



Simposio

Potasio en Sistemas Agrícolas de Uruguay

Mercedes, Soriano – 28 de Mayo de 2013



Manejo de la fertilización potásica

Fuentes y Formas de aplicación

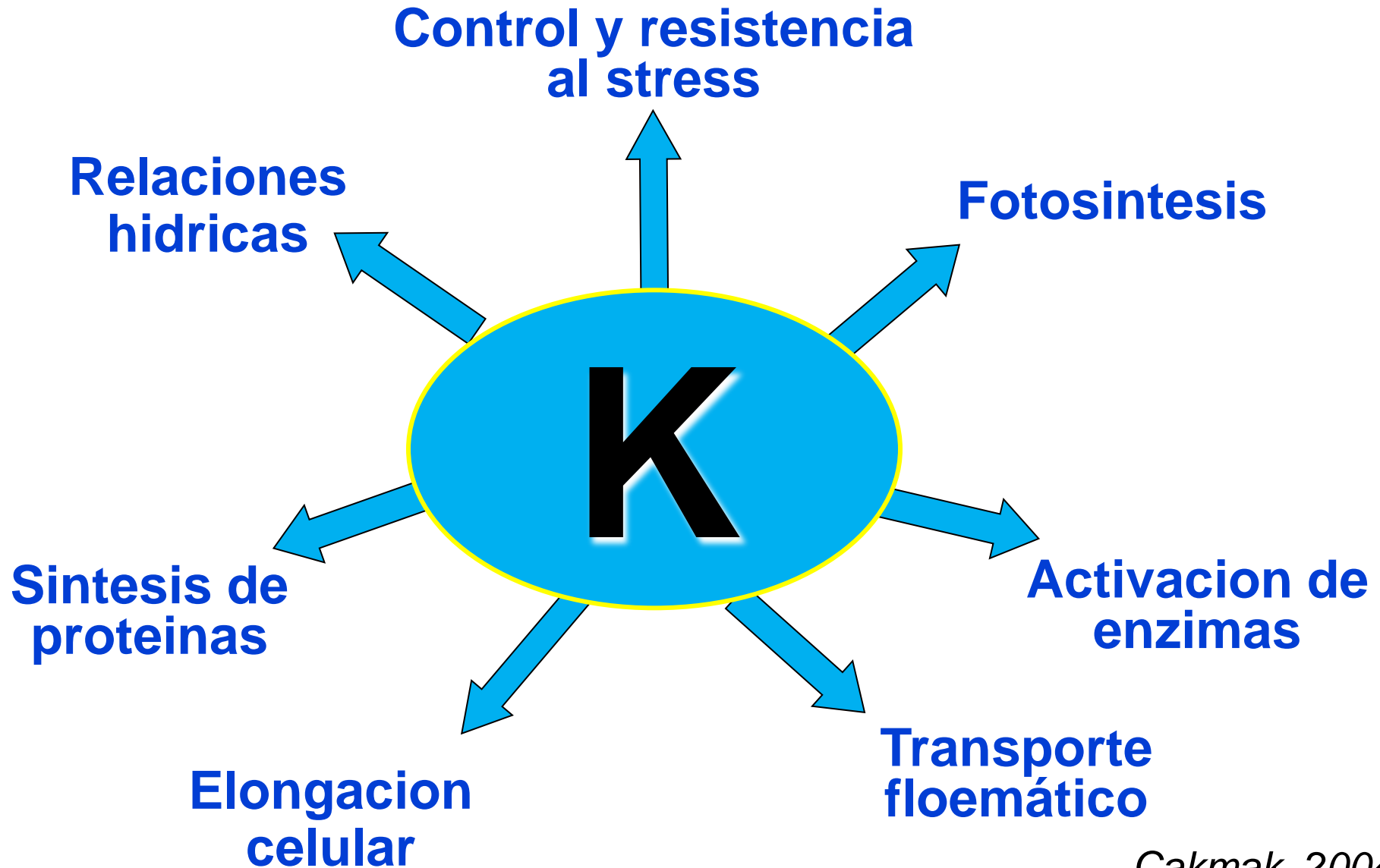
Fernando O. García

Instituto Internacional de Nutrición de Plantas

<http://lacs.ipni.net/> - fgarcia@ipni.net



Rol del K en las plantas



Síntomas de deficiencia de nutrientes



Hoja jóvenes

- Calcio
- Azufre
- Manganeso
- Hierro
- Boro
- Zinc
- Cobre
- Molibdeno

Hoja viejas

- Nitrógeno
- Fósforo
- **Potasio**
- Magnesio



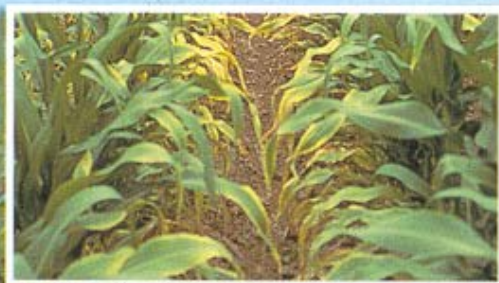
- *Por lo general, muestra una clorosis (amarillamiento) que comienza en la punta de la hoja y procede hacia la base de la hoja y a lo largo del borde de la hoja*
- *Por lo general, se produce en las hojas viejas (especialmente en pastos), pero la soja pueden mostrar síntomas en las hojas más jóvenes*
- *Confirmar sintomatología visual con análisis de suelo*

Usualmente, los tejidos viejos muestran las primeras deficiencias



Deficiencias de K en soja



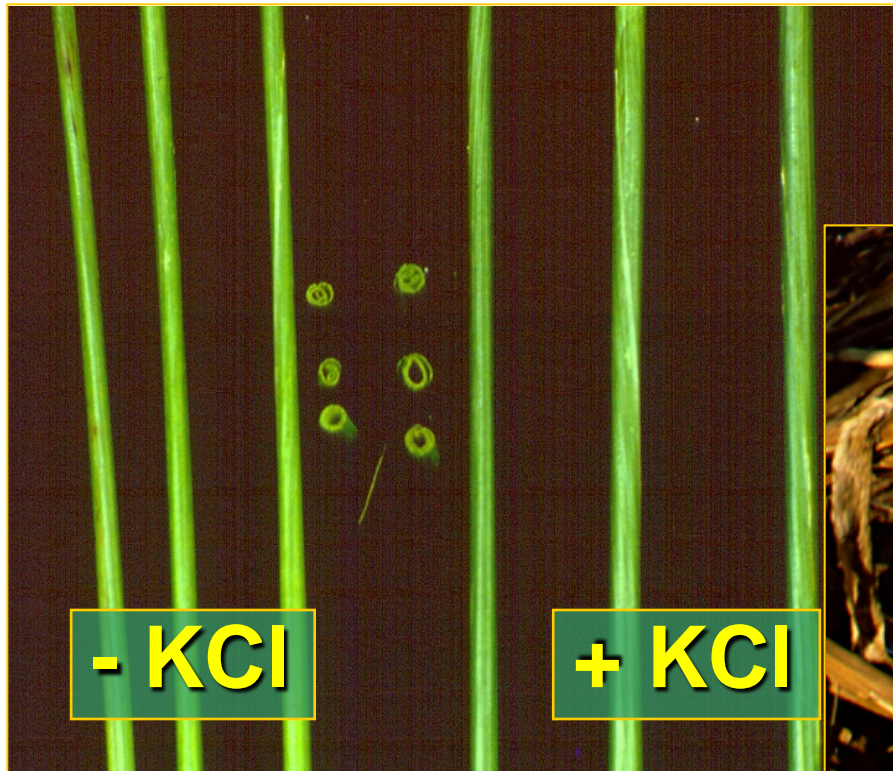


Deficiencias de K en maiz

Resistencia del tallo



El K incrementa la resistencia a vuelco



Tallos débiles: Vuelco

Deficiencia de K en trigo





Manzano



Deficiencia Leve



Deficiencia Severa



Papa

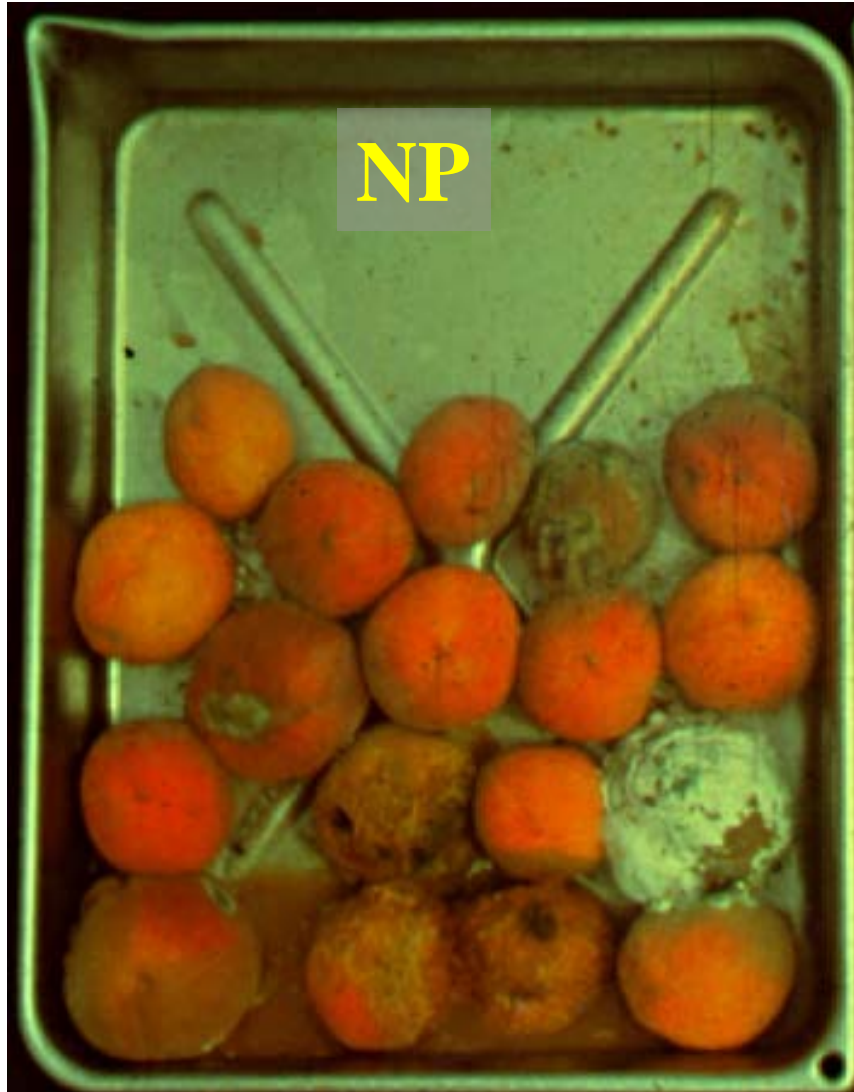


Uva



Alfalfa

Efecto del K en la calidad del fruto



Potasio



Requerimientos de los cultivos

