



Tecnología de los Fertilizantes

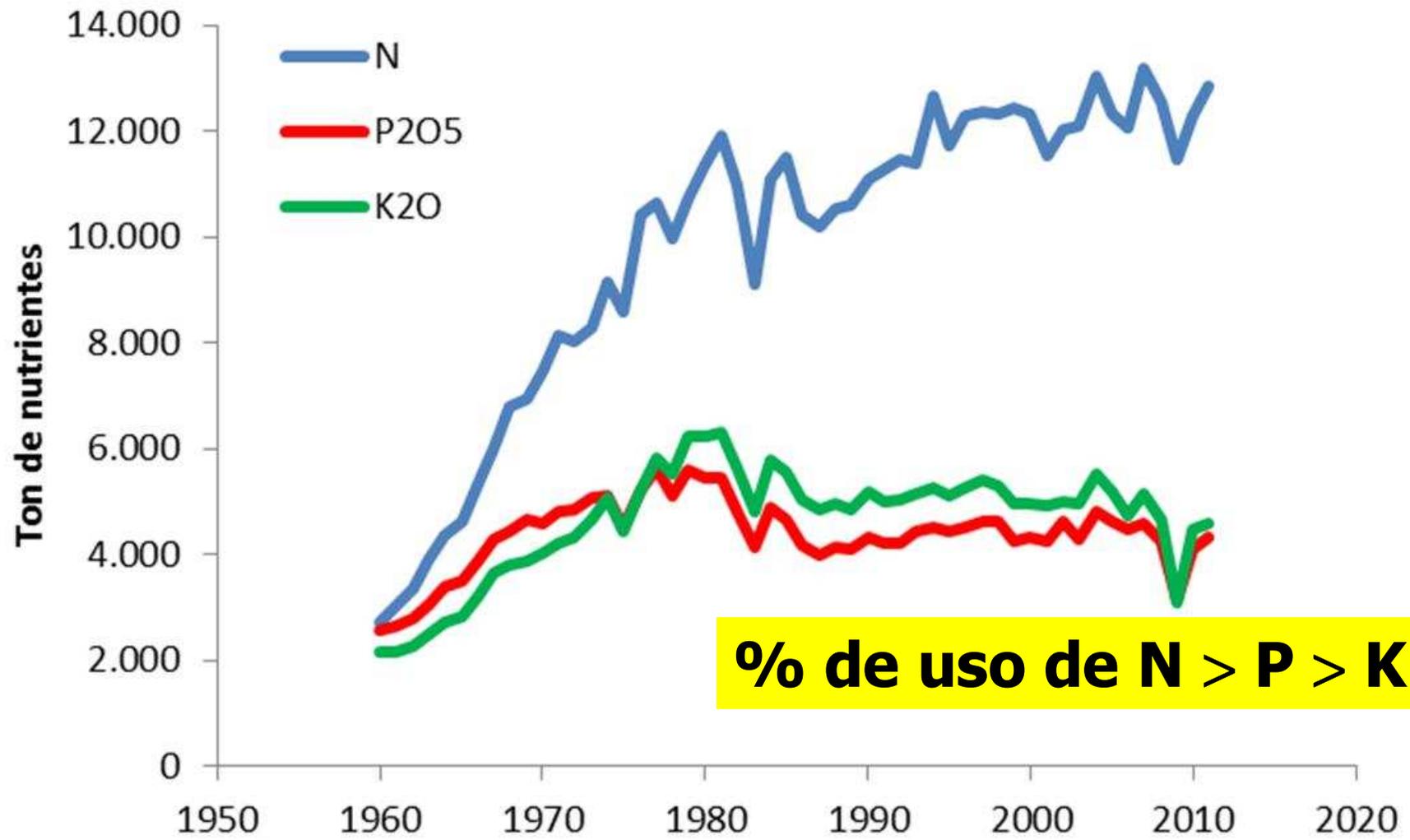


Docentes: Omar Casanova, Mónica Barbazan, Patricia Barreto

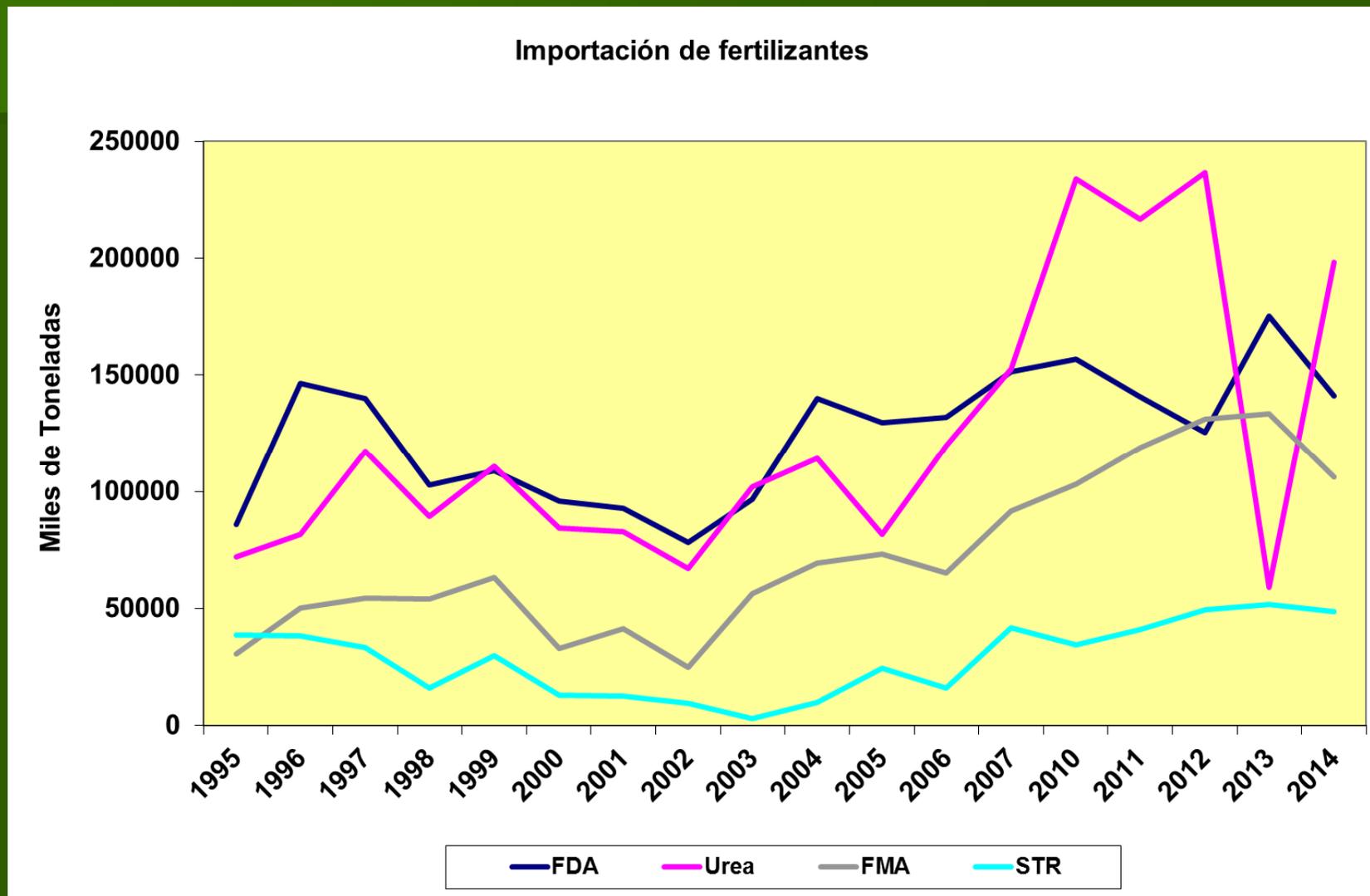
Curso de Fertilidad de suelos y su manejo 2014

Facultad de Agronomía – UdelaR

Evolución del consumo Mundial de Fertilizantes



Importación de fertilizantes



FUENTE: Depto. de Fertilizantes (DGRNR-MGAP).

Marco Tributario de Fertilizantes en Uruguay

- El tratamiento tributario de los fertilizantes es favorable a su utilización
- Elaboración y Materias primas: EXENTAS de IVA
 - Materias primas extra-zona al territorio nacional: Pagan arancel extrazona
- Exportaciones: EXONERADAS o devolución de impuestos
- Ventas de fertilizantes al productor: NO están gravadas por IVA

FERTILIZANTES NITROGENADOS



FERTILIZANTES NITROGENADOS

- El gas natural: fundamental para la producción de fertilizantes nitrogenados, insume el 70-90% de los costos de producción.
- Los precios del gas natural y de los fertilizantes nitrogenados fluctúan ampliamente.

FERTILIZANTES NITROGENADOS

- Uso directo del NH_3 : NH_3 anhidro: 82% N. líquido bajo presión. Se almacena en tanques bajo presión. Se inyecta al suelo.
