

PREPARACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS PARA FERTIRRIEGO



ELOY MOLINA, M.Sc.
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
eloy.molina@ucr.ac.cr

NUTRIENTES

No Minerales

16 Elementos
Esenciales

Carbono: CO_2

Hidrógeno: H_2O

Oxígeno: CO_2 y H_2O

13 Minerales

Macronutrientes

Nitrógeno (N)

Fósforo (P)

Potasio (K)

Secundarios

Calcio (Ca)

Magnesio (Mg)

Azufre (S)

Micronutrientes

Cloruro (Cl)

Hierro (Fe)

Manganeso (Mn)

Boro (B)

Zinc (Zn)

Cobre (Cu)

Molibdeno (Mo).

FERTILIZANTES PARA FERTIRRIGACIÓN



FERTILIZANTES
NPK+

fertilizantes

REQUISITO: SOLUBILIDAD

Solubles 100% en agua

HIDROSOLUBLES o GRADO TÉCNICO

Sales solubles integradas por un anión y un catión

Polvos solubles o cristales finos

Simplees o Compuestos

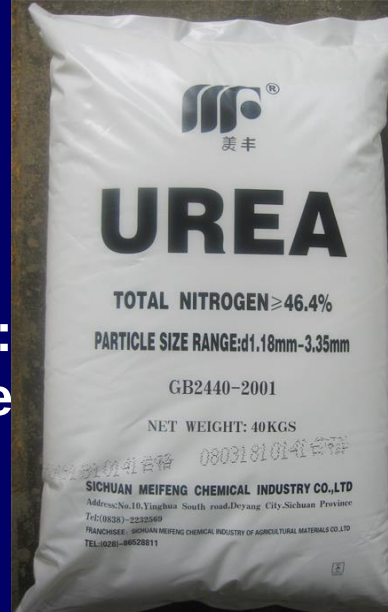


Solubilidad de fertilizantes sólidos para uso en fertirriego

Fertilizante	Temperatura °C			
	0	20	40	100
	g/l			
Urea	670	1080	1670	2510
Nitrato de amonio	1185	1877	2830	
Sulfato de amonio	704	754	812	1020
Urea fosfatada		960		
Fosfato de diamónico (DAP)	575	686	818	
Fosfato Monoamónico (MAP)	227	368	567	1740
Fosfato Monopotásico	143	227	339	
Nitrato de potasio	133	316	639	2542
Cloruro de potasio	282	342	403	562
Sulfato de potasio	75	111	148	241
Nitrato de calcio	1010	1294	1960	
Cloruro de calcio	603	745		
Sulfato de magnesio		356	454	
Nitrato de magnesio	639	701	818	
Acido bórico	270	500	870	

FERTILIZANTES PARA FERTIRRIEGO:

1. Fuentes simples de 1 o 2 nutrientes:
Nitrato de amonio, Nitrato de potasio, Sulfato de magnesio, etc



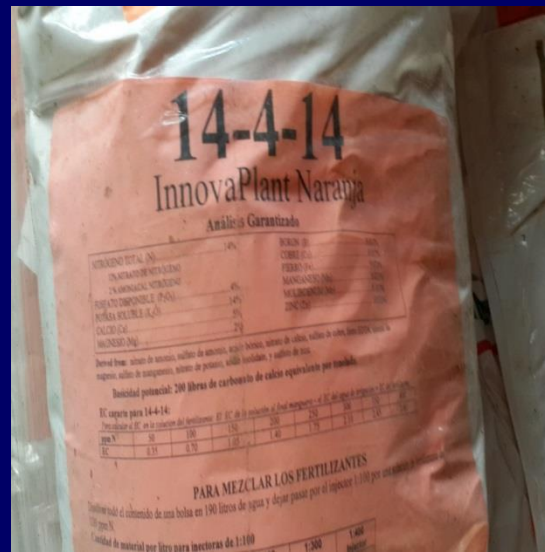
2. Fórmulas completas de 3 o más nutrientes:

14-4-14

17-5-17

10-30-20

15-5-25





FERTILIZANTES SIMPLES CON NITRÓGENO

Fertilizante	Grado	Fórmula	pH (1 g/L a 20°C)
Urea	46 – 0 – 0	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	5.8
Nitrato de Potasio	13 – 0 – 46	KNO_3	7.0
Sulfato de amonio	21 – 0 – 0	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.5
Nitrato de amonio	34 – 0 – 0	NH_4NO_3	5.7
Nitrato de Calcio	15 – 0 – 0	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.8
Nitrato de Magnesio	11 – 0 – 0	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	5.4

FERTILIZANTES SIMPLES CON FÓSFORO



Fertilizante	Grado	Fórmula	pH (1 g/L a 20°C)
Acido fosfórico	0 – 52 – 0	H_3PO_4	2.6
Fosfato monopotásico	0 – 52 – 34	KH_2PO_4	5.5
Fosfato Monoamónico	12 – 61 – 0	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	4.9



FERTILIZANTES SIMPLES CON POTASIO

Fertilizante	Grado	Fórmula	pH (1 g/L a 20°C)	Otros nutrientes
Cloruro de potasio ♦	0 – 0 – 62	KCl	7.0	46 % Cl
Nitrato de potasio	13 – 0 – 46	KNO ₃	7.0	13 % N
Sulfato de potasio ●	0 – 0 – 50	K ₂ SO ₄	3.7	18 % S
Fosfatoo monopotásico	0 – 52 – 34	KH ₂ PO ₄	5.5	52 % P ₂ O ₅

♦ *Sólo blanco !*

● *Sólo de grado de fertirriego*



FUENTES DE MACRONUTRIENTES Y SECUNDARIOS

Fuente		N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	Cl
		%						
Sulfato de amonio		21	-	-	-	-	24	-
Amoniacó anhidro		82	-	-	-	-	-	-
Nitrato de amonio		33,5	-	-	-	-	-	-
Urea		46	-	-	-	-	-	-
Urea fosfatada		18	44	-	-	-	-	-
Fosfato monoamónico		12	61	-	-	-	-	-
Fosfato diamónico		21	53	-	-	-	-	-
Fosfato monopotásico		-	52	34	-	-	-	-
Acido fosfórico		-	61	-	-	-	-	-
Nitrato de calcio		15,5	-	-	26	-	-	-
Cloruro de calcio		-	-	-	50			64
Nitrato de potasio		13	-	46	-	-	-	-
Cloruro de potasio		-	-	62	-	-	-	46
Sulfato de potasio		-	-	50	-	-	17	-
Sulfato de magnesio		-	-	-	-	16	14	-
Nitrato de magnesio		11	-	-	-	16	-	-

FUENTES DE MICRONUTRIENTES

Fuente	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
	%					
Bórax	11	-	-	-	-	-
Solubor	14	-	-	-	-	-
Acido bórico	17	-	-	-	-	-
Sulfato de Cu penta	-	25	-	-	-	-
Sulfato de Cu mono	-	35	-	-	-	-
Sulfato ferroso	-	-	19	-	-	-
Sulfato férrico	-	-	23	-	-	-
Sulfato de manganeso	-	-	-	26-28	-	-
Sulfato de zinc mono	-	-	-	-	36	-
Sulfato de zinc hepta	-	-	-	-	21	-
Nitrato de zinc	-	-	-	-	15	-
Molibdato de sodio	-	-	-	-	-	39
Molibdato de amonio	-	-	-	-	-	54

FÓRMULAS COMPLETAS

Fórmulas especiales de N-P-K y micronutrientes, alta solubilidad en agua, cristales o polvos finos

Supersolubles, hidrosolubles, especialidad

Alto costo, excelente calidad química y física

Mercado: cultivos de alto valor, exigencia en calidad

Hortalizas, ornamentales, jardines, áreas verdes, canchas de golf

Empaques de 1, 11, 22, 25 kg



Fórmulas completas "supersolubles"



Ejemplos de fórmulas con MICRONUTRIENTES



Nutrientes que se expresa su concentración como óxidos

Fósforo: P_2O_5

Potasio: K_2O

Calcio: CaO

Magnesio: MgO

$$P_2O_5 / 2.29 = P$$

$$P \times 2.29 = P_2O_5$$

$$K_2O / 1.2 = K$$

$$K \times 1.20 = K_2O$$

$$CaO / 1.4 = Ca$$

$$Ca \times 1.40 = CaO$$

$$MgO \times 1.66 = Mg$$

$$Mg \times 1.66 = MgO$$

MAP: Fosfato Monoamónico

12-60-0

Fósforo: 60% P_2O_5

$$60 / 2.29 = 26.2\% \text{ de P}$$

Nitrato de potasio

13-0-46

Potasio: 46% K_2O

$$46 / 1.2 = 38.3\% \text{ de K}$$

Expresion de concentración de otros nutrientes en los fertilizantes

Nitrógeno : N

Azufre: S

Zinc: Zn

Cobre: Cu

Hierro: Fe

Manganeso: Mn

Boro: B

Molibdeno: Mo

Medidas de volumen

Litro (L) capacidad de 1000 cm³ o 1000 ml.

1 cm³ = cc = 1 ml

1 L = 10 cm x 10 cm x 10 cm = 1000 cm³ = 1000 ml

Medidas de peso

La base en el sistema métrico decimal para medidas de peso es el kilogramo (kg)

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 100.000 \text{ mg}$$

$$1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}, \quad \text{mg}/1000 = \text{g}$$

$$\text{gramos} \times 1000 = \text{mg}$$

$$10 \text{ g de urea} = 10 \times 1000 = 10.000 \text{ mg de urea}$$

Partes por millón y porcentaje

partes por millón o ppm para medir cantidades muy pequeñas

1 ppm = millonésima parte de un millón

$1 \text{ mg} = 0,000001 \text{ kg}$, $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/kg} = 1 \text{ mg/l}$

El porcentaje (%): cantidades grandes de componentes

$1\% = \text{centésima parte de } 100$

$1\% = 10.000 \text{ ppm o mg/kg o mg/l}$

Partes por millón

10 g de urea = $10 \times 1000 = 10.000 \text{ mg/l}$

$10.000 \text{ mg/l} = 10.000 \text{ ppm}$

partes por millón o ppm para medir cantidades muy pequeñas

1 ppm = millonésima parte de un millón

$1 \text{ mg} = 0,000001 \text{ kg}$, $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/kg} = 1 \text{ mg/l}$

El porcentaje (%): cantidades grandes de componentes

$1\% = \text{centésima parte de } 100$

$1\% = 10.000 \text{ ppm o mg/kg o mg/l}$

REGLA DE 3

1 g = 1000 mg o ppm

UREA: 46% Nitrógeno (N)

100 g de urea $\longrightarrow$ 46 g de N

450 g de urea $\longrightarrow$ X g de N

X = 207 g de N

207 g x 1000 = 207.000 mg/l o ppm de N

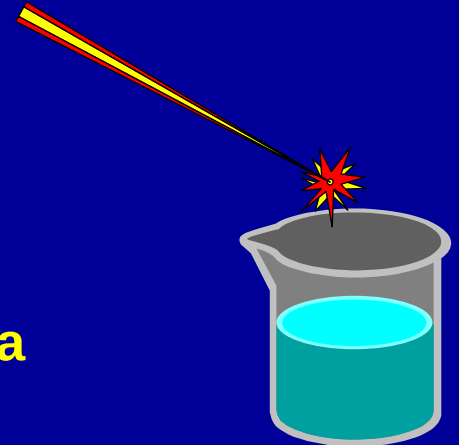
Nitrato de calcio: 18,6% Calcio (Ca)

100 g de nitrato de calcio $\longrightarrow$ 18,6 g de Ca

300 g de nitrato de calcio $\longrightarrow$ X g de Ca

X = 55,8 g de Ca

55,8 g x 1000 = 55.800 mg/l o ppm de Ca



REGLA DE 3

Nitrato de potasio: 13% Nitrógeno (N)

100 ppm de nitrato de potasio $\longrightarrow$ 13 ppm de N

500 ppm de nitrato de potasio $\longrightarrow$ X ppm de N

X = 65 ppm de N

$65 / 1000 = 0,065$ g de N

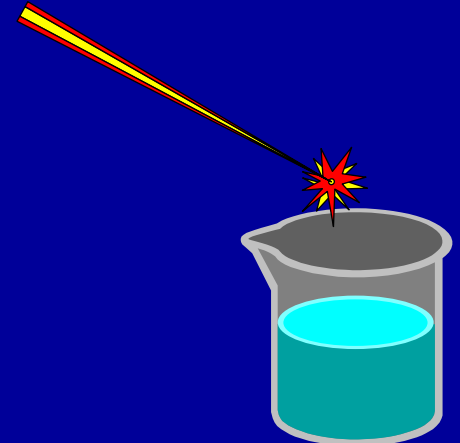
Sulfato de magnesio: 9,6% Magnesio (Mg)

100 ppm de sulfato de magnesio $\longrightarrow$ 9,6 ppm de Mg

400 ppm de sulfato de magnesio $\longrightarrow$ X ppm de Mg

X = 48,4 ppm de Mg

$48,4 / 1000 = 0,048$ g de Mg



FERTILIZANTES MAS USADOS EN FERTIRRIEGO:

N

nitrato amonio, nitrato de potasio, nitrato de calcio, urea en suelos

P

Fosfato monoamónico, ácido fosfórico, fosfato monopotásico (MKP)

K

Nitrato de potasio y sulfato de potasio, KCL en suelos

Mg

Sulfato de magnesio, nitrato de magnesio

Ca

Nitrato de calcio, cloruro de calcio

FUENTES DE FERTILIZANTES:

Zn

Sulfato de zinc

Mn

Sulfato de manganeso, quelato de EDTA o EDDHA

Cu

Sulfato de cobre

Fe

Quelato EDTA o EDDHA, sulfato en suelos

B

Ácido bórico, Solubor

Mo

Molibdato sodio o amonio

SOLUCIONES NUTRITIVAS



Solución nutritiva: disolución acuosa con una determinada concentración de fertilizantes (nutrientes).

Solución madre: solución concentrada de uno o más nutrientes

Solución diluida: solución que se aplica directamente a las plantas a través del sistema de riego

SOLUCIÓN MADRE: solución nutritiva más concentrada que sirve de base para hacer otras soluciones de menor concentración a través de diluciones

SOLUCIONES NUTRITIVAS

Preparación:



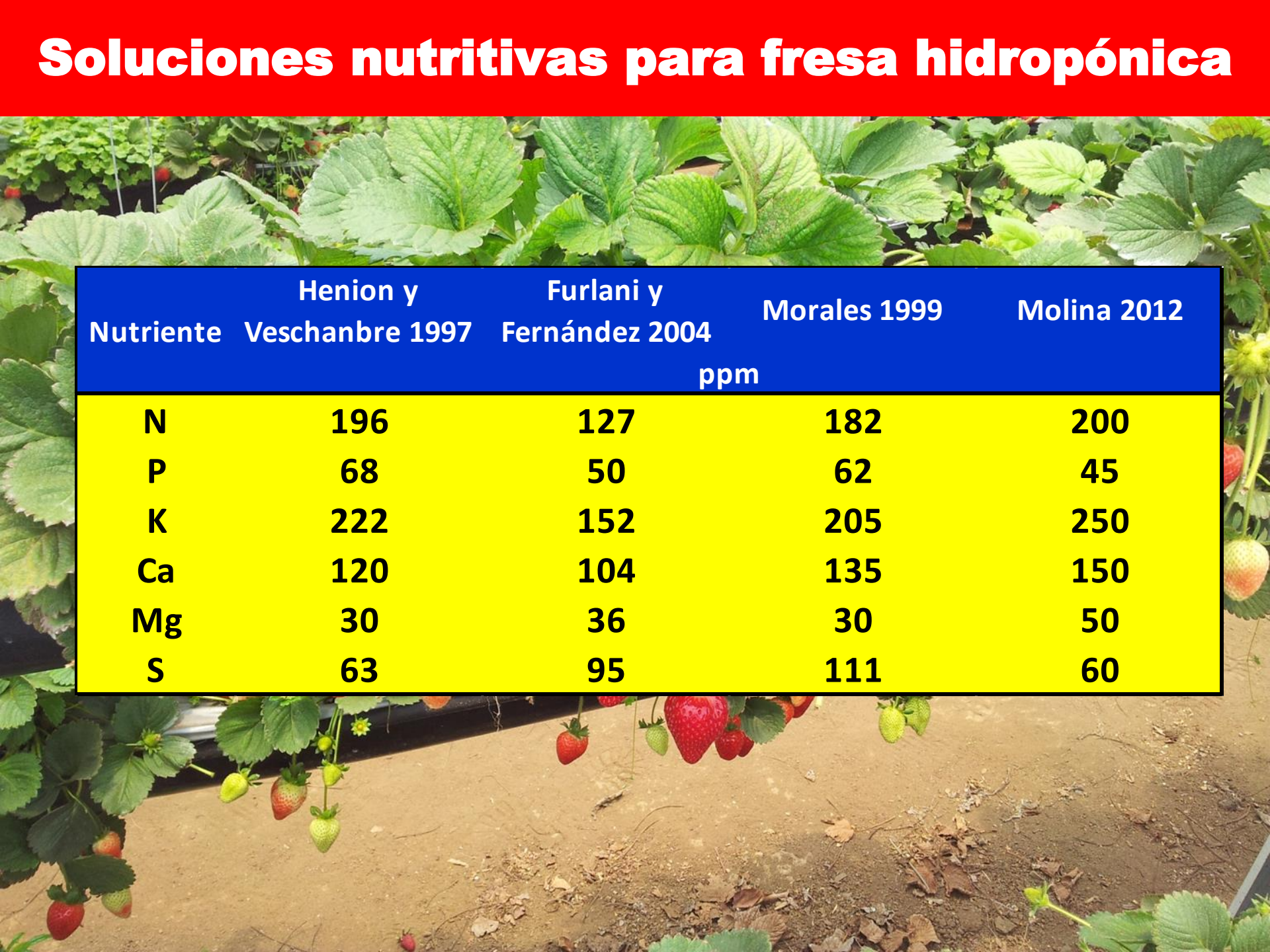
Concentración se expresa en ppm o mg/l, mmol o meq en Europa
Tres elementos macronutrientes presentes en el medio nutritivo
en forma de cationes: potasio, calcio y magnesio

Tres aniones macronutrientes: nitratos, fosfatos y sulfatos
Macronutrientes suministrados por cuatro sales, por ejemplo;
nitrato de potasio, nitrato de calcio, fosfato monoamónico y
sulfato de magnesio

Elementos menores: bajos niveles, sulfatos de zinc, cobre y
manganeso, ácido bórico, molibdato de sodio o amonio

pH : entre 5 y 7

Soluciones nutritivas para fresa hidropónica



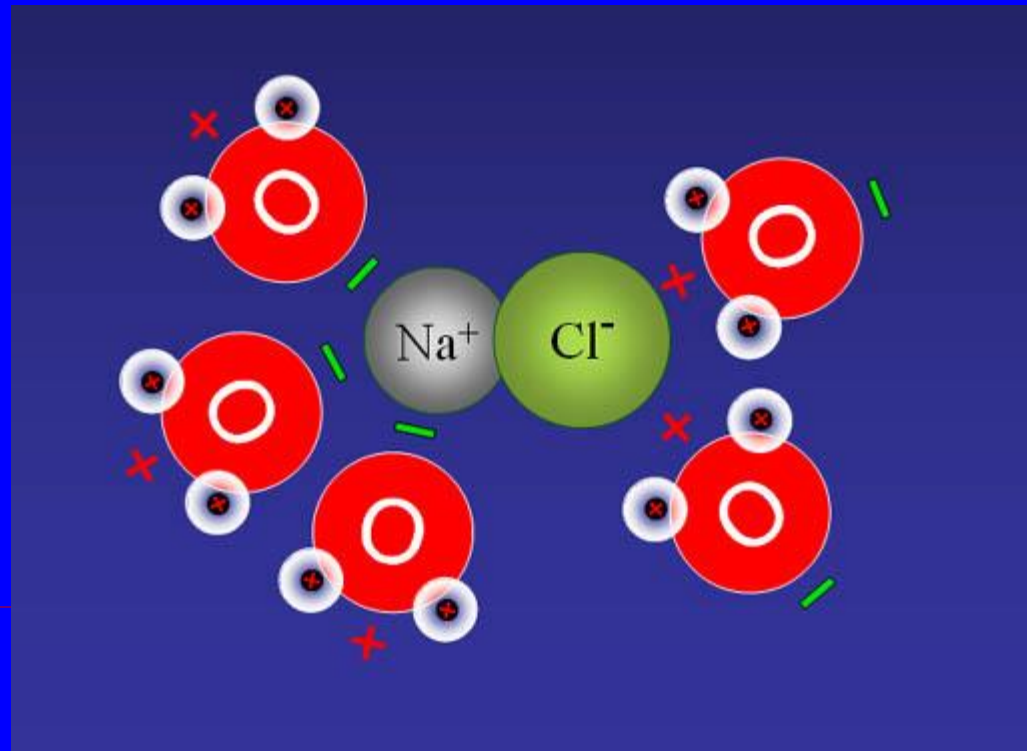
Nutriente	Henion y Veschanbre 1997	Furlani y Fernández 2004	Morales 1999	Molina 2012
	ppm			
N	196	127	182	200
P	68	50	62	45
K	222	152	205	250
Ca	120	104	135	150
Mg	30	36	30	50
S	63	95	111	60

Fertilizantes son sales de cationes y aniones

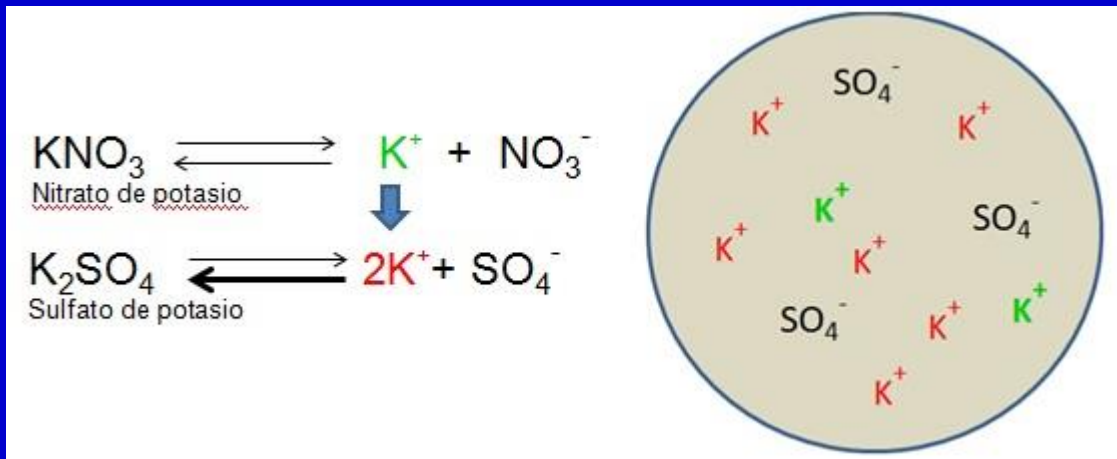
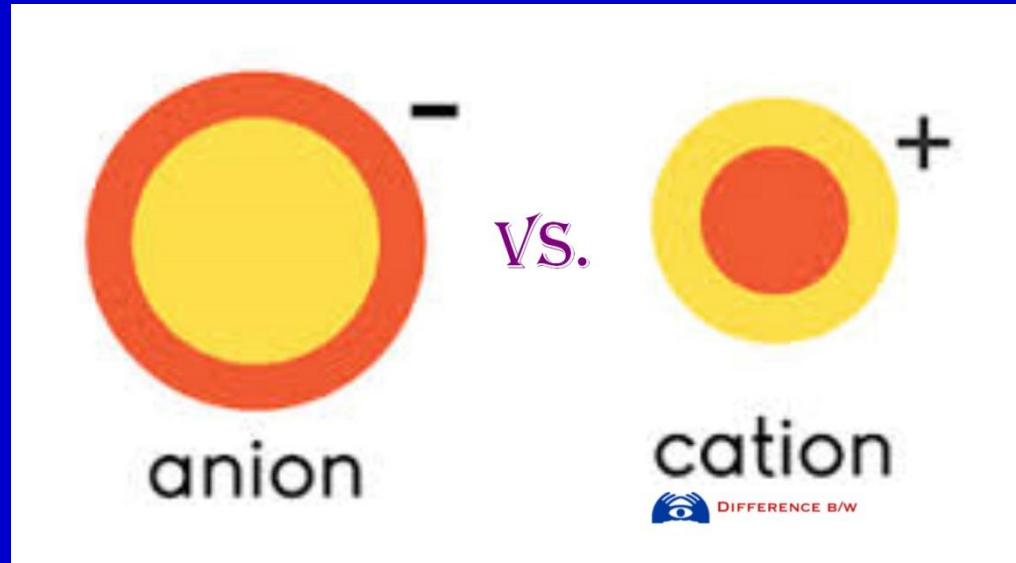
Nutriente	Catión	Anión
Nitrógeno	NH_4^+	NO_3^-
Fósforo		H_2PO_4^- , $\text{HPO}_4^{=}$
Potasio	K^+	
Calcio	Ca^{+2}	
Magnesio	Mg^{+2}	
Azufre		$\text{SO}_4^{=}$
Hierro	Fe^{+2}	
Cobre	Cu^{+2}	
Zinc	Zn^{+2}	
Manganeso	Mn^{+2}	
Boro		$\text{B}_4\text{O}_7^{-2}$, H_2BO_3^-
Molibdeno		$\text{MoO}_4^{=}$

Disociación de los nutrientes

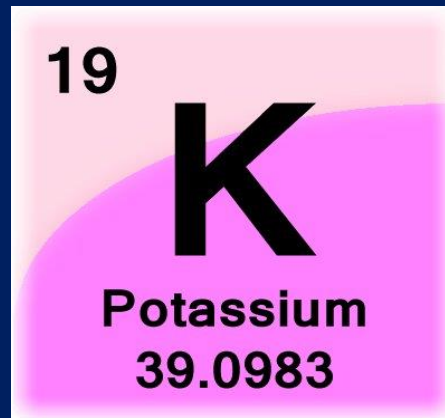
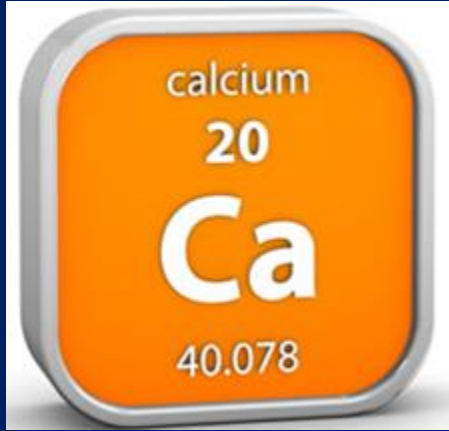
- ❑ Los fertilizantes son sales que al disolverse para preparar una solución hidropónica se disocian, por ejemplo:
- ❑ El cloruro de sodio se disocia de la siguiente manera:



Sal fertilizante se disuelve en el agua y se separan cation y anión



Cationes importantes: Calcio, Magnesio y Potasio



Aniones importantes: Nitratos, Fosfatos, Sulfatos



CHRIS SEBASTIAN // CSEBASTIAN.COM



SOLUCIONES NUTRITIVAS

Para fertirriego



N - P - K

$\text{NH}_4 / \text{NO}_3$

**Acido
fosfórico o
MKP, MAP**

**Nitrato de potasio
Sulfato de potasio
o MKP**

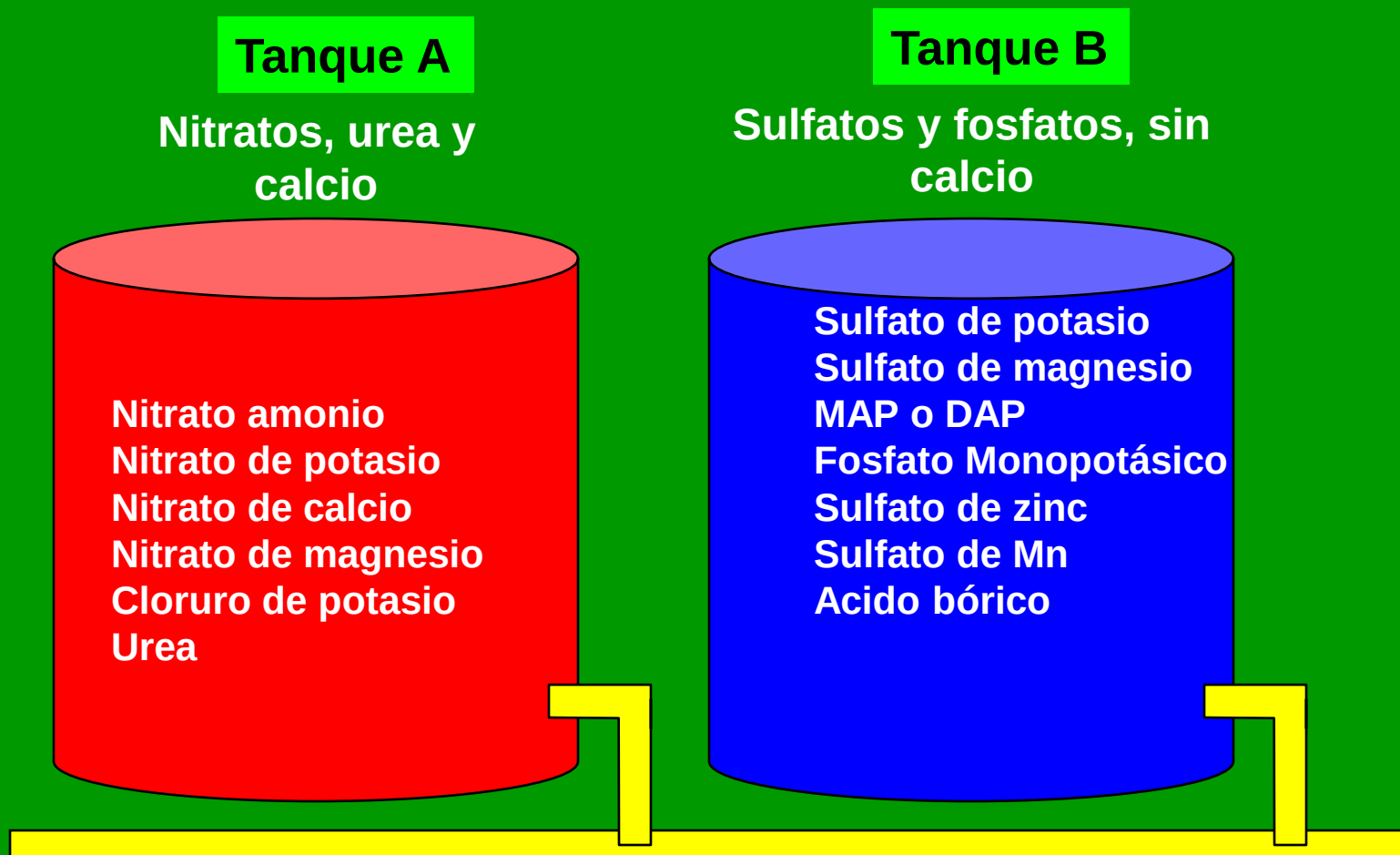
micronutrientes

Sulfato Mg

Nitrato Ca

Preparación de soluciones nutritivas

Compatibilidad: 2 tanques de soluciones



INYECCIÓN DE FERTILIZANTES

Suelo:

- Se preparan soluciones nutritivas en recipiente o tanques disueltos en agua
- Fertilizante es aplicado durante una parte del turno de riego
- Dosificación variable con base en consumo de nutrientes y estado fenológico

Algunos nutrientes no se aplican depende de fertilidad de suelo

Ejemplos: cultivos a campo abierto con melón, sandía, tomate, chile, piña, banano, cítricos, caña de azúcar, etc.

También cultivos en invernadero sembrados en suelo

Cálculos de dosis: kg/ha/ o gramos/área



INYECCIÓN DE FERTILIZANTES

Suelo:

--Distribución y fraccionamiento

Programa se fracciona en aplicaciones cada 2-4 días, o una vez por semana, depende del cultivo y su ciclo de producción

Dosis varían según el estado fenológico

Etapas vegetativa y floración: más Nitrógeno y fósforo

Etapas de llenado de fruta: más potasio, calcio y magnesio

Dosis en kg/ha o gramos/metro o cama

INYECCIÓN DE FERTILIZANTES

Sustratos e hidroponía

- Se mantiene una concentración constante del fertilizante en el agua de riego
- Los fertilizantes se preparan en soluciones madres concentradas
- Solución nutritiva completa con todos los nutrientes
- Plantas dependen del fertirriego y sólo absorben nutrientes disueltos en el agua
- Sustrato no aporta nutrientes ni los retiene
- Cálculo de dosis: mg/l o ppm



Fertilizantes necesarios para la solución nutritiva:

- Cada sal debe aportar al menos un nutriente
 - El nitrato de calcio aporta todo el calcio (también en el agua puede haber cantidades considerables)
 - El sulfato de magnesio aporta todo el magnesio
 - ✓ El fosfato monoamónico o el fosfato monopotásico aportan todo el fósforo
 - ✓ El potasio se obtiene del fosfato monopotásico y/o del nitrato de potasio, también del sulfato de potasio
 - ✓ El nitrógeno se obtiene de nitrato de calcio, nitrato de potasio, fosfato monoamónico o nitrato de amonio
-

Fertirriego en sustratos en invernadero

Soluciones madres concentradas en dos tanques con fertilizantes compatibles entre sí

Cada tanque con inyector para conectar al riego

Programación de fertirriego con dilución de solución nutritiva 1:100 a 1:1000

Ejemplo: bomba tipo dosatron



Ejemplo: preparar una solución madre de N, K y Ca en un tanque de 1000 litros utilizando un dosatrón con dilución 1/100

Preparar una solución madre para suministrar:

- **Nitrógeno (N)** $300 \text{ ppm N} \times 100 = 30.000 \text{ ppm de N}$
- **Potasio (K)** $350 \text{ ppm K} \times 100 = 35.000 \text{ ppm de K}$
- **Calcio (Ca)** $200 \text{ ppm Ca} \times 100 = 20.000 \text{ ppm de Ca}$

Fertilizantes:

Nitrato de Potasio

Nitrato de calcio

Nitrato de amonio



1

Cálculo del Potasio

- Cantidad de K = 35.000 ppm K
- % K en Nitrato de potasio = 38 %

Por lo tanto, para 35.000 ppm de K se necesita:

100 ppm de nitrato de potasio $\longrightarrow$ 38 ppm de K
x ppm de nitrato de potasio $\longrightarrow$ 35.000 ppm de K
 $X = 92.105$ ppm de nitrato de potasio

$92.105 / 1000 = 92,1$ g/l de nitrato de potasio

$92,1 \text{ g/l} \times 1000 \text{ litros} = 92,1 \text{ kg}$ de nitrato de potasio



2 Cálculo del Calcio

- Cantidad de Calcio requerido = 20.000 ppm Ca
- % Ca en Nitrato de calcio = 18,6 %

Por lo tanto, para 20.000 ppm de Ca se necesita:

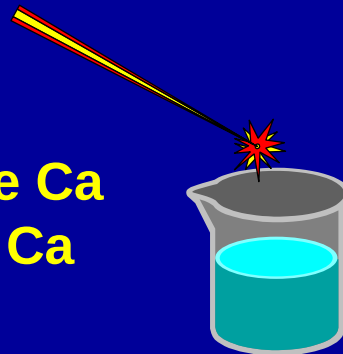
100 ppm de nitrato de calcio $\longrightarrow$ 18,6 ppm de Ca

x ppm de nitrato de calcio $\longrightarrow$ 20.000 ppm de Ca

X = 107.527 ppm de nitrato de calcio

107.527 / 1000 = 107,5 g/l de nitrato de calcio

107,5 g / l x 1000 litros = 107,5 kg de nitrato de calcio



Cálculo del Nitrógeno

3

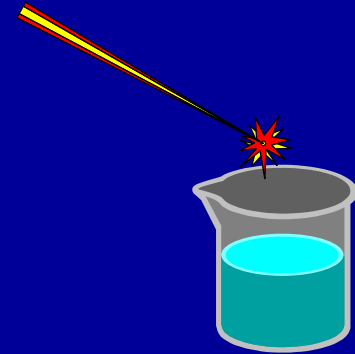
- % N en Nitrato de potasio = 13 %
- Cantidad de KNO_3 para proveer el K (ver paso 1) = 92,1 kg de KNO_3
- Cantidad de N con el KNO_3 =

100 ppm de nitrato de potasio $\longrightarrow$ 13 ppm de N
92.105 ppm de nitrato de potasio $\longrightarrow$ x ppm de N
X = 11.973 ppm de N

- % N en Nitrato de calcio = 15,5 %
100 ppm de nitrato de calcio $\longrightarrow$ 15,5 ppm de N
107.527 ppm de nitrato de calcio $\longrightarrow$ x ppm de N
X = 16.666 ppm de N

11.973 ppm de N + 16.666 ppm de N = 28.239 ppm de N

Cálculo de N: 30.000 - 28.239 = 1.361 ppm de N



Cálculo del Nitrógeno

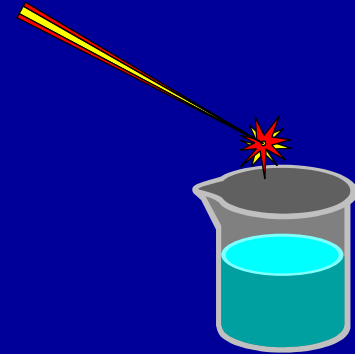
3

- Cantidad de N requerido : 1.361 ppm
- Cantidad de N en Nitrato de amonio: 33,5%
- Por lo tanto para suministrar 1.361 ppm de N:
-

100 ppm de nitrato de amonio $\longrightarrow$ 33,5 ppm de N
x ppm de nitrato de amonio $\longrightarrow$ 1.361 ppm de N
X = 4.163 ppm de nitrato de amonio

$4.163 / 1000 = 4,16$ g/l de Nitrato de amonio

$4,16 \times 1000$ litros = 4,16 kg de nitrato de amonio



Cálculo de Solución Madre

4

- Disolver en un estañon de 100 litros de agua
- 92,1 kg de nitrato de potasio
- 107,5 kg de nitrato de calcio
- 4,16 kg de nitrato de amonio
- Dilución 1/100

Solucion madre de

30.000 ppm de N $\longrightarrow$ 300 ppm de N

35.000 ppm de K $\longrightarrow$ 350 ppm de K

20.000 ppm de Ca $\longrightarrow$ 200 ppm de Ca

