

FERTILIZANTES. HISTORIA. DEFINICIONES. OBTENCIÓN



CURSO: Fertilizantes. Obtención. Producción en Venezuela. Métodos de análisis.

Carmen Ester Carrillo de Cori
Facultad de Agronomía-UCV



Maracay, 11 de julio de 2013

Vigésimo Aniversario del GIUMA

CONTENIDO



- INTRODUCCIÓN
- FERTILIZANTES FOSFATADOS
- FERTILIZANTES NITROGENADOS
- FERTILIZANTES POTÁSICOS
- FERTILIZANTES PORTADORES DE ELEMENTOS SECUNDARIOS Y MICRONUTRIENTES
- FERTILIZANTES INORGÁNICOS Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS
- PERSPECTIVAS
- CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

FERTILIZANTE: Material natural o manufacturado que al ser aplicado al suelo o a los vegetales, suministra uno o más nutrientes esenciales para el normal desarrollo

RECORDAR LOS CRITERIOS DE ESENCIALIDAD

ELEMENTOS ESENCIALES

C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl y Co

PRIMARIOS SECUNDARIOS



MACROELEMENTOS



MICROELEMENTOS

INTRODUCCIÓN (...Continuación)



Atendiendo a su estado físico

SÓLIDOS

SIMPLES



COMPUESTOS

MEZCLAS FÍSICAS

COMPLEJOS



LÍQUIDOS

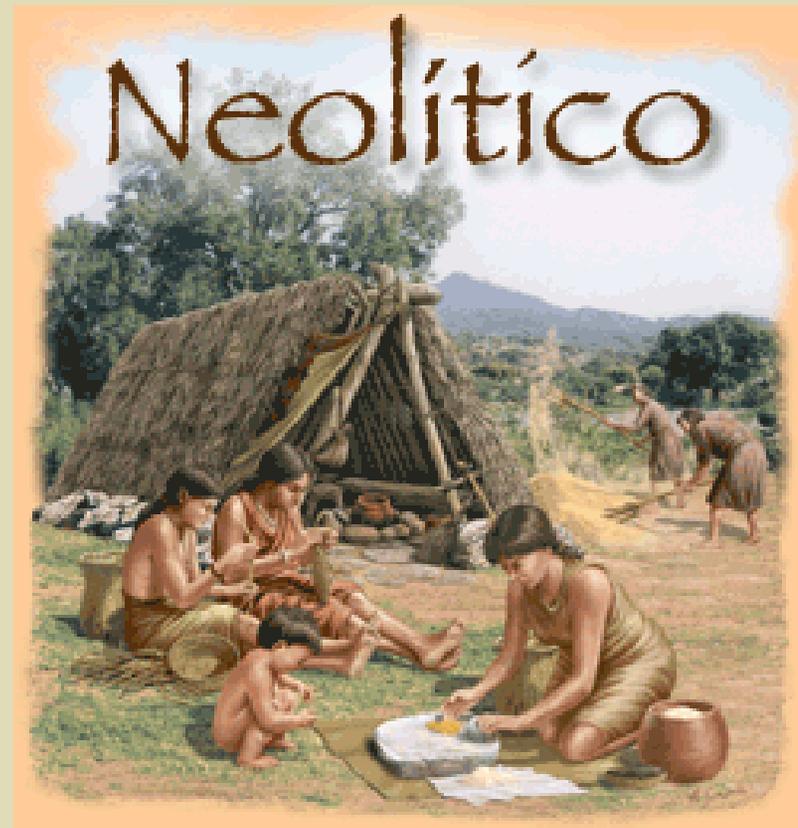
SIMPLES Ej: Soluciones de urea



COMPUESTOS: UAN, (UNA), Soluc. NPK

Algo de Historia

El hombre recolector, cazador y pescador



El Hombre se dio cuenta que el cultivo continuo agotaba los suelos y abandonaba el sitio para buscar lugares más fértiles



Agregaba Cenizas, estiércol, restos de animales, de plantas, huesos molidos, composts y otras sustancias



ENSAYO Y ERROR



AUMENTABA LOS RENDIMIENTOS



PRIMEROS FERTILIZANTES

INICIOS DE AGRICULTURA Y USO DE ESTOS FERTILIZANTES

MESOPOTAMIA (HOY IRAK)

(Cuenca de ríos Tigris y Eúfrates)

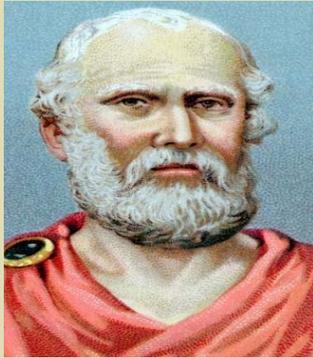
VALLE DEL NILO

PUEBLOS ORIENTALES

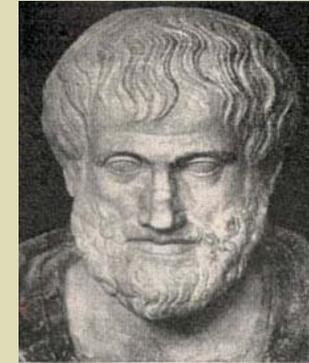
OTRAS PARTES DEL MUNDO



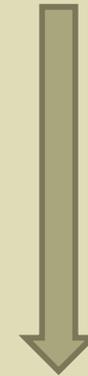
CONOCIMIENTOS DE GRIEGOS, GRECO-ROMANOS Y ROMANOS



PLATÓN (SIGLO V AC)



ARISTÓTELES (SIGLO IV)



SIGLO XVIII

ARISTÓTELES: MATERIA ORGÁNICA: ABSORBIDA POR LA PLANTA

EMPEDOCLES (SIGLO V a.C.):

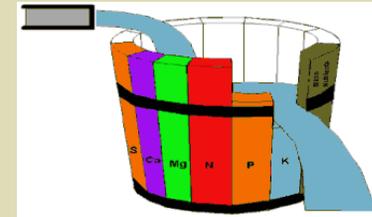
TODAS LAS SUSTANCIAS ESTABAN FORMADAS POR 4 ELEMENTOS:



PRIMEROS EXPERIMENTOS CON PLANTAS VAN HELMONT (1577-1644)

LEY DEL MÍNIMO: **JUSTUS VON LIEBIG** (1803-1873)