- A partir de amoníaco (NH_3) se fabrica la mayoría de los fertilizantes nitrogenados: nítricos y amoniacales

NH_3 :

- + CO_2 : Urea [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$]: 46 % N
- + HNO_3 : Nitrato de amonio (NH_4NO_3): 33% N
- + H_2SO_4 : Sulfato de amonio [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] 21% N
- + H_2PO_4 : $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$: 11%N – 52% P_2O_5
- + H_2PO_4 : DAP: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$: 18%N – 46% P_2O_5

FERTILIZANTES NITROGENADOS LÍQUIDOS

■ UAN

- Se producen con urea, nitrato de amonio y agua.
- Tienen 28- 32 % de N
 - 30-35 % está como urea
 - 45-47 % como nitrato de amonio.
- Baja volatilización de N.
- Fácil manipulación y aplicación
- Es compatible con algunos pesticidas

UAN

Mezclas de urea y nitrato de amonio

Soluciones de N en agua no prezurizadas

% Urea	% NO_3NH_4	%N	Temp. De cristalización
30	40	28	-18
33	42	30	-10
33	43	32	-2

Calculo de dosis a aplicar de Fertilizante Liquido

Producto comercial : UAN

Densidad: $1,3 \text{ g/cm}^3 = 1300 \text{ g/l}$

Contenido de N= 30 %

Dosis de nutriente a aplicar 12 kg/ha

Dosis a aplicar (l/ha): ??

