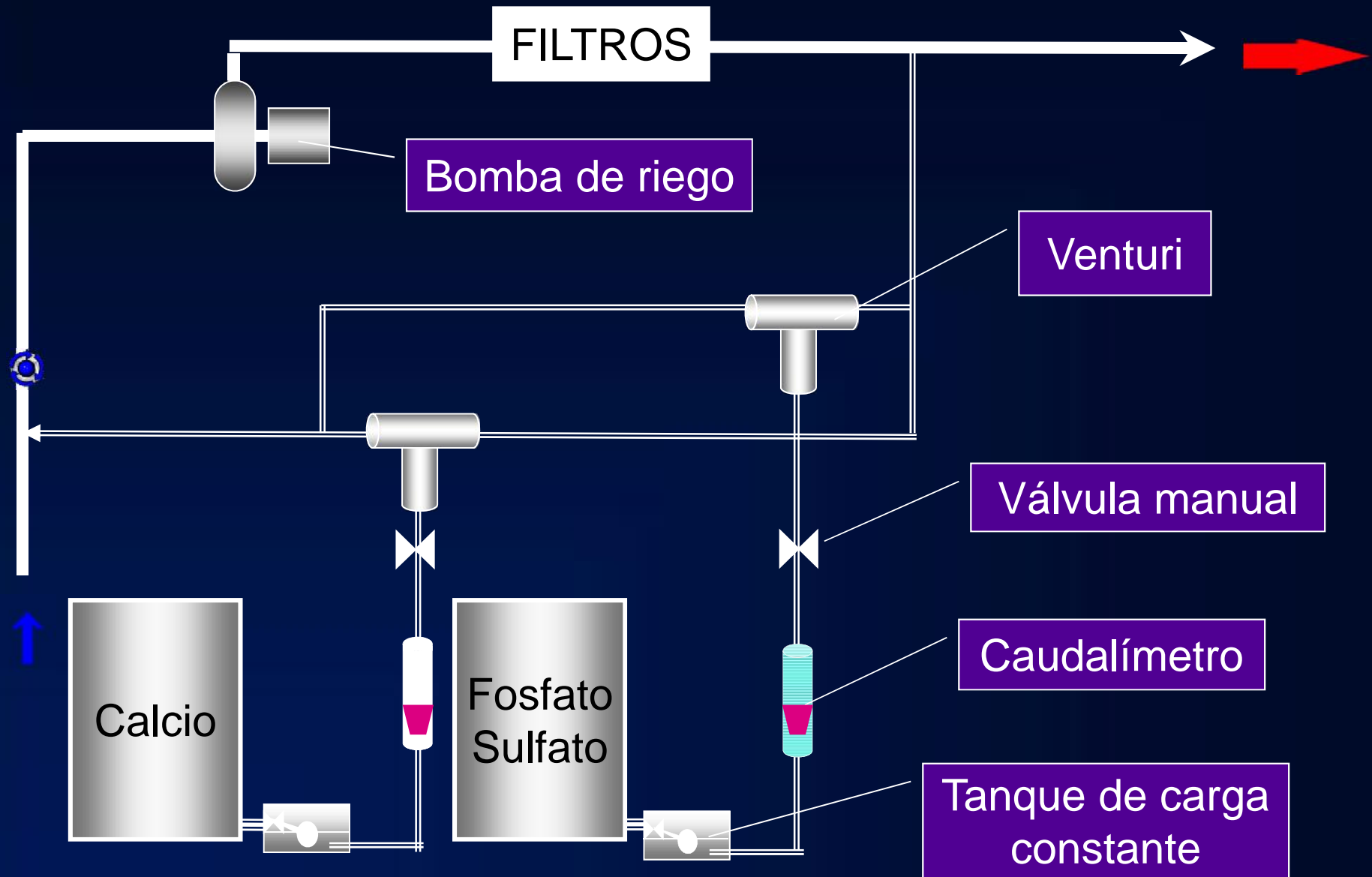
Bombas hidráulicas proporcionales en serie (Moreno, 2004)

