

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



Fertilizantes para Fertirriego



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Ricardo Melgar

INTERNATIONAL
POTASH INSTITUTE
SINCE 1952



FERTILIZANTES

Para

FERTIRRIEGO

Est.Exp. Pergamino



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Dr Ricardo Melga

INTERNATIONAL
POTASH INSTITUTE
SINCE 1952



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





Cuando se usan sistemas de riego presurizados, el fertirriego no es OPCIONAL sino que es ABSOLUTAMENTE NECESARIO

¿Qué pasa si los fertilizantes son aplicados separadamente del agua?

En riego por goteo, sólo ~30% del suelo es mojado por los goteros



La eficiencia de la fertilización disminuye porque los nutrientes no se disuelven en las zonas secas donde el suelo no es regado



Las ventajas del riego no son expresadas

Por lo tanto, el fertirriego es el único método para aplicar fertilizantes a cultivos irrigados



FERTILIZANTES PARA FERTIRRIEGO



▶ **En forma sólida:**
a través del tanque
by-pass



▶ **Disueltos:**

- **soluciones madre**
- **soluciones finales**



FUENTE DE NUTRIENTES

- **PREPARACION DE SOLUCIONES MADRE O STOCK:**
 - El productor puede preparar sus soluciones madre “ a medida”
 - Los fertilizantes sólidos solubles (sulfato de amonio, urea, cloruro de potasio, nitrato de potasio), y ácido fosfórico líquido pueden ser mezclados
 - La solución madre se inyecta al sistema de riego a una dosis entre 2 a 10 L/m³
- **MEZCLAS DE FERTILIZANTES SOLIDOS (COMPUESTOS):**
 - Manufacturados para su uso en fertirriego
 - Con diferentes relaciones NPK (20-20-20; 14-7-28; 23-7-23, etc.)
 - Algunos contienen microelementos en la forma de quelatos
- **SOLUCIONES DE FERTILIZANTES LIQUIDOS:**
 - Especificados para su uso en invernaderos
 - La concentración total de nutrientes es más baja debido a la solubilidad (5-3-8; 6-6-6; 9-2-8, etc.).
 - Algunos contienen microelementos en la forma de quelatos

FUENTE DE NUTRIENTES

FERTILIZANTES SOLIDOS (SOLUBLES)



26/12/2001

REQUIRIMIENTOS DE UN FERTILIZANTE PARA SU USO EN FERTIRRIEGO

- Alto contenido de nutrientes en solución
- Solubilidad completa en condiciones de campo
- Rápida disolución en el agua de riego
- Grado fino, fluyente
- No obturar goteros
 - Bajo contenido de insolubles
 - Mínimo contenido de agentes condicionantes
- Compatible con otros fertilizantes
- Mínima interacción con el agua de riego
- Sin variaciones bruscas del pH del agua de riego ($3.5 < \text{pH} < 9$)
- Baja corrosividad del cabezal y del sistema de riego



FERTILIZANTES NITROGENADOS PARA FERTIRRIEGO



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
UAN (Urea+ Nit.am.)	32 – 0 – 0	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$	5 a 7
Nitrato de amonio	34 – 0 – 0	NH_4NO_3	5.7
Mono fosfato de amonio	12 – 61 – 0	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	4.9
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

Sólo grado de fertirriego



FERTILIZANTES FOSFATADOS PARA FERTIRRIEGO

Fertilizante	Grado	Fórmula	pH (1 g/L a 20°C)
Polifosfato de amonio	11-34/37-0	$[\text{NH}_4\text{PO}_3]_n$	5 a 7
Acido fosfórico	0 – 52 – 0	H_3PO_4	2.6
Monofosfato de potasio	0 – 52 – 34	KH_2PO_4	5.5
Mono fosfato de amonio	12 – 61 – 0	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	4.9

FERTILIZANTES POTASICOS PARA FERTIRRIEGO



Fertilizante	Grado	Fórmula	pH (1 g/L a 20°C)	Otros nutrientes
Cloruro de potasio ✦	0 – 0 – 60	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
Tiosulfato de potasio *	0 – 0 – 25	K ₂ S ₂ O ₃		17 % S
Monofosfato de potasio	0 – 52 – 34	KH ₂ PO ₄	5.5	52 % P ₂ O ₅

- ✦ **Sólo blanco !**
- **Sólo grado de fertirriego**
- * **Líquido**

POTASIO PARA FERTIRRIEGO

- ✿ Alto contenido de K en la solución de riego
- ✿ Completamente soluble
- ✿ Compatible con fertilizantes N y P
- ✿ Disolución rápida