0,3 kg N ----- 1 kg

12 kg N ---» x= 40 kg

Multiplico x 1000

$D = M/V \text{ ---} \Rightarrow 40000\text{g} / 1,3 \text{ g/cm}^3 = 30769 \text{ cm}^3 \Rightarrow$

DOSIS

30,7 l/ha

FERTILIZANTES NITROGENADOS

■ Lenta liberación

- Urea- formaldehido 30 % N
- Urea recubierta de S 36-38 % N
 - La disponibilidad de N depende de la destrucción de la cobertura de azufre y difusión de la urea
 - Rotura Física
 - Dispersión
 - Oxidación Biológica
 - Velocidad de Liberación determinada por:
 - Espesor de la cobertura
 - Condiciones Ambientales
 - * Liberación lenta e incontrolada



FERTILIZANTES NITROGENADOS

■ con inhibidores de hidrólisis de la urea

- Recubiertos por polímeros que se aplican sobre los gránulos de fertilizantes solubles
 - Liberación: difusión a través de la cobertura
 - Velocidad de liberación determinada por:
 - la química del Polímero
 - Espesor
 - Temperatura
 - La liberación puede controlarse

FERTILIZANTES NITROGENADOS



FERTILIZANTES NITROGENADOS

con inhibidores de la nitrificación:

- inhiben temporalmente la nitrificación, reduciendo pérdidas de N-NO_3

Fertilizantes foliares

Biuret:

2 moléculas de urea que se unen cuando la temperatura se incrementa por encima de 132°C (temp. fusión de la urea) durante el proceso de manufactura.

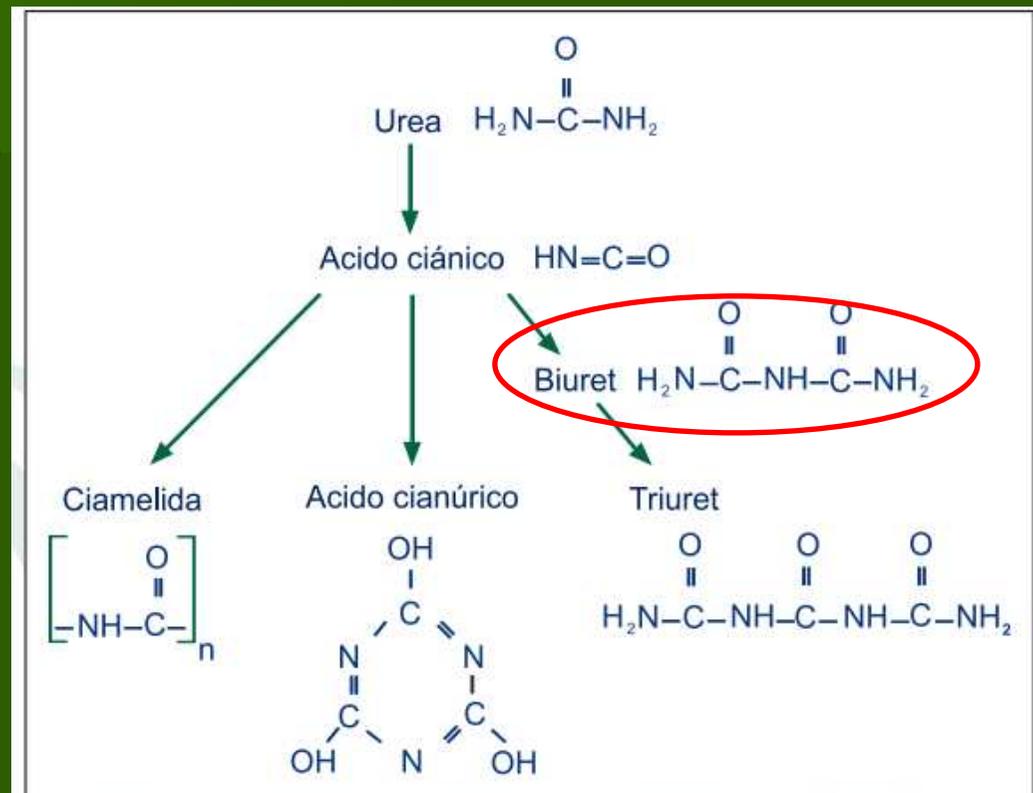


Figura 2. Posibles productos de la reacción de la urea expuesta a alta temperatura.