Agua clara

S. N.



Bombas hidráulicas proporcionales en by-pass (Moreno, 2004)



Sistema de dosificación manual con venturi (Moreno, 2004)

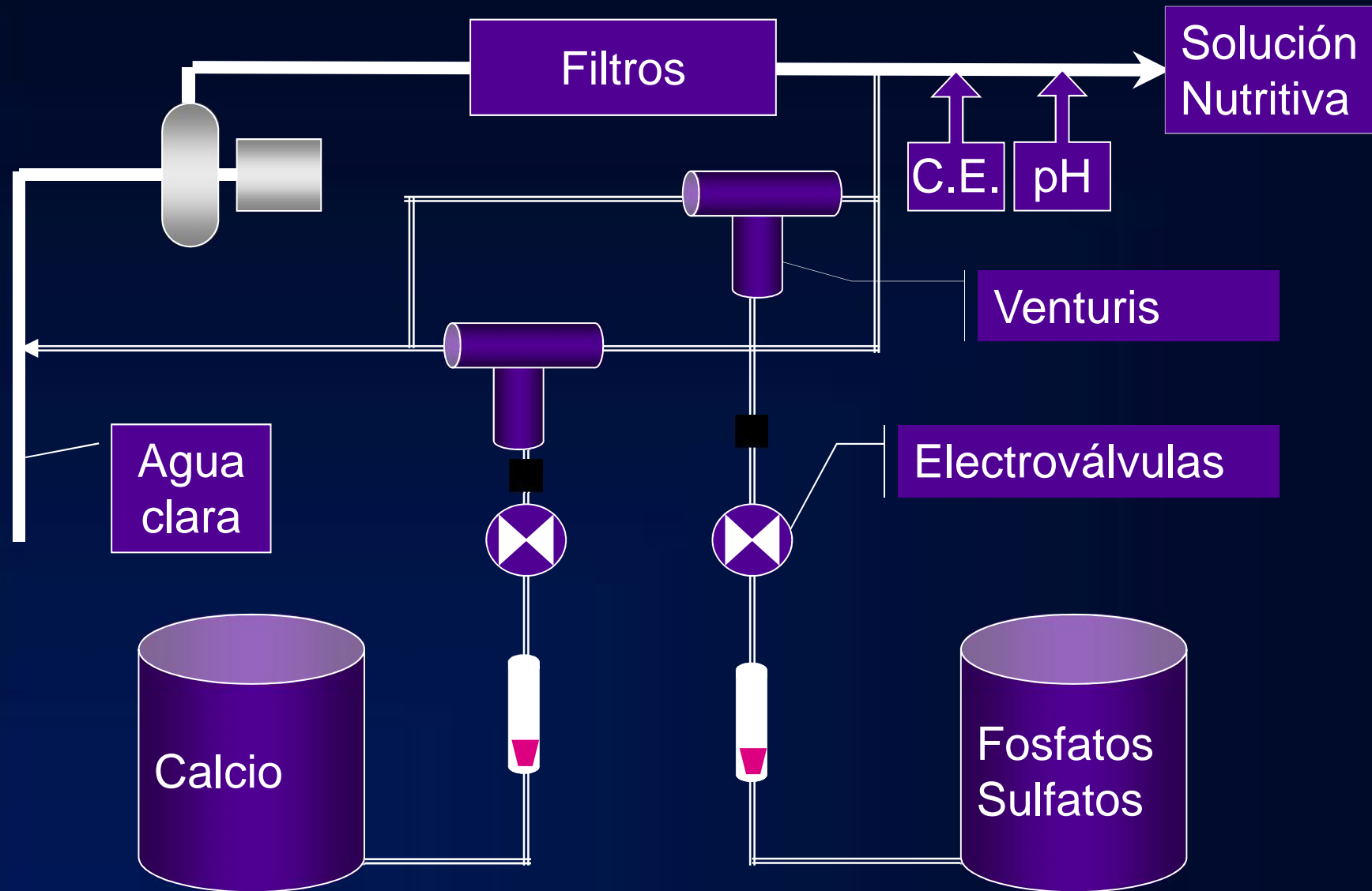