PADRE DE LA QUÍMICA AGRÍCOLA



-IMPORTANCIA DE LOS ELEMENTOS

NUTRITIVOS DERIVADOS DEL SUELO

-NECESIDAD DE AGREGARLOS PARA MANTENER LA
FERTILIDAD

HUESOS TRATADOS CON ÁCIDO SULFÚRICO



BASE DE LA INDUSTRIA MODERNA DE FERTILIZANTES
FOSFATADOS

FERTILIZANTES FOSFATADOS

LIEBIG: LA AGRICULTURA ES LA BASE DEL COMERCIO Y LA INDUSTRIA, DEBE ESTAR BASADA EN PRINCIPIOS CIENTÍFICOS

LIEBIG (1830) ALEMANIA



PRIMER FERTILIZANTE QUÍMICO: HUESOS + H_2SO_4



LAWES (1842) INGLATERRA



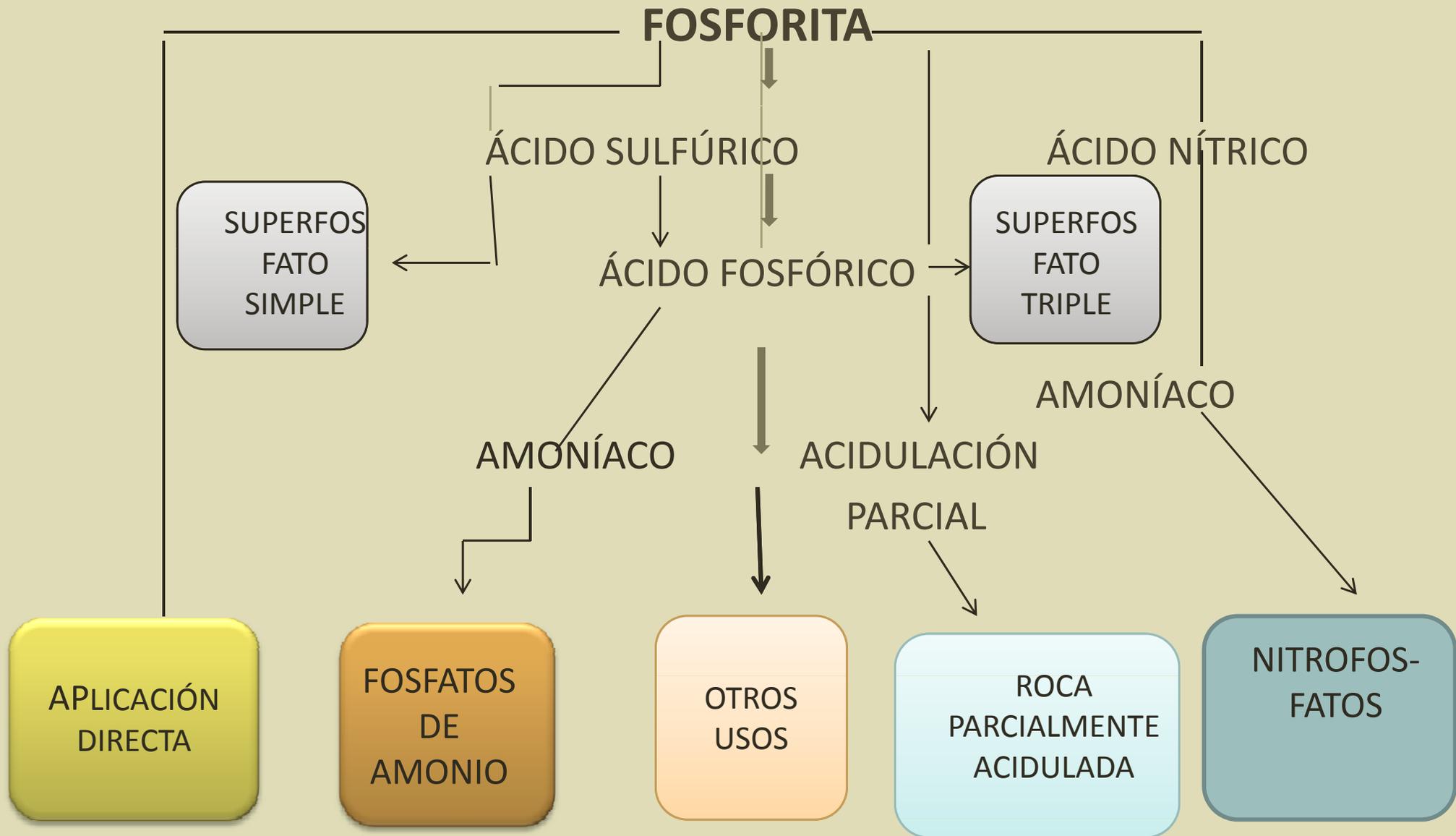
ROCA FOSFÓRICA + H_2SO_4



SUPERFOSFATO

EN 1862: 100 TON/DÍA EN 1870: 80 FÁBRICAS

FERTILIZANTES FOSFATADOS



OBTENCIÓN DE:

SUPERFOSFATO SIMPLE: 16-22 % P_2O_5 \rightleftharpoons 20 %



FOSFATO

FOSFATO

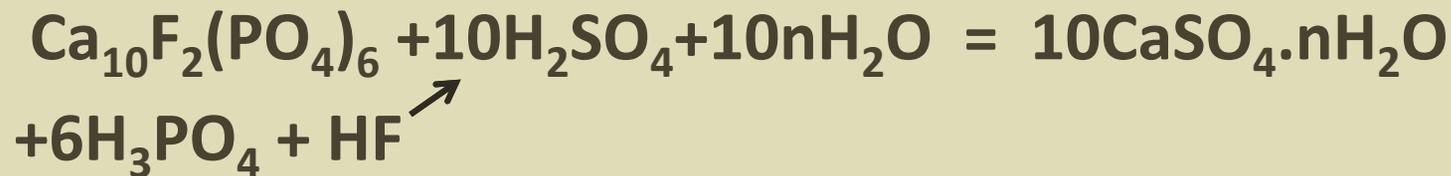
YESO

TRICÁLCICO

MONOCÁLCICO

0-20-0

ÁCIDO FOSFÓRICO: PRODUCTO INTERMEDIO



The Park Grass Experiment

The oldest ecological experiment in existence



John Bennet Lawes and Joseph Henry Gilbert established the Park Grass experiment in 1856 to investigate how fertilisers might be used to improve hay yields. However, it soon became apparent that the treatments were also affecting biodiversity on the plots, and the ecology of the experiment has been studied (along with hay yields and soil health) ever since.



Harvesting Park Grass in 1900



Different manure and fertilizer treatments

Different sowing treatments

The field is divided into plots, which receive either organic manures, various combinations of inorganic fertilisers or no fertiliser at all. Each plot is divided into four sub-plots, which receive different amounts of lime to control the acidity caused by some of the fertilisers and by acid rain. Hay is made from the plots in early summer and in the autumn.

Harvesting Park Grass in 1900



Working with Park Grass in the 1920s

Plant and soil samples have been taken from the experiment since its inception. Scientists have used this unique archive to track environmental change over the past 150 years. For example, analysis of plant samples show the build-up of pollutants such as lead and dioxins in the environment. The experiment is now part of the UK Environmental Change Network.

In the spring, the experiment is a colourful tapestry of flowers and grasses. Unfertilised plots can have as many as 35-45 plant species. This is probably representative of the biodiversity of most meadows in this area several hundred years ago. Fertilised plots produce higher hay yields but contain fewer species. Park Grass has been running long enough for the genetics of plants on the different plots to have diverged - one of the first demonstrations of local evolution in action.