urea: bajo contenido de biuret: <2%

FERTILIZANTES FOSFATADOS

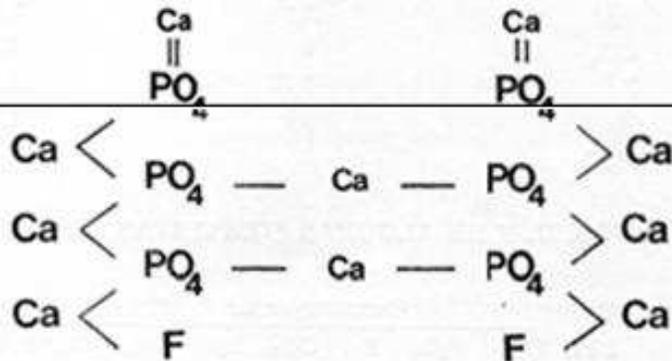
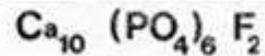


FERTILIZANTES FOSFATADOS

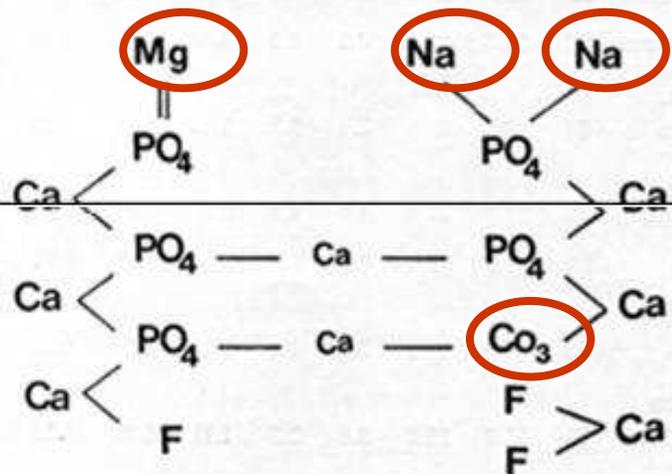
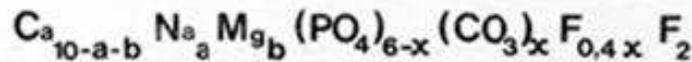
- Materia prima: roca fosfatada o fosforita (hidroxiapatita o fluorapatita)
- Fórmula teórica: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4; \text{CO}_3)_6 (\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})_2$
- Tipos de rocas fosfatadas:
 - Ígneas
 - Metamórficas
 - Sedimentarias

DISEÑO ESQUEMATICO

Esquema de la fluorapatita ideal



Esquema de la carbonatoapatita (francolita)



Fosforitas DURAS > PT < P soluble

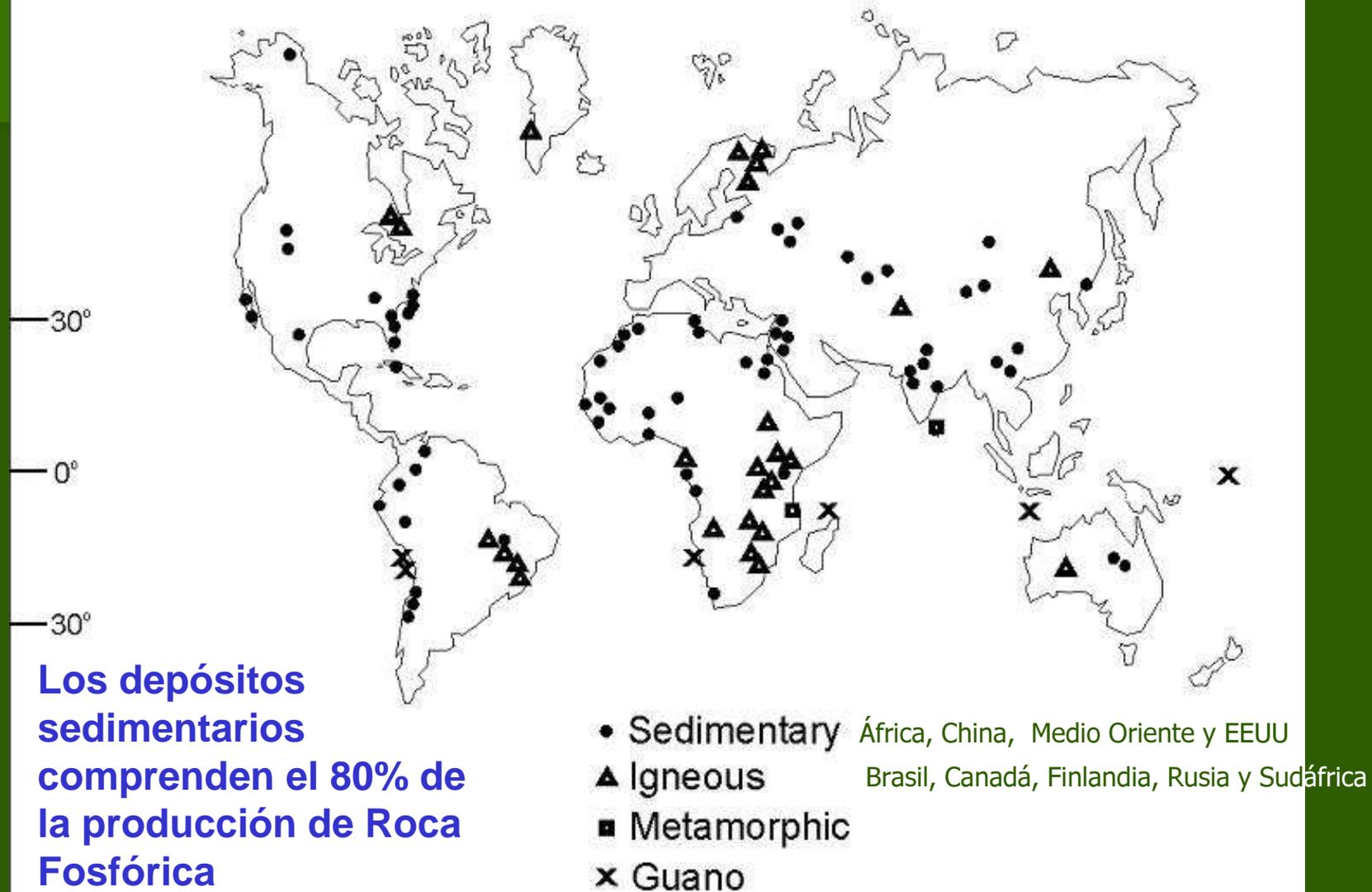
- Alto grado de cristalización,
- Térmicamente estables,
- Baja reactividad química
- **NO USO DIRECTO,**