☹ ***La solución de KCl rojo contiene impurezas de hierro que pueden obturar los goteros***

☺ ***KCl blanco proporciona una solución clara, limpia y pura***



No hay obturación de goteros



Sólo KCl Blanco es adecuado para Fertirriego

FERTILIZANTES DE MICRONUTRIENTES PARA FERTIRRIEGO

- **Sales inorgánicas: Sulfatos de Fe-Zn-Mn-Cu:**

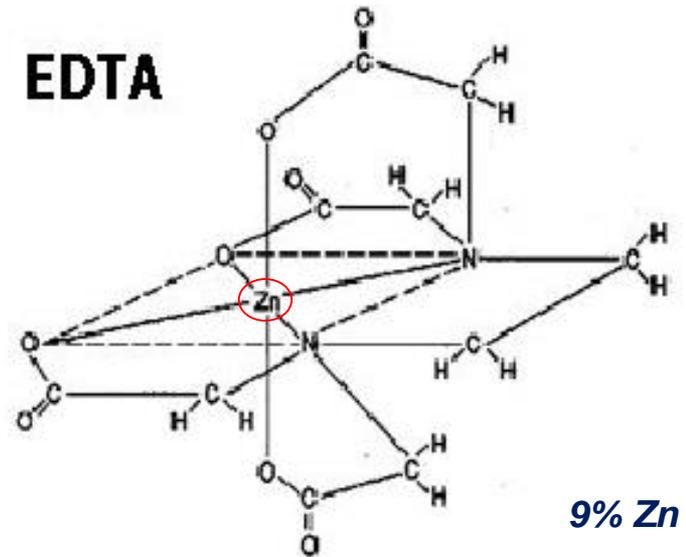
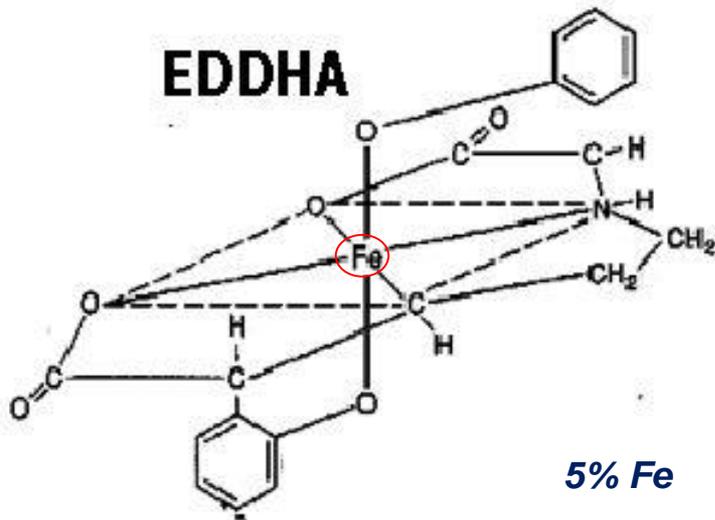
- Se transforman rápidamente en no disponibles en el suelo:



- Pueden precipitar en el sistema de riego con el fosforo
 - disponibilidad reducida
 - obturación de goteros

FERTILIZANTES DE MICRONUTRIENTES PARA FERTIRRIEGO

- Quelatos: moléculas orgánicas protectoras y estables que envuelven al metal
 - ▶ Evita la precipitación
 - ▶ Evita la hidrolisis



Fe - Ethylene Diamine Dihydroxyphenyl Acetic Acid

Zn - Ethylene Diamine Tetracetic Acid

ASPECTOS QUIMICOS DEL FERTIRRIEGO

INTERACCION ENTRE FERTILIZANTES

- ✿ La solubilidad de una mezcla está limitada por el fertilizante menos soluble
- ✿ Precipitación de compuestos Ca-Mg/P:
 - ✿ Obturación de goteros y filtros
 - ✿ Menor disponibilidad de nutrientes
- ✿ Corrosividad
- ✿ Descomposición de quelatos a pH extremos
- ✿ Efecto enfriante al mezclar fertilizantes (reacciones endotérmicas) – orden de mezclado



INTERACCION ENTRE LOS FERTILIZANTES (COMPATIBILIDAD)

Al preparar soluciones fertilizantes para fertirriego, debe tomarse en cuenta las solubilidades de los diferentes fertilizantes

Las siguientes mezclas de fertilizantes en el tanque reducen la solubilidad de la mezcla debido a la formación de los siguientes precipitados:

- Nitrato de calcio con sulfatos = formación de CaSO_4 precipitado (yeso)***



- Nitrato de calcio con fosfatos = formación de precipitado de fosfato de Ca***



- Magnesio con fosfato di- o mono- amónico = formación de precipitado de fosfato de Mg***

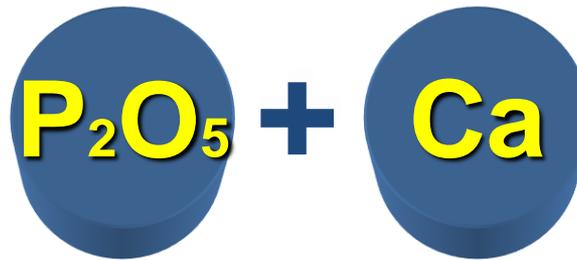


- Sulfato de amonio con KCl o KNO_3 : formación de precipitado K_2SO_4***

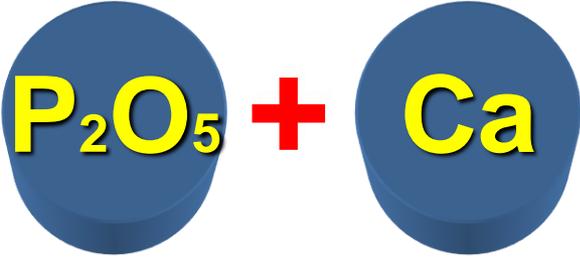
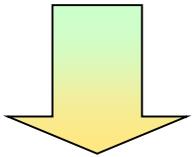


- Fósforo con hierro = formación de precipitados de fosfatos férricos***

INTERACCION ENTRE LOS FERTILIZANTES (COMPATIBILIDAD)



El uso de dos o mas tanques permite la separación de fertilizantes que interactúan y forman precipitados



Colocar en un tanque el calcio, magnesio y micronutrientes, y en el otro tanque los fosfatos y sulfatos para un fertirriego seguro y eficiente

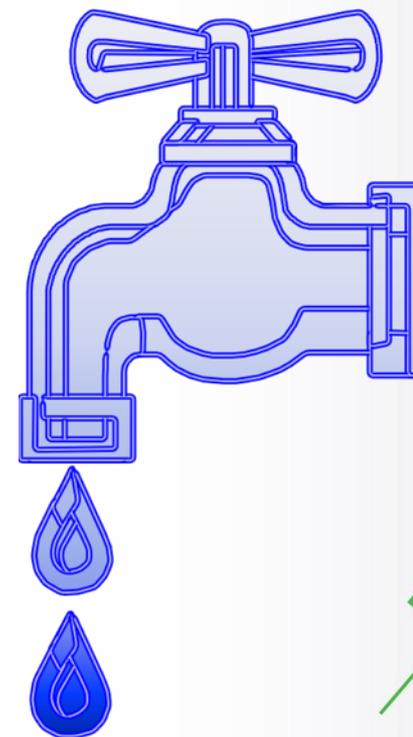




ASPECTOS QUIMICOS DEL FERTIRRIEGO

INTERACCION CON EL AGUA DE RIEGO

- **Formación de precipitados con aguas duras y alcalinas:**
 - Obturación de goteros y filtros
 - Menor disponibilidad de nutrientes
- **Alta CE o toxicidad**

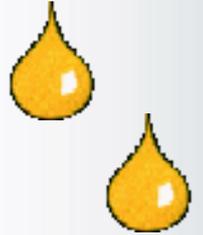


ASPECTOS QUIMICOS DEL FERTIRRIEGO

INTERACCION CON EL AGUA DE RIEGO

■ Aguas duras:

- Alto contenido de Ca y Mg (> 50ppm)
 - Alto contenido de bicarbonatos (> 150ppm)
 - pH alcalino (> 7.5)
- El Ca y Mg (del agua) se combinan con el fosfato y/o sulfato (del fertilizante) y forman precipitados insolubles
- El Ca forma carbonato de calcio insoluble: $\text{CO}_3^{2-} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow (\text{pH} > 7.5)$
- Se recomienda:
- Elegir fertilizantes de reacción acida (para P: ácido fosfórico, MAP)
 - Inyección periódica de ácido en el sistema de riego para disolver precipitados y destapar los goteros
 - Agregar fertilizantes de Ca y Mg sólo de acuerdo con su concentración en el agua de riego