Please do not enter Park Grass field and risk damaging this unique and historic experiment. To find out more about Rothamsted and its history visit www.rothamsted.ac.uk

22 9:52PM

Sede inicial de la Estación Experimental de Rothamsted, Inglaterra



Experimentos de larga duración



SUPERFOSFATO TRIPLE 44- 48 % P_2O_5 \Longrightarrow 45 %



FOSFATO

ÁCIDO

FOSFATO

TRICÁLCICO

FOSFÓRICO

MONOCÁLCICO

(INSOLUBLE
EN AGUA)

(SOLUBLE
EN AGUA)

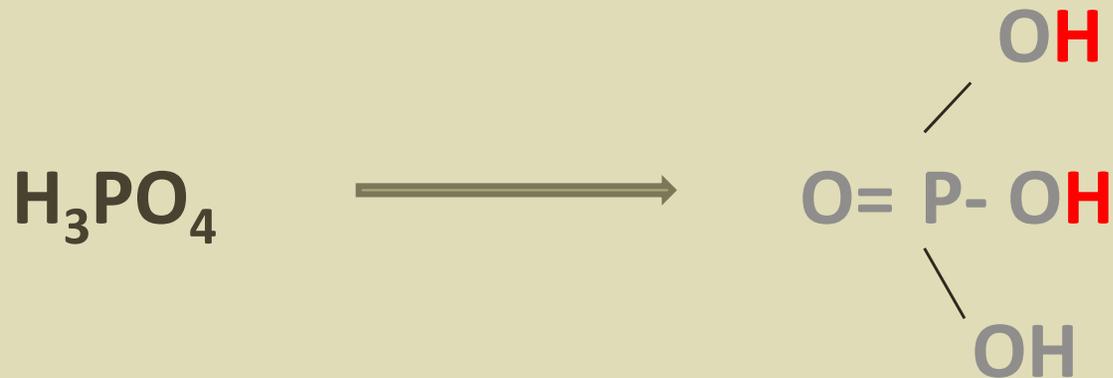
0-45-0 HCR: 80%

HA SIDO DESPLAZADO POR LOS FOSFATOS DE
AMONIO



RAZONES

FOSFATOS DE AMONIO



FOSFATOS DE AMONIO

CONTENIDO (%) DE N Y P₂O₅ DE LOS FOSFATOS DE AMONIO

	TEÓRICO		COMERCIAL	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
MONOAMÓNICO (FMA-MAP)	12,17	61,71	11	52
DIAMÓNICO (FDA-DAP)	21,19	53,73	18	46

FOSFATO DIAMÓNICO NORMAL: 18-46-0

FOSFATO DIAMÓNICO ESPECIAL: 16-42-0

NITROFOSFATOS

Proceso ODDA: ERLING JOHNSEN, 1928 (ODDA, NORUEGA)

ERLING JOHNSEN  NORKS HYDRO (1930)

A PARTIR DE 1938, FERTILIZANTES NPK



ROCA ÁCIDO NITRATO DE ÁCIDO
FOSFÓRICA NÍTRICO CALCIO FOSFÓRICO

SE ELIMINA EL NITRATO DE CALCIO POR SER HIGROSCÓPICO



FOSFATO
DICÁLCICO



+ SALES POTÁSICAS



NITROFOSKA (BASF)

(insoluble en **agua** pero soluble en citrato de amonio, es decir: DISPONIBLE

Ej: NITROFOSKA 15-15-15 (FERTILIZANTE COMPLEJO)

ROCA FOSFÓRICA COMO FERTILIZANTE

SU EFICIENCIA AGRONÓMICA DEPENDE DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA, FINURA, CARACTERÍSTICAS DEL SUELO, DEBE APLICARSE EN CULTIVOS PERMANENTES (PASTOS, FRUTALES,) Y CON UNA FUENTE DE FÓSFORO SOLUBLE PARA LA ETAPA INICIAL.



ROCA FOSFÓRICA PARCIALMENTE ACIDULADA

SE TRATA LA ROCA CON CANTIDADES VARIABLES DE ÁCIDO SULFÚRICO QUE NO ALCANZAN A TRANSFORMAR TODO EL P EN COMPUESTOS SOLUBLES

OTROS FOSFATOS

FOSFATOS TÉRMICOS

- NO TIENEN MUCHA IMPORTANCIA COMERCIAL
- SE CONOCEN SOBRE TODO EN EUROPA
- CON ALTAS TEMPERATURAS, SE LIBERA EL FOSFATO TRICÁLCICO DEL FLUOR EN LA HIDROXIAPATITA:
 $[(\text{Ca}_3\text{PO}_4)_2]_3 \cdot \text{CaF}_2$ Y SE FORMA

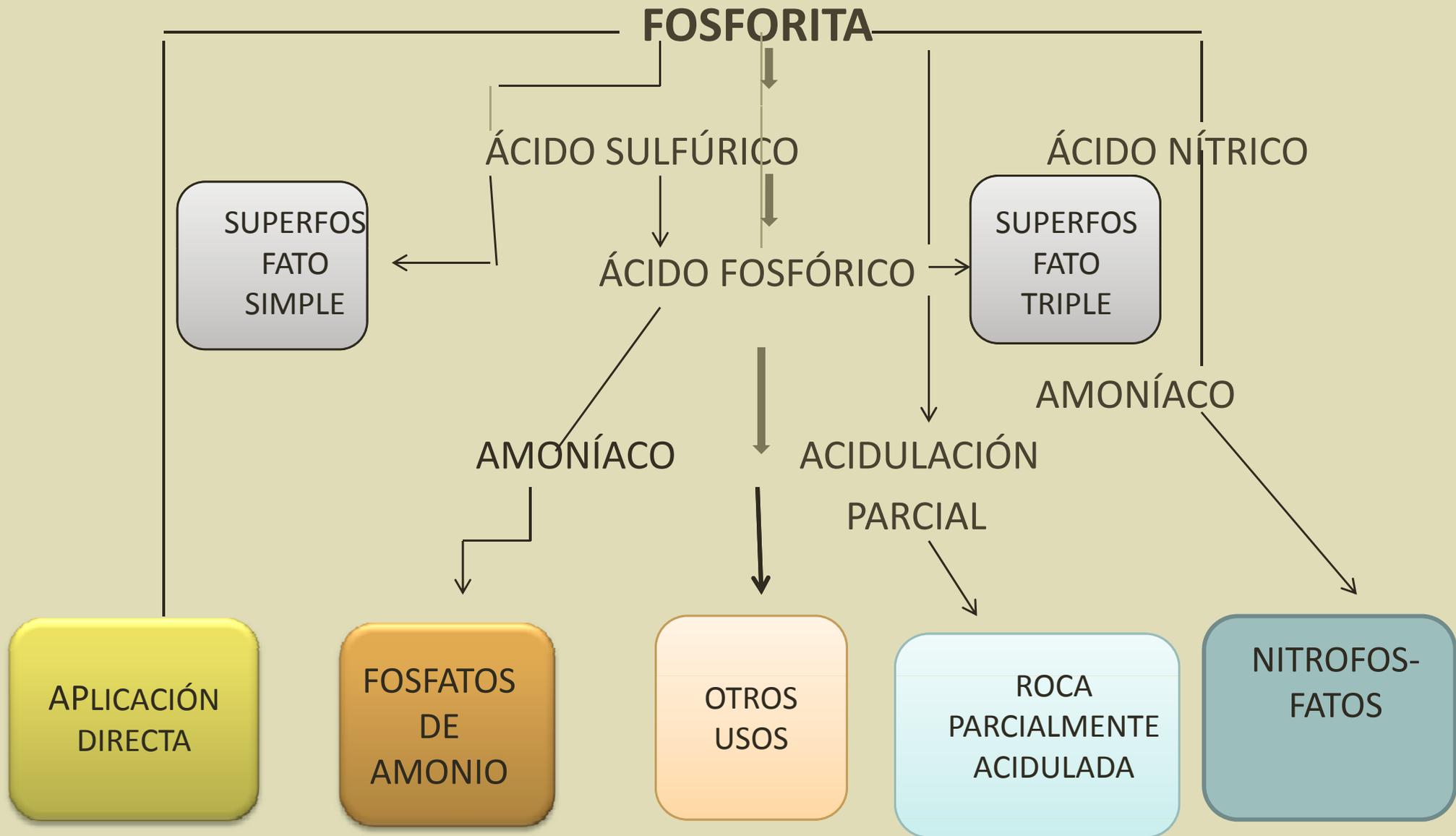
HIDROXIAPATITA : $[(\text{Ca}_3\text{PO}_4)_2]_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ Y

OXIAPATITA: $[(\text{Ca}_3\text{PO}_4)_2]_3 \cdot \text{CaO}$

ESTOS COMPUESTOS NO SON SOLUBLES EN AGUA, PERO SON SOLUBLES EN CITRATO DE AMONIO Y POR LO TANTO,

DISPONIBLES

FERTILIZANTES FOSFATADOS



FERTILIZANTES NITROGENADOS

LOS SABIOS Y FILÓSOFOS ANTIGUOS CREÍAN QUE
LAS PLANTAS ABSORBÍAN EL N

- DIRECTAMENTE DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO
 - DEL AIRE

FUENTES NATURALES DE N PARA LAS PLANTAS

- MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO (DEBE MINERALIZARSE)
- DESCARGAS ELÉCTRICAS
- FIJACIÓN SIMBIÓTICA
- FIJACIÓN NO SIMBIÓTICA
- FUENTES MINERALES (SALITRE CHILENO)
- GUANO

FERTILIZANTES NITROGENADOS

SALITRE CHILENO

LA EXPLOTACIÓN DE ESTE MINERAL DENOMINADO “CALICHE”, COMENZÓ EN 1810. SE TRATA DE UNA MEZCLA DE SALES, PREDOMINANDO NaNO_3 .

PRIMEROS USOS: EXPLOSIVOS Y ÁCIDO NÍTRICO, LUEGO USO AGRÍCOLA.



UBICACIÓN: FRANJA DE 720 KM LARGO Y ANCHO: 16-20 KM

CHILE TUVO UN GRAN DESARROLLO ECONÓMICO, DEBIDO A LA DENOMINADA “FIEBRE DEL SALITRE”

SALITRE CHILENO (CONTINUACIÓN)



EL CALICHE CONTIENE ADEMÁS KNO_3 ,
 NaCl , Mg , Na_2SO_4 , BORATOS Y OTROS.

SEPARACIÓN: CRISTALIZACIÓN
SELECTIVA

$\text{NaNO}_3 = 16 \% \text{ N}$

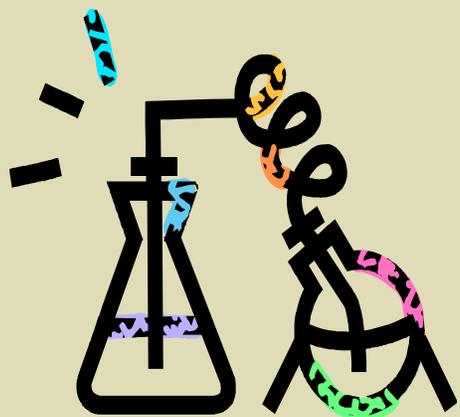
EL MONOPOLIO SE MANTUVO HASTA QUE
SE IMPUSO EL NH_3 Y SUS DERIVADOS.

CONSECUENCIA: CRISIS DEL SALITRE

DESIERTO DE ATACAMA



AMONÍACO



AIRE: 78 % N

EN 1904 FRITZ HABER INICIÓ ESTUDIOS



EN 1909: 30 g AMONÍACO POR HORA

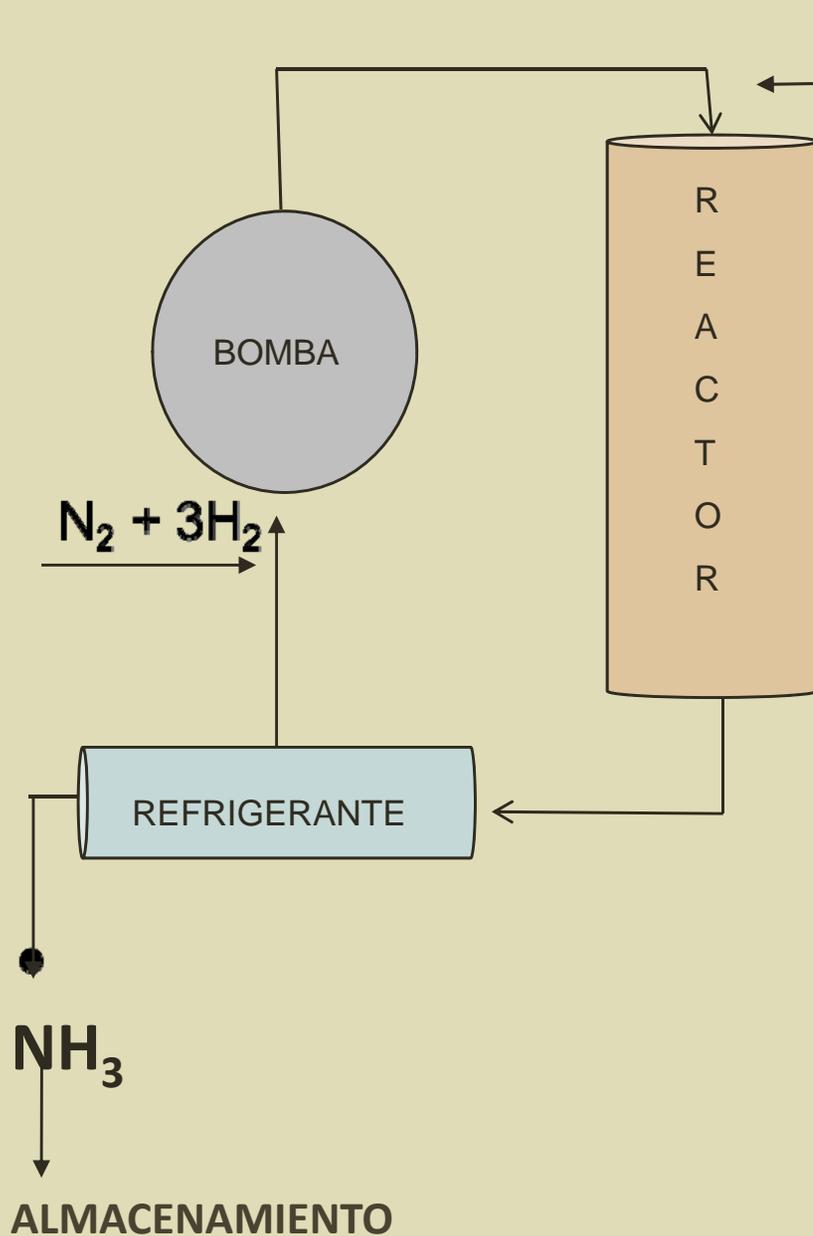
1913: HABER CON CARL BOSCH: 30 TON/DÍA

**SÍNTESIS DEL AMONÍACO: PIEDRA ANGULAR EN LA HISTORIA
DE LA HUMANIDAD**

**INDUSTRIA DEL AMONÍACO: DESPLIEGUE DE APLICACIÓN DE
CONOCIMIENTOS QUÍMICOS, DE EQUILIBRIOS, DE PROCESOS**

**EL AMONÍACO: FERTILIZANTES Y OTROS USOS
MÁS DEL 95 % DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS
DERIVAN DEL AMONÍACO**

SÍNTESIS DEL AMONÍACO



N_2 (AIRE) H_2 (METANO)



PRESIÓN, TEMPERATURA,

CATALIZADOR

ETAPAS DE LA SÍNTESIS DEL AMONÍACO

MATERIA PRIMA: N_2 (AIRE) : DESTILACIÓN FRACCIONADA

H_2 DEL CH_4 (CONVERSIÓN DEL METANO)

ETAPAS DE LA SÍNTESIS:

1) PREPARACIÓN DE LOS GASES DE SÍNTESIS EN PROPORCIÓN

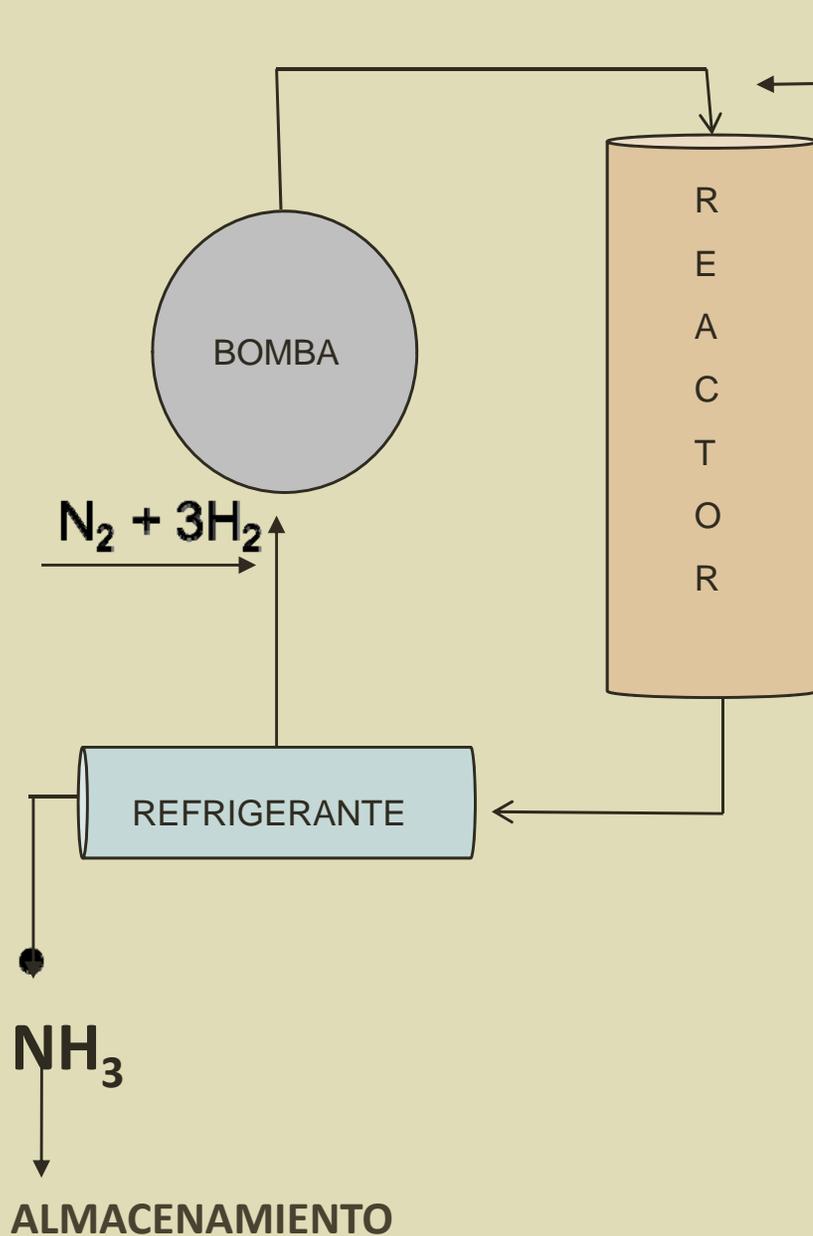
$N:H = 1:3$

SUBPRODUCTO: CO_2 \Rightarrow SÍNTESIS DE UREA

2) SÍNTESIS Y SEPARACIÓN DEL AMONÍACO

EFICIENCIA: 20-25 %

SÍNTESIS DEL AMONÍACO



N_2 (AIRE) H_2 (METANO)



PRESIÓN, TEMPERATURA,

CATALIZADOR

NUEVO CONVERTIDOR DE NH₃ PARA UNA CAPACIDAD DE 1800TM DIARIAS



TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AMONÍACO



dfcmf.en.alibaba.com

Ammonia Sphere



www.alibaba.com

BNH Gas Tanks

www.bnhgastanks.com www.bnhgastank.com

bnhgastanks@gmail.com



AMONÍACO COMO FERTILIZANTE

1) COMO GAS: NH_3 ANHIDRO (82,3 % N)

EL AMONÍACO ES UN GAS EN CONDICIONES NORMALES

ALMACENAMIENTO: $-33\text{ }^\circ\text{C}$ (LÍQUIDO)

TANQUES DE ALTA PRESIÓN (GAS)

APLICACIÓN EN EL SUELO:

TEXTURA, HUMEDAD, PROFUNDIDAD DE APLICACIÓN

EFFECTO SOBRE LOS MICRORGANISMOS DEL SUELO

EQUIPOS ESPECIALES

RIESGOS

VENTAJAS

DESVENTAJAS

Equipo de aplicación de AMONÍACO

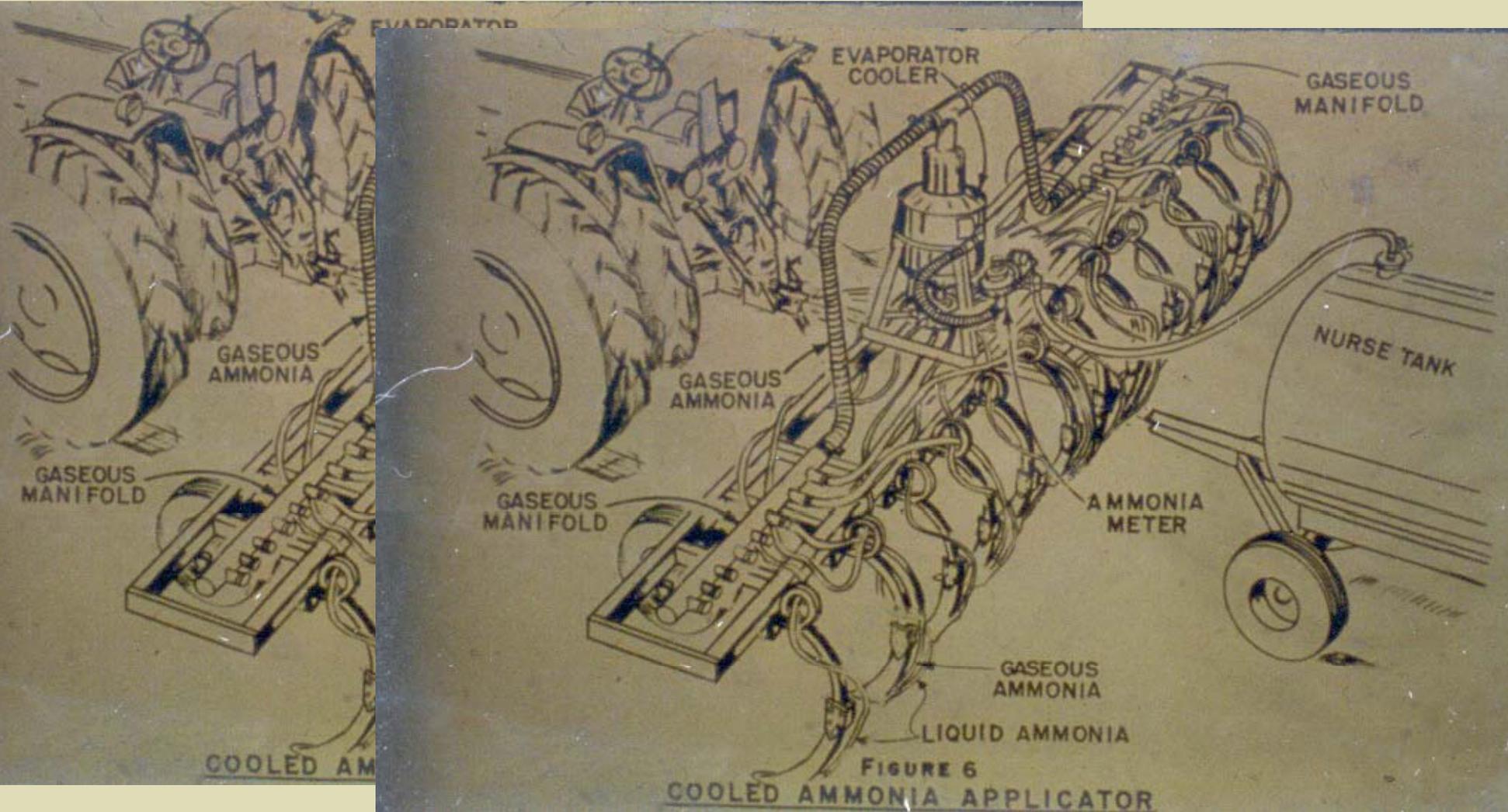




FIGURE 7
CONVENTIONAL DUAL APPLICATION KNIFE



FIGURE 2
ANHYDROUS AMMONIA APPLICATOR
WITH 65-FOOT SWATH

Equipo de aplicación de AMONÍACO



SOLUCIONES DE AMONÍACO

2) Solución: 25 % NH_3

Soluciones nitrogenadas con y sin presión

Equipos

Ventajas

Desventajas

Soluciones nitrogenadas

AMONÍACO, NITRATO DE AMONIO Y UREA

Ej: 410 (19 - 58 - 11)

410 kg N
en 1000 kg
solución

%

NH_3
AMONÍACO

%

NH_4NO_3
NITRATO DE
AMONIO

%

$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
UREA

SOLUCIONES NITROGENADAS

SOL. NITROGENADAS SIN PRESIÓN.

CONTIENEN NITRATO DE AMONIO Y UREA. SON LAS MÁS UTILIZADAS. VENTAJAS. (UAN-NAU-UNA ???). EJEMPLOS:

280(**0**-40-31)

200(**0**-57-0)

SOL NITROGENADAS CON BAJA PRESIÓN

370(**17**-67-0)

371 (**16**-58-8)

SOL. NITROGENADAS CON ALTA PRESIÓN

508 (**43** - 45 - 0)

490(**33**-45-13)

454(**37**-0-33)

OTRAS FUENTES DE AMONÍACO E HIDRÓGENO

AMONÍACO:

SUBPRODUCTO DE LA GASIFICACIÓN DE LA HULLA

ENTRE 5 Y 10 % DEL AMONÍACO (CHINA, INDIA, GRECIA, TURQUÍA, TAILANDIA, PAQUISTÁN, SURÁFRICA)

HIDRÓGENO:

ELECTRÓLISIS:

MATERIA PRIMA: AGUA. SUBPRODUCTO: OXÍGENO Y AGUA PESADA (USADA EN REACTORES NUCLEARES)

SULFATO DE AMONIO

21-0-0

OBTENCIÓN



21 % N Y 24 % S HCR: 75%

REACCIÓN EN EL SUELO

ES MÁS ACIDIFICANTE QUE EL AMONÍACO
Y QUE LA UREA

DERIVADOS DEL AMONÍACO...(CONTINUACIÓN)

ÁCIDO NÍTRICO



} **NO_x**

ETAPAS:

- OXIDACIÓN CATALÍTICA DEL AMONÍACO
- OXIDACIÓN DEL ÓXIDO NÍTRICO A DIÓXIDO DE N
- ABSORCIÓN DEL DIÓXIDO DE N EN AGUA

ECUACIÓN
GENERAL:



(GAS)

(GAS)

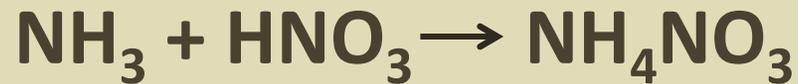
(LÍQUIDO)

(LÍQUIDO)

(CATALIZADOR + COMÚN: PLATINO + RODIO)

DERIVADOS DEL AMONÍACO...CONTINUACIÓN

NITRATO DE AMONIO



NITRATO DE AMONIO PURO: 35 % N

IMPORTANCIA PARA LA
NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS

17,5% **AMONIACAL**

17,5 % **NÍTRICO**

DESVENTAJAS:

HIGROSCOPICIDAD (**HCR: 59,4 %**), RIESGO DE EXPLOSIÓN,
REGULACIONES

SU USO AUMENTÓ DESPUÉS DE 1945 Y SUPERÓ AL SULFATO
DE AMONIO

DERIVADOS DEL AMONÍACO...CONTINUACIÓN

NITRATO DE AMONIO CALCÁREO

NITRATO DE AMONIO + CAL CALCÍTICA O DOLOMÍTICA
(SOLUCIÓN CONCENTRADA)

60 % NITRATO DE AMONIO Y 40 % DE CARBONATO DE CALCIO

VENTAJAS
DESVENTAJAS

21 % N

SUELOS ÁCIDOS

10,5 %

10,5 %

AMONIACAL

NÍTRICO

DERIVADOS DEL AMONÍACO...CONTINUACIÓN

NITRATO DE CALCIO



b) COMO SUBPRODUCTO DE LA FÁBRICA DE
NITROFOSFATOS

SE HIZO POPULAR EN EUROPA: NORKS HYDRO (NORUEGA) Y EN
PORTUGAL

MUY HIGROSCÓPICO: HCR: 46 %

DERIVADOS DEL AMONÍACO...CONTINUACIÓN

COLORURO DE AMONIO

26-0-0



COLORURO DE
AMONIO

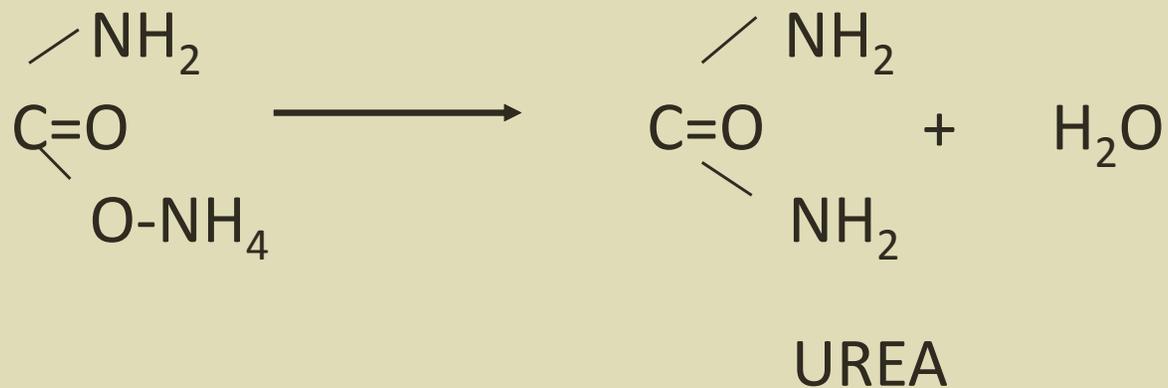
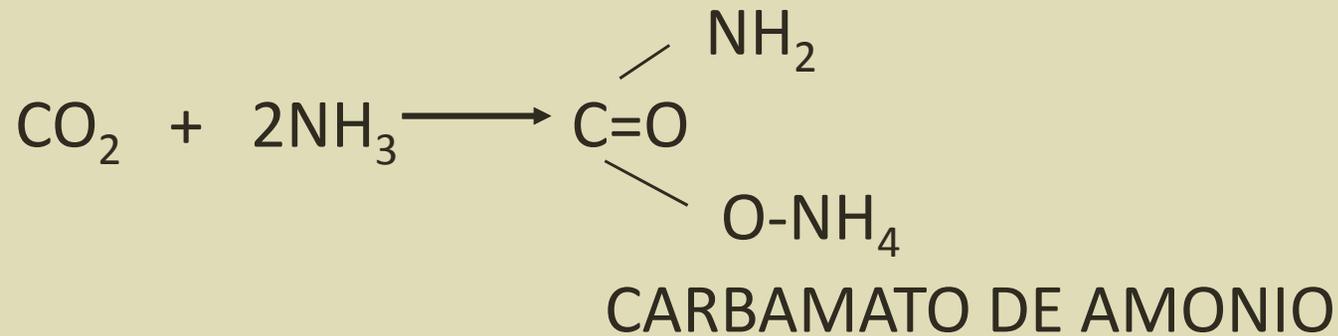
CHINA Y JAPÓN EN ARROZ



DERIVADOS DEL AMONÍACO...CONTINUACIÓN

UREA

OBTENCIÓN



UREA. Algo de historia

- Fue aislada a partir de la orina en 1773
- Fue el primer compuesto orgánico sintetizado a partir de sustancias inorgánicas
- Había muchas dudas sobre su uso porque: contenía biuret (tóxico a plántulas y semillas, toxicidad del amoníaco derivado de la hidrólisis, pérdida de NH_3 al aplicarlo a la superficie del suelo).

Actualmente se sabe que es tan bueno como cualquier otro fertilizante si se usa adecuadamente



UREA....Continuación

Urea pura: 46,6 % de N **HCR: 73 %**

Urea Agrícola: 45-46 % de N

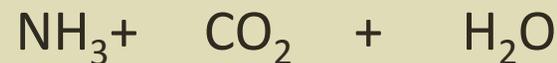
Generalmente: 46 % N:

46-0-0

REACCIÓN EN EL SUELO:



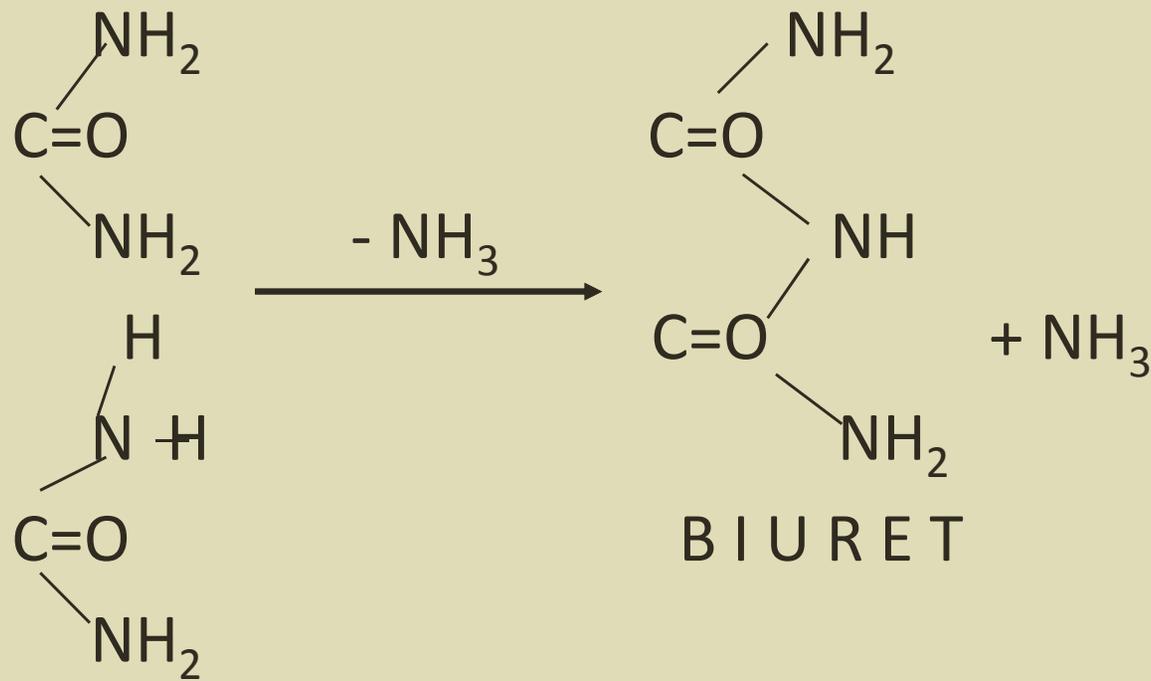
↓
CARBONATO DE AMONIO



UREA- Presencia de biuret

Contenido permitido:

Formación de biuret:



FERTILIZANTES POTÁSICOS

APORTES DE POTASIO

CENIZAS

SALITRE CHILENO

MINAS DE ALEMANIA

(DEPÓSITOS ENTERRADOS DE CARNALITA EN STASSFURT)

OTRAS MINAS

LAGOS SALADOS

EL 95 % DEL POTASIO MUNDIAL: AGRICULTURA

EL POTASIO LO ABSORBE LA PLANTA COMO CATION (K^+)

EL POTASIO PERMANECE EN LA PLANTA COMO CATION (K^+)



MINERALES POTÁSICOS



NOMBRE	COMPOSICIÓN	% K ₂ O
SILVINA	KCl	63,1
SILVINITA	KCl.MgCl ₂ .6H ₂ O	35,3
CARNALITA	KCl.MgSO ₄ .3H ₂ O	17,0
KAINITA	K ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .3H ₂ O	18,9
POLIHALITA	K ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .2CaSO ₄ .2H ₂ O	15,5
LANGBEINITA	K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄	22,6
NIRATO POTÁSICO	KNO ₃	46,5

RESERVAS MUNDIALES DE POTASIO

POCOS PAÍSES:

CANADÁ

RUSIA

ALEMANIA

ESTADOS UNIDOS

ISRAEL

FRANCIA

JORDANIA

ESPAÑA

INGLATERRA

BRASIL

CHILE

SÓLIDOS Y SALMUERAS

SALMUERAS: EVAPORACIÓN. COMPOSICION QUÍMICA Y DIAGRAMA DE SOLUBILIDAD.

DEPÓSITOS SÓLIDOS: MOLIENDA, DISOLUCIÓN EN CALIENTE Y CRISTALIZACIÓN SELECTIVA. VARIABILIDAD Y DIAGRAMA DE SOLUBILIDAD



FERTILIZANTES POTÁSICOS MÁS USADOS

EL MÁS USADO:

0-0-60

CLORURO DE POTASIO: KCl 60% K₂O (HCR: 70%)

PARA CULTIVOS QUE NO TOLERAN LOS CLORUROS

SULFATO DE POTASIO: K₂SO₄ 50 % K₂O

0-0-50

OBTENCIÓN:

HCR: 75 %



PROCESO MANHEIM



FERTILIZANTES POTÁSICOS MÁS USADOS...(CONTINUACIÓN)

NITRATO DE POTASIO (KNO₃)

14-0-46

MUY CONCENTRADO, MUY COSTOSO. EXISTE EN PEQUEÑOS YACIMIENTOS EN INDIA, EGIPTO, CHINA. EN EL CALICHE (CHILE) 2-3%. HCR: 90,5 %

SINTÉTICO:



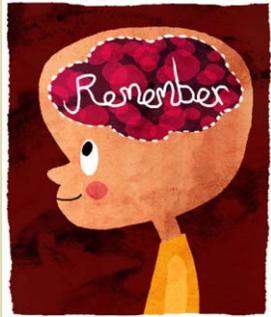
HIGROSCOPICIDAD DE ALGUNOS FERTILIZANTES Y SUS MEZCLAS

HUMEDAD CRÍTICA RELATIVA (%)

	Fertilizante	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Nitrato de amonio	55							
2	Sulfato de amonio	55	75						
3	Urea	18	55	70					
4	Fosfato diamónico	55	70	50	70				
5	Fosfato monoamónico	55	70	55	70	70			
6	Superfosfato triple	50	70	60	75	80	80		
7	Cloruro de potasio	55	70	50	65	65	65	70	
8	Sulfato de potasio	55	70	50	65	65	75	75	75

Tomado de: Guía de Fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales. 2012.
Agroeditorial; Fertilizar, Asociación Civil. Buenos Aires, Argentina

FERTILIZANTES PORTADORES DE ELEMENTOS SECUNDARIOS Y MICRONUTRIENTES



RECORDEMOS:

- ✓ LOS ELEMENTOS SECUNDARIOS (Ca, Mg Y S: MENOR CANTIDAD QUE N, P Y K. LOS MICRONUTRIENTES, AÚN EN CANTIDADES MENORES
- ✓ SU NECESIDAD SURGIÓ MUCHO DESPUÉS QUE N,P Y K,
- ✓ POR: AUMENTO EN RENDIMIENTOS
PRODUCTOS C/VEZ MÁS CONCENTRADOS
- ✓ NO SIEMPRE ES NECESARIO APLICARLOS. DEPENDE DEL CULTIVO Y DEL SUELO

FUENTES PORTADORAS DE ELEMENTOS SECUNDARIOS

Mg

Ca

S

Algunas fuentes portadoras de calcio

Fuente	Fórmula Química	% Ca
Materiales de encalado		
Cal calcítica	CaCO_3	33
Cal dolomítica	$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$	21
Escorias básicas	CaSiO_3	29
Fertilizantes		
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	19
Nitrato de amonio cálcico	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$	
Roca fosfórica	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$	33
Superfosfato simple	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	20
Superfosfato triple	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	13
Enmiendas		
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	22

Algunas fuentes portadoras de magnesio

Fuente	Fórmula Química	% Mg
Dolomita	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	8-20
Cloruro de magnesio	MgCl_2	25
Kieserita	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	18-26
Sulfato de magnesio anhidro	MgSO_4	20
Sal de Epsom	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10
Nitrato de magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	13
Óxido de magnesio	MgO	54-58
Sulfato de potasio y magnesio	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$	11
Carbonato de Mg (magnesita)	MgCO_3	28

Algunas fuentes portadoras de Azufre

Fuente	Fórmula química	% S
Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	24
Tiosulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$	26
Sal de Epsom	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	13
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	19
Sulfato de potasio y magnesio	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$	22
Sulfato de potasio	K_2SO_4	18
Superfosfato simple	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	12-14
Superfosfato triple	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1

FUENTES PORTADORAS DE MICRONUTRIENTES

B

Cu

Fe

Mn

Mo

Zn

ALGUNAS FUENTES PORTADORAS DE MICRONUTRIENTES

ELEMENTO	FUENTE	SOLUBILIDAD EN AGUA	% DEL ELEMENTO
Boro	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (borato-fert)	Soluble	20
	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (borax)	Soluble	11
	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Colemanita)	Lig. Soluble	10
Cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Soluble	25
	CuO	Insoluble	75
Hierro	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Soluble	20
	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Soluble	20
	FeEDDHA (quelato)	Soluble	6

ALGUNAS FUENTES PORTADORAS DE MICRONUTRIENTES(continuación)

ELEMENTO	FUENTE	SOLUBILIDAD EN AGUA	% DEL ELEMENTO
Manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	Soluble	24-30
	MnCO_3	Insoluble	31
	MnO	Insoluble	30-50
Molibdeno	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Soluble	39
	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	Soluble	49
	MoO_3	Insoluble	66
Zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Soluble	36
	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Soluble	22
	ZnO	Insoluble	60-78
	ZnEDTA (Quelato)	Soluble	6-14

CONSIDERACIONES FINALES

EL CONOCIMIENTO DE LOS FERTILIZANTES INORGÁNICOS, SU ORIGEN, OBTENCIÓN, PROPIEDADES Y REACCIÓN EN EL SUELO, CONTRIBUYE A SU ADECUADA UTILIZACIÓN

¿Cómo?

Unido a: Fuentes, forma y dosis de aplicación, análisis de suelo, cultivo, clima y prácticas de manejo.

→ **USO EFICIENTE**

PERSPECTIVAS



¡GRACIAS!