Fosforitas BLANDAS o sedimentarias < PT, > P soluble

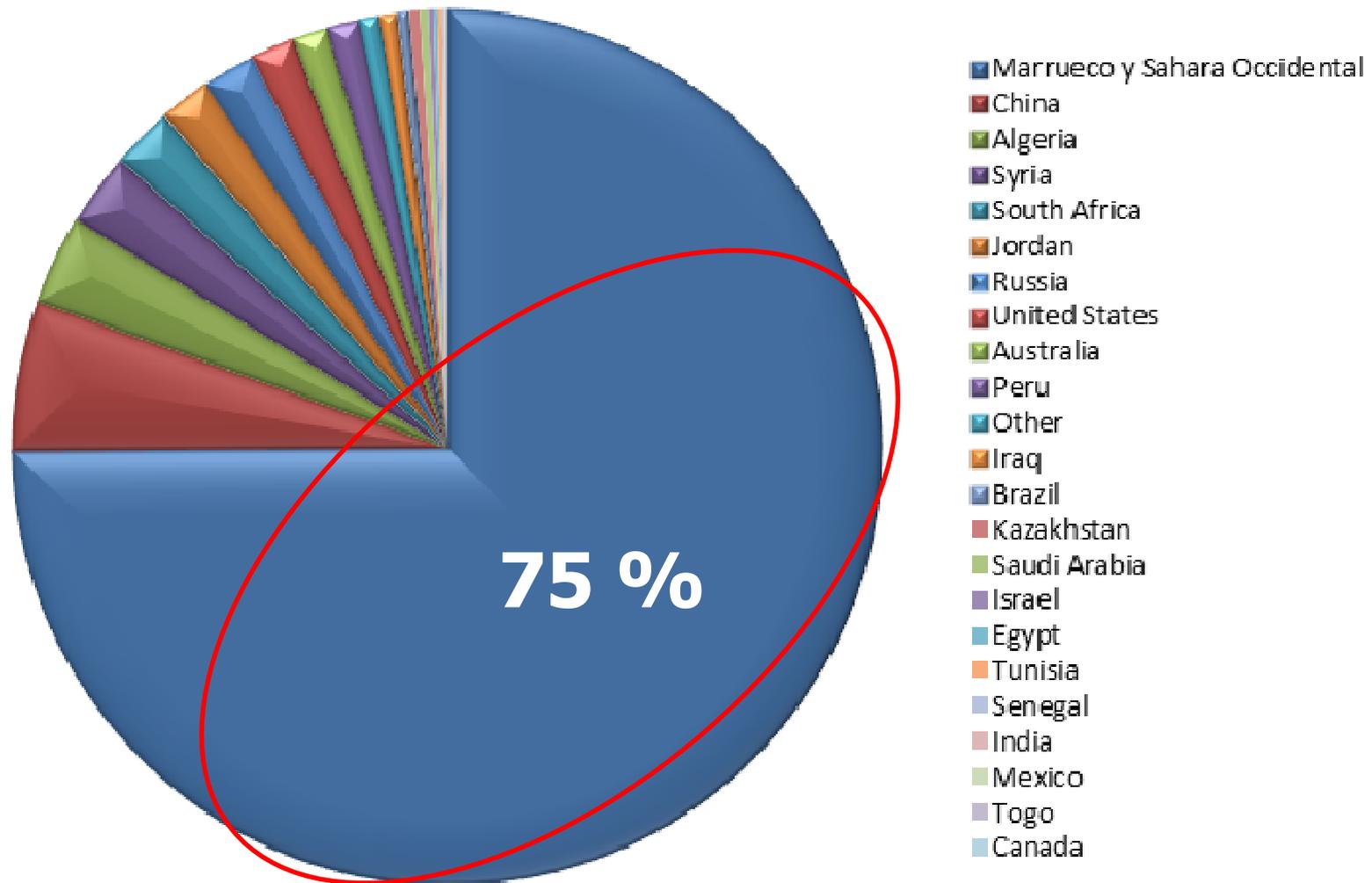
- Bajo grado de cristalización,
- Mayor contenido de carbonatos
- Mayor sustitución de PO_4 con F que las duras
- **USO DIRECTO**

Fuente: Bordoli, 2008

Distribución mundial de los principales depósitos de Roca Fosfatada



Reservas Fosfatadas Mundiales 2014



TOTAL : 67 billones de toneladas

Fuente: [USGS Minerals Information: Phosphate Rock](#) // Jasinski, S.M. 2014

FERTILIZANTES FOSFATADOS INSOLUBLES

- Fosforitas (apatitas) sedimentarias “blandas”
- < 30 % de P_2O_5
- Proceso:
 - Extracción del yacimiento
 - Enriquecimiento (separar del material inerte)
 - Molienda
 - Tamizado
 - Embolsado
- Para solubilizarse necesitan acidez

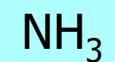
FOSFORITA BLANDA
Sedimentaria
< 30% P_2O_5

FOSFORITA DURA
Ígnea o metamórfica
> 30% P_2O_5

USO
DIRECTO



FUENTES
SOLUBLES



SUPERFOSFATO
COMUN

SUPERTRIPLE

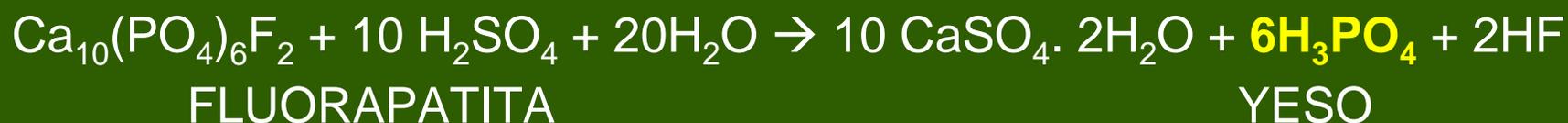
FOSFATO DE
AMONIO

FOSFORITA PARCIALEMENTE
SOLUBLE

MEZCLAS FISICAS
GRANULADAS
FLUIDOS O
APLICACIONES DIRECTAS

FABRICACIÓN DE FOSFATOS SOLUBLES

■ Obtención de H_3PO_4



■ Obtención de SUPERFOSFATO



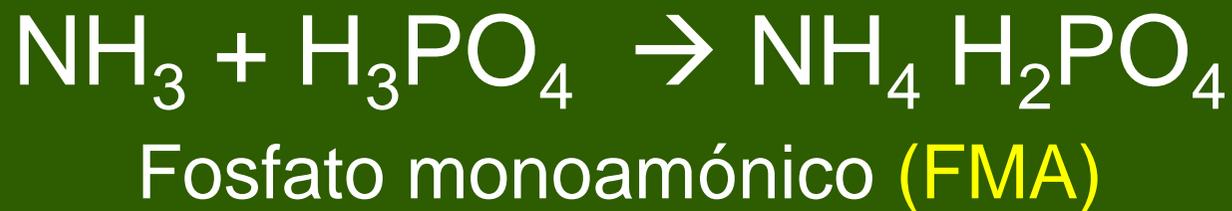
Superfosfato común:

■ Obtención de SUPERTRIPLE



FABRICACIÓN DE FOSFATOS SOLUBLES

- Obtención de FOSFATO DE AMONIO



Solubilidad en diferentes reactivos del P asimilable de los principales fertilizantes comerciales

Fuente	% P ₂ O ₅ total	% P ₂ O ₅ asimilable			Otros
		% P ₂ O ₅ soluble en H ₂ O	% P ₂ O ₅ soluble en citrato de amonio	% P ₂ O ₅ soluble en ácido cítrico 2%	
Fosforita blanda	28 - 30	-	-	10 - 12	
Hyperfos Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + fosforita	28	6	12	14	4%S
Superfosfato común Ca(H ₂ PO ₄) ₂	23	21	21	-	13%S
Supertriple Ca(H ₂ PO ₄) ₂	46	46	46	-	1.5%S
Fosfato Monoamónico NH ₄ (H ₂ PO ₄)	50 - 52	50 - 52	50 - 52	-	11%N
Fosfato Diamónico (NH ₄) ₂ (HPO ₄)	46	46	46	-	18%N
Ácido fosfórico	76-85	76-85	76-85	-	

CADMIO

- Cd^{2+} , aportado por la fertilización fosfatada, puede ser absorbido por los cultivos y llegar hasta quienes se alimentan de ellos (animales y hombre)
- Los vegetales se presentan sanos y vigorosos aún cuando contengan más Cd^{2+} que lo normal.
- Exceso de Cd^{2+} en la dieta induce síntomas por deficiencia de Ca^{2+} en humanos
- Cd^{2+} en fosforitas duras menor que en blandas (a 400°C el Cd se volatiliza)
- Límites de Cd^{2+} en fosforitas:
 - 50 (Suiza, Finlandia) mg Cd/kg de P
 - 100 (Suecia, Noruega) mg Cd/kg de P
 - 340 (Japón, Australia) mg Cd/kg de P

Fuente: Bordoli, 2008 y Villanueva, 2003

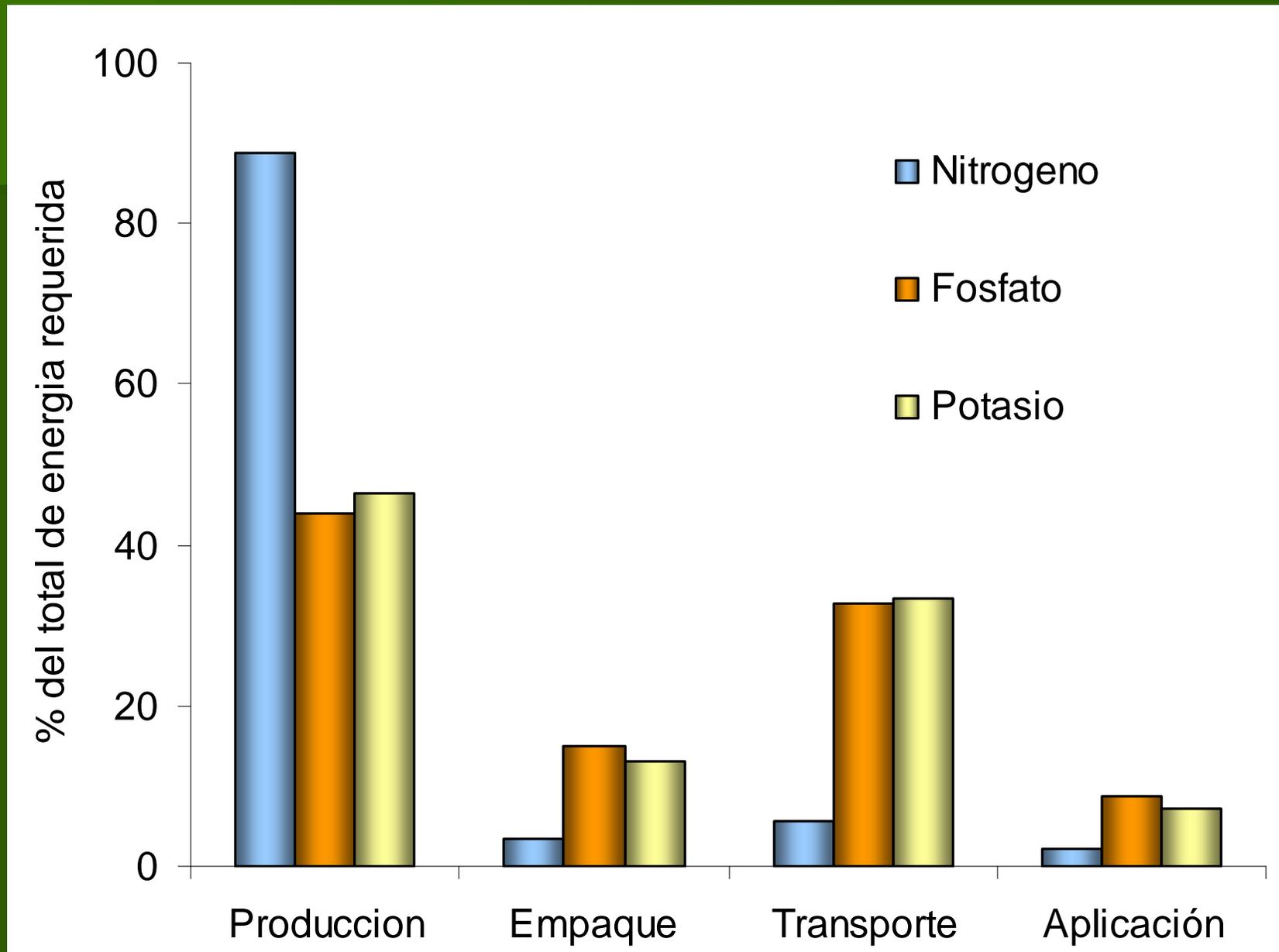
Concentración de Cd en rocas fosfatadas volcánicas y sedimentarias (Van Kauwenberg, 1997 y Norsk Hydro (no publ.))