Agua clara

S. N.

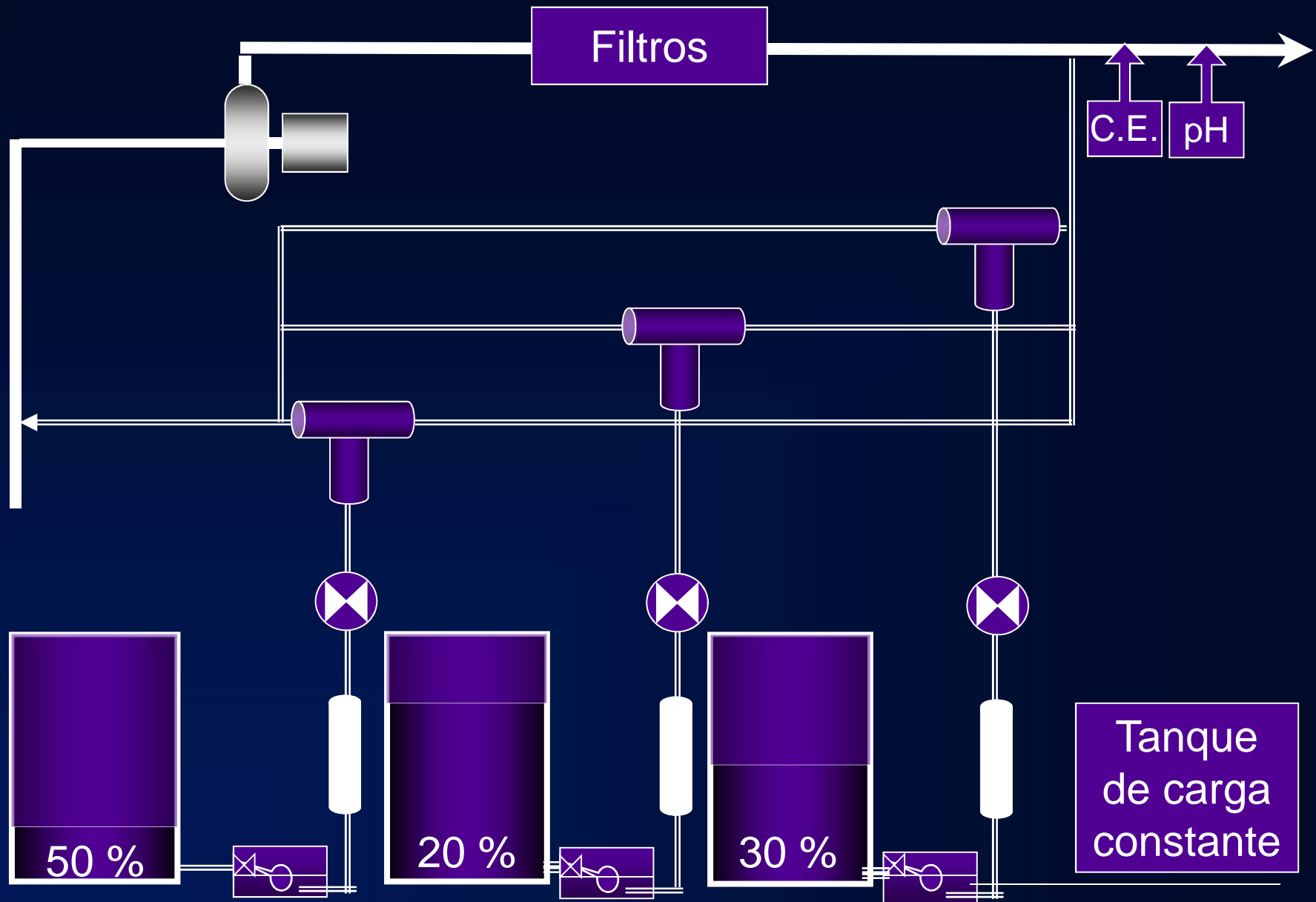
FILTRO



Bomba inyectora de pistón con dos cabezales de inyección y ajuste
(Moreno, 2004)