ASPECTOS QUIMICOS DEL FERTIRRIEGO

INTERACCION CON EL AGUA DE RIEGO

Aguas salinas:

- ◆ Alta CE ($> \sim 2-3$ dS/m)
- ◆ Alta concentración de Cl ($> 150-350$ ppm)

Varía de acuerdo a la sensibilidad del cultivo y el sistema de crecimiento (campo vs. invernadero)

● El agregado de fertilizantes (sales inorgánicas) aumenta la CE de la solución nutritiva y puede causar daños a los cultivos

● Se recomienda:

- ◆ Chequear la sensibilidad de los cultivos al la salinidad
- ◆ Elegir fertilizantes de bajo índice salino
- ◆ Regar por sobre la necesidad hídrica de la planta (fracción de lavado) para lavar las sales de la zona radicular.

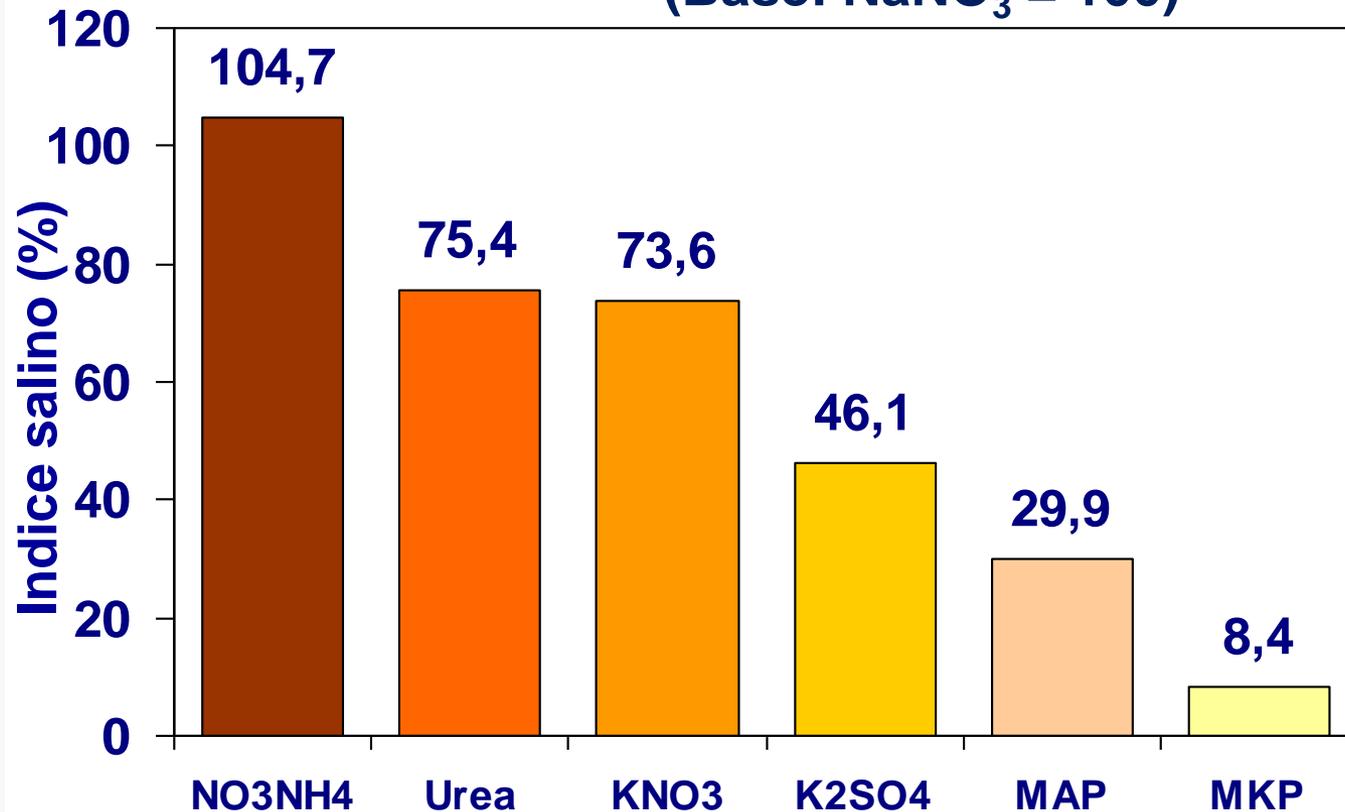


ASPECTOS QUIMICOS DEL FERTIRRIEGO

INTERACCION CON EL AGUA DE RIEGO

Índice salino de los fertilizantes:

(Base: $\text{NaNO}_3 = 100$)



Bajo índice salino - ventajas

Especialmente importante en los siguientes casos:

- Aguas de riego salinas
- Cultivo hidropónico con reciclaje de la solución nutritiva
- Cultivos sensibles al cloro: tabaco, flores, viñas, etc.
- Cultivos sensibles a la salinidad: frutilla, palto, flores, etc.



FERTILIZANTES COMPUESTOS LIQUIDOS (ej.)

Fórmula	Relación	N %			Fuente			CE mmho/cm	pH
		NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	urea	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1:1000 (1gr/L H ₂ O)	
4-2-8	2-1-4	3.0	1.0	-	KNO ₃ APP AN	APP	KNO ₃	0.30	5.7
6-3-6	2-1-2	2.4	3.6	-	KNO ₃ AN	H ₃ PO ₄	KNO ₃	0.36	5.3
6-4-10	1.5-1-2.5	3.0	3.0	-	AN	H ₃ PO ₄	KCl	1.05	3.3
12-3-6	4-1-2	2.9	2.9	6.1	AN Urea	H ₃ PO ₄	KCl	0.72	3.4
9-0-6	1.5-0-1	4.5	4.5	-	AN	-	K ₂ SO ₄		

Pueden contener micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B y Mo)

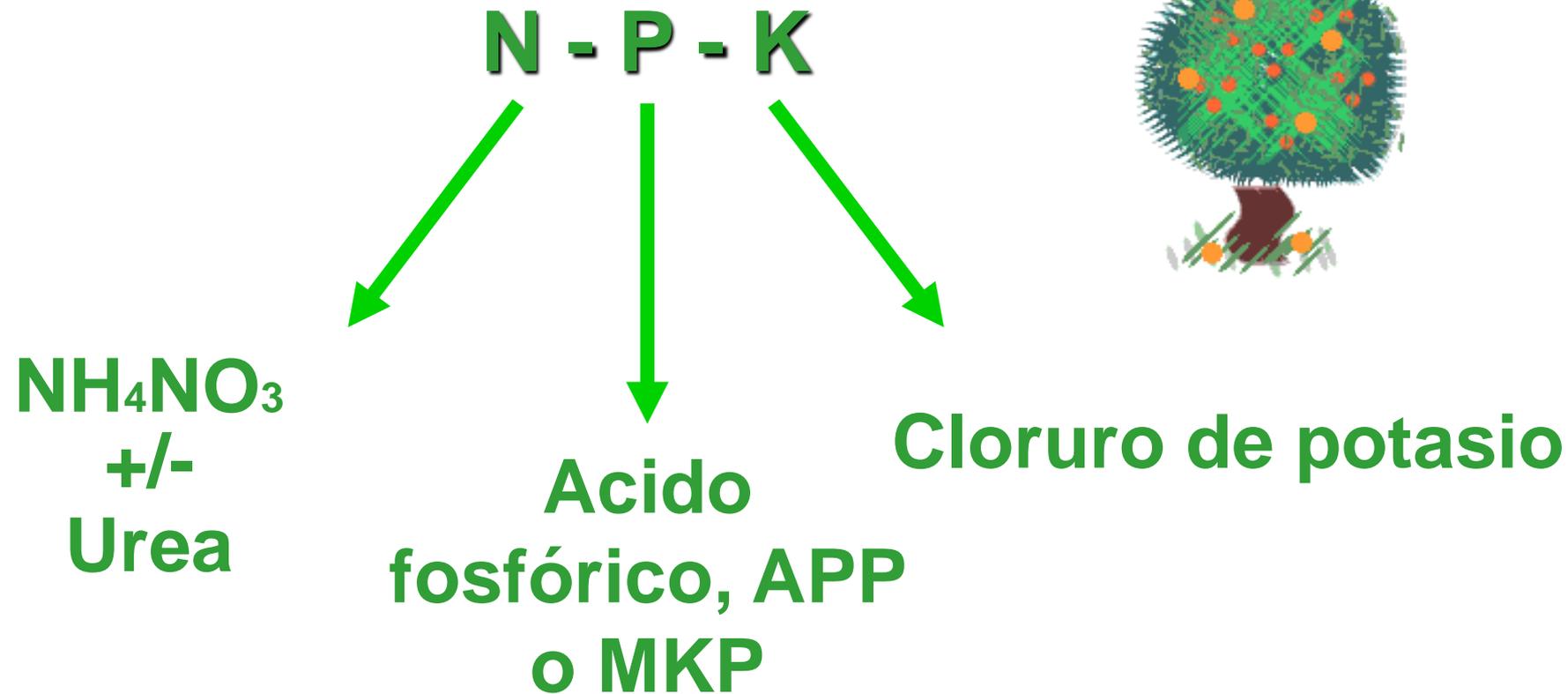
FERTILIZANTES COMPUESTOS SOLIDOS

Fórmula	N %			Fuente			CE mmho/cm	pH
	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	urea	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1:1000 (1gr/L H ₂ O)	
20-20-20	6	4	10	KNO ₃ MAP Urea	MAP	KNO ₃	1.0	5-6
20-9-20	12	8	-	KNO ₃ MAP	MAP	KNO ₃	0.9	5-6
15-4-15	-	15	-	AS	MKP	KCl MKP		

Pueden contener micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B y Mo)

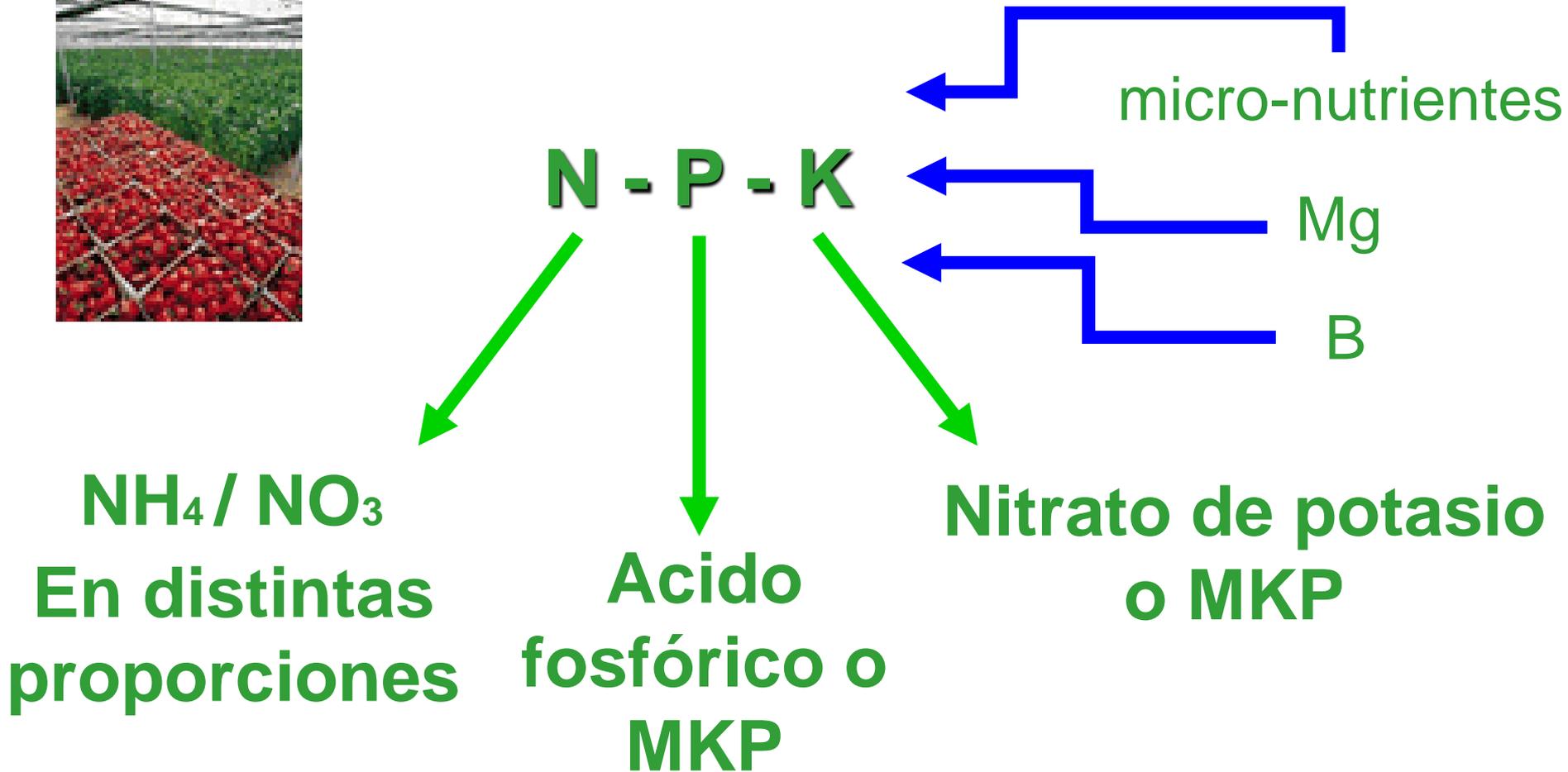
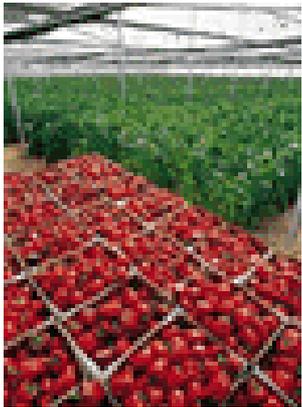
MEZCLAS PREPARADAS

Para frutales y cultivos extensivos



MEZCLAS PREPARADAS

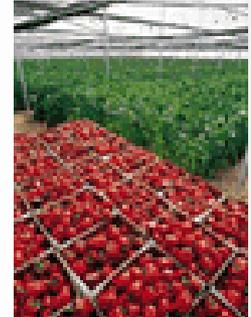
Para invernaderos



MEZCLAS LIQUIDAS PARA INVERNADEROS

• Características

- Bajo contenido de cloro
- Reforzada con micro-nutrientes
- Y con otros nutrientes como magnesio si es necesario
- Distintas proporciones de NH_4 y NO_3



PREPARACION DE SOLUCIONES MADRE EN CONDICIONES DE CAMPO

- 😊 A pesar de que hay una amplia variedad de fertilizantes líquidos compuestos, es más económico preparar las soluciones nutritivas mezclando fertilizantes simples solubles
- 😊 La fórmula es ajustada a las necesidades específicas del cultivo y la relación N:P:K es ajustada de acuerdo a la etapa de crecimiento del cultivo
- 😊 Es conveniente preparar soluciones madres concentradas que serán diluidas en el sistema del fertirriego
- 😊 Se mezclan fertilizantes completa y rápidamente solubles que no tengan interacción
- 😊 Distintas relaciones N:P:K pueden ser preparadas por el agricultor en su propio campo
- 😊 Las soluciones nutritivas “a medida” dan una amplia flexibilidad y se adecuan a las necesidades del cultivo



Ejemplo: mezclado de fertilizantes para preparar una solución nutritiva

Preparar una solución nutritiva con una concentración final de:

- Nitrógeno (N) 200 ppm (partes por millón)
- Fosforo (P) 80 ppm P_2O_5
- Potasio (K) 125 ppm K_2O

(N:P:K ratio = 2.5:1:1.6)

- Fertilizantes utilizados:
 - N → MAP & Urea
 - P → MAP
 - K → KCl

Seguir los siguientes pasos:



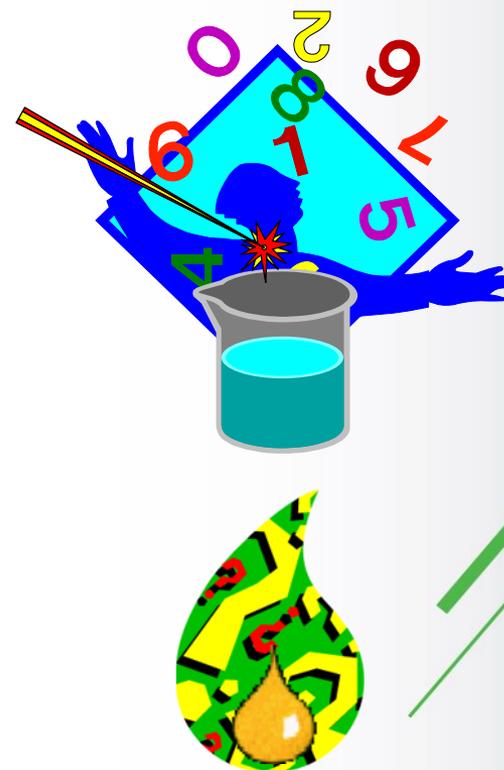
Ejemplo: mezclado de fertilizantes para preparar una solución nutritiva

1 Cálculo del Fosforo

- Cantidad de fósforo = 80 ppm P_2O_5
- % P_2O_5 en MAP = 61 %
- Por lo tanto, para 80 ppm de P se necesita:

$$80 \times 100 / 61 =$$

$$= 131 \text{ mg/L de MAP}$$



Ejemplo: mezclado de fertilizantes para preparar una solución nutritiva

2 Calculo del Nitrógeno

- % N en MAP = 12 %
- Cantidad de MAP para proveer el P (ver paso 1) = 131 mg/L MAP
- Cantidad de N provista con el MAP =

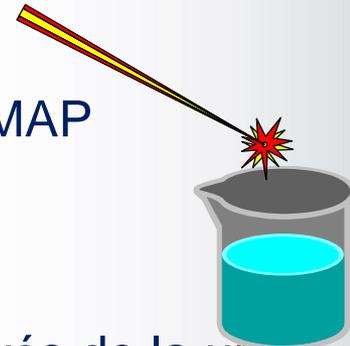
$$131 \text{ mg/L de MAP} \times 12 \% \text{ N} = 16 \text{ mg/L de N}$$

El resto del N = $200 - 16 = 184$ mg/L de N debe ser provisto a través de la urea:

- Cantidad de N requerido = 184 ppm N
- % N en la urea = 46 %

Por lo tanto, para proveer 184 ppm de N se necesita:

$$184 \times 100 / 46 = 400 \text{ mg/L de urea}$$



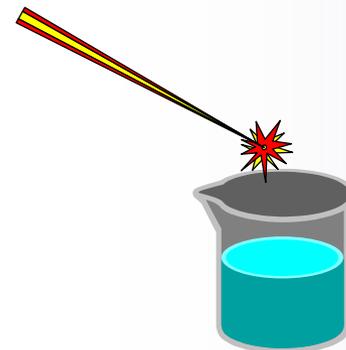
Ejemplo: mezclado de fertilizantes para preparar una solución nutritiva

3 Calculo del Potasio

- Cantidad de potasio requerido = 125 ppm K_2O
- % K_2O en KCl = 61 %
- Por lo tanto, para 125 ppm de K se necesita:

$$125 \times 100 / 61 =$$

$$= 205 \text{ mg/L de } KCl$$



Ejemplo: mezclado de fertilizantes para preparar una solución nutritiva

4 Resumen



Fertilizante	Composición	Cantidad de fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		(gr/ 1000 L tanque)	(ppm)		
Urea	46-0-0	400	184	0	0
MAP	12-61-0	131	16	80	0
KCl	0-0-61	205	0	0	125
Total	2.5:1:1.6	736	200	80	125



COMO PREPARAR MI PROPIA SOLUCION MADRE NPK ?

Tipo	relación N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	Composición (% peso/peso)			Cantidad agregada (kg/100 L tanque)				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Urea	S.A.	A.F.	MKP	KCl
NPK	1-1-1	3.3	3.3	3.3	7.2	-	5.3	-	5.4
	1-1-1	4.4	4.6	4.9	9.6	-	-	8.8	3.0
	1-2-4	2.2	4.8	8.9	4.8	-	7.7	-	14.6
	3-1-1	6.9	2.3	4.3	15.0	-	3.7	-	7.0
	3-1-3	6.4	2.1	6.4	13.9	-	4.0	-	8.2
	1-2-1	2.5	5.0	2.5	5.4	-	8.1	-	4.1
NK	1-0-1	4.6	0	4.6	10.0	-	-	-	7.5
	1-0-2	1.9	0	3.9	-	9.0	-	-	6.4
	2-0-1	5.8	0	2.9	12.6	-	-	-	4.8
PK	0-1-1	0	5.8	5.8	-	-	9.4	-	9.5
	0-1-2	0	3.9	8.0	-	-	-	7.5	8.9
K	0-0-1	0	0	7.5	-	-	-	-	12.3



COMO PREPARAR MI PROPIA SOLUCION MADRE NPK ?

- **MKP + NH_4NO_3 + KNO_3 :**

Mezcla óptima para cultivos de invernáculos con altos requerimientos y preferencia por nitratos; y en hidropónica, donde se necesita una alta proporción de nitratos. Se puede suplementar N adicional como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ o $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ (tanque separado).

- **Urea + KCl:**

Mezcla económica apta para citrus, frutales y cultivos a campo abierto.



**Muchas gracias
por su atención !**

¿Preguntas?

rjrmelgar@gmail.com



Agradecimiento especial

A la Dra. Patricia Imas de International Potash Institute por su permanente apoyo al desarrollo de la a tecnología de Fertirriego en Argentina