Fuente	Cd (mg / Kg p)
Kola (Rusia)	<2
Phalaborwa (S.Africa)	<2
North Carolina (USA)	294
Gafsa (Tunez)	310
Florida (USA)	66
Bu Craa (Marruecos)	246
Youssoufia (Marruecos)	215
Khoroubgia (Marruecos)	106
Zin (Israel)	228
Senegal (Africa)	556
Togo (Africa)	365
El Hasa (Jordania)	38
Khneifiss (Siria)	22

CADMIO

- Límites de Cd^{2+} para la salud:
 - WHO (World Health Organization)-1972
 - estableció que el máximo de ingesta diaria de Cd^{2+} no debería sobrepasar $1 \mu\text{g kg}^{-1}$ del peso del cuerpo (es decir, $70 \mu\text{g día}^{-1}$ para un hombre promedio).
 - La ingesta dietética de Cd^{2+} se estimó en:
 - $15\text{-}30 \mu\text{g día}^{-1}$ para los habitantes estadounidenses
 - $20\text{-}40 \mu\text{g día}^{-1}$ para los habitantes europeos (OECD, 1994).
 - Uruguay: Ordenanza N° 337 del MSP
 - Establece un esquema básico de controles semestrales del Cd urinario de todos los trabajadores con factores de riesgo químicos y físicos
 - Valor de referencia: $5 \mu\text{g/g}$ em sangre (creatinina)

Requerimientos energéticos (promedio mundial)



Fuente: Gellings y Parmenter, 2004. ENERGY EFFICIENCY IN FERTILIZER PRODUCTION AND USE

MICRONUTRIENTES

- Fuentes inorgánicas: rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias.
- Las sales de los micronutrientes son relativamente raras, con la excepción de los boratos, que ocurren en evaporaciones de salinas.
- Rocas basálticas : Cu, Co, Zn y Fe
- Graníticas: Mo

OTROS

- FERTILIZANTES COMPLEJOS SOLUBLES:
 - Macro y micronutrientes. Ej. 26-10-16 + micronutrientes
- SALES SOLUBLES: sulfatos de Fe, Mn, Zn y Cu, cristalina o granulada, al suelo o foliar. Las sales son efectivas como fertilizantes mientras el pH del suelo se mantenga ácido. A pH alcalino o si existen carbonatos, precipitan.
- QUELATOS: "garra" compuestos orgánicos solubles, que mantienen dentro de su molécula un metal en forma iónica soluble y asimilable por las plantas (lo encapsulan). Al suelo o foliar.

EDTA: Ácido etileno diamino tetra acético ($C_{10}H_{16}O_8N_2$) a pH alcalino no anda

EDDHA: Ácido etileno di amino di hidroxifenil acético ($C_{18}H_{20}O_6N_2$) *



OTROS

- Formulaciones “orgánicas” o “naturales”: para ser aplicadas directamente al suelo, en fertirriego, o en forma foliar.
- Información científica? Origen y composición ?

APLICACION COMBINADA DE FERTILIZANTES Y PESTICIDAS

- Producciones intensivas: fertilizantes y pesticidas con el fin de disminuir costos de operación, tiempo, combustible, etc.
- Los pesticidas se pueden combinar con fertilizantes líquidos o sólidos.
- Importante: que el pesticida sea completamente compatible con el fertilizante, se mezcle fácilmente y sea efectivo en su función de control.

Que es Fertirriego?

Aplicación localizada de uno o más nutrientes en el agua de riego según la demanda del cultivo.



CARACTERÍSTICAS DE LOS FERTILIZANTES PARA SER EMPLEADOS EN FERTIRRIEGO

- Alta solubilidad en condiciones de campo
- Alta pureza y contenido de nutrientes en solución
- Compatibles entre sí
- Compatibles con los iones del agua y su pH.
- Disolución rápida en el agua de riego
- No obturar goteros
- Baja corrosividad (cabezal y sistema de riego)

FORMULACIONES NUEVAS ""?

- EN EL MERCADO HAY NUEVAS FORMULACIONES EN BASE MACRO Y MICRO NUTRIENTES
- COMO TOMAR DESICIONES
- PRINCIPALES LIMITANTES PRECIO POR UNIDAD / EFICIENCIA
- FUTURO FUENTES DE NANO TECNOLOGÍA

FUENTES ORGANICAS

- ORGANO-MINERALES
- RELACION DE CALIDAD Y PRODUCCION
- SUSTITUCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN
- ENCALADO Y LA SD
- SUELO-AGUA-AIRE-RECURSOS HUMANOS
- CARNE_LECHE_FORESTACIÓN
- LECHERIA ESTACIONAL