Inyección directa detalle del montaje de los venturis ejemplo (Moreno, 2004)



Inyección directa detalle del montaje de los venturis con tanques múltiples
(Moreno, 2004)

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 de la fertirrigación		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 últimos frutos	Lavado y desinfección del 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	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	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 dSm^{-1}

Fuente: elaboración propia

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

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*

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	<i>kilogramos</i>	<i>Litros</i>
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	

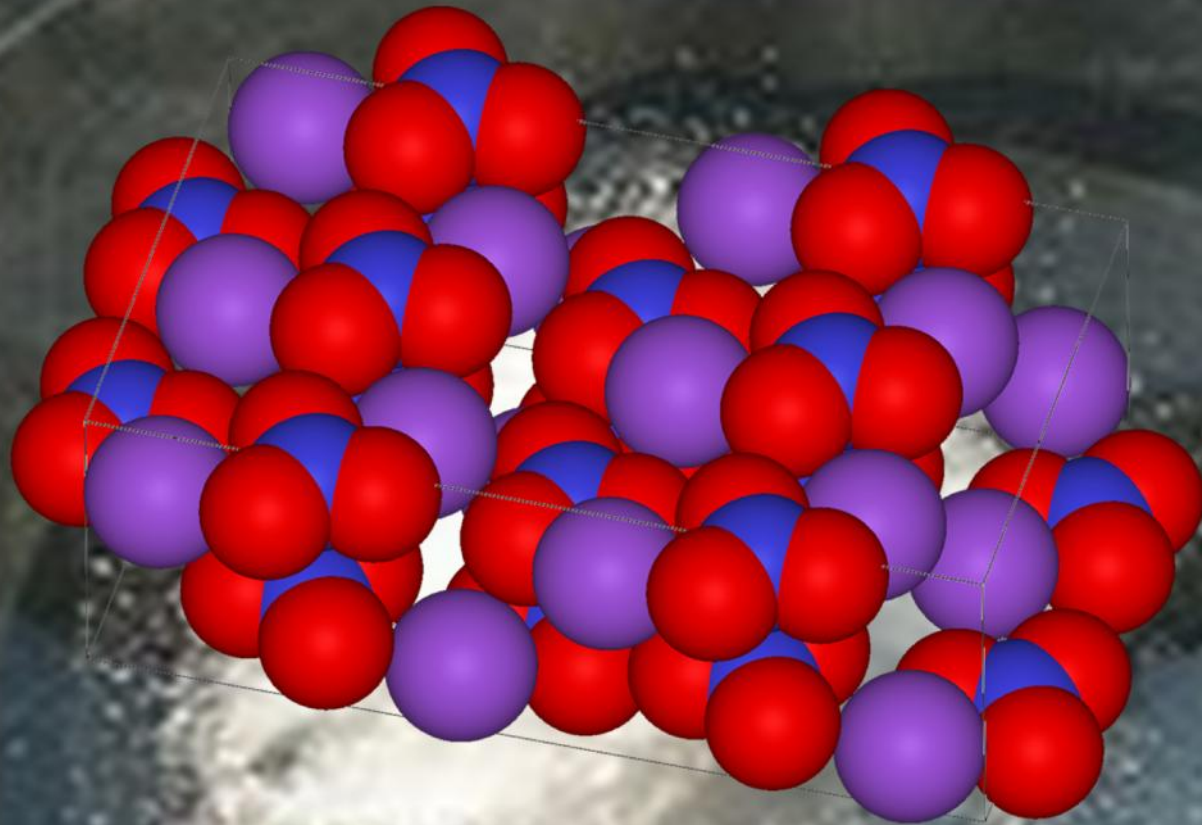
Estadillo resuelto para calcular los gramos o litros a aportar de cada fertilizante comercial en función de los $me\ L^{-1}$ requeridos de cada ion nutriente en la disolución tipo

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

Pf = $0,5\ me\ L^{-1} \times 80\ mg\ me^{-1} \times 1000\ L \times 100 = 4.000.000\ mg$ a añadir al tanque de 1000 litros;

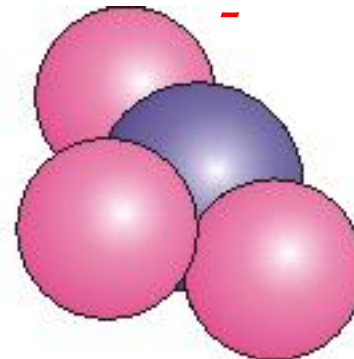
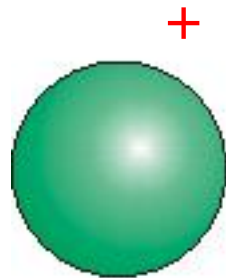
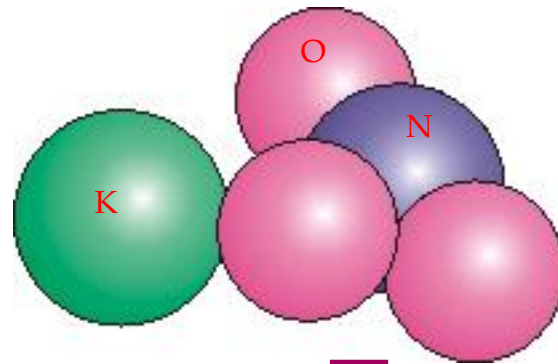
Pf = 4 kg serán los que tengamos que pesar para nuestro caso

Aniones ($me\ L^{-1}$)	HCO ₃ ⁻	Cationes ($me\ L^{-1}$)				Total de cada anión	Fertilizante a utilizar	Peso (kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000L concentrada 100 veces
	Agua de riego	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	
		-	-	7,5	-		Nitrato cálcico ⁽¹⁷⁾	
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) =

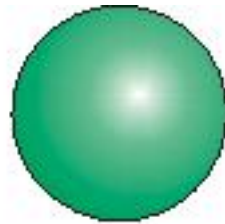
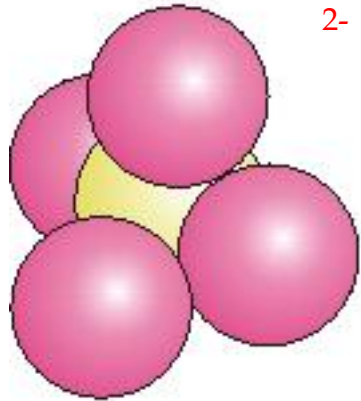
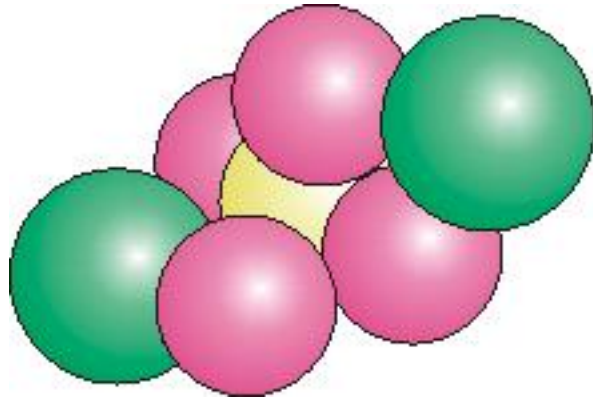


Nitrato potásico

¿Es esto lo que absorben las plantas?



Formas de absorción por las plantas



Información del producto

ANALÍTICA	UNIDAD	TÍPICO	ESPECIFICACIONES	
			Min.	Max.
Nitrógeno Total (N)	%	13.5	13.1	13.8
Nitrógeno Nítrico (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](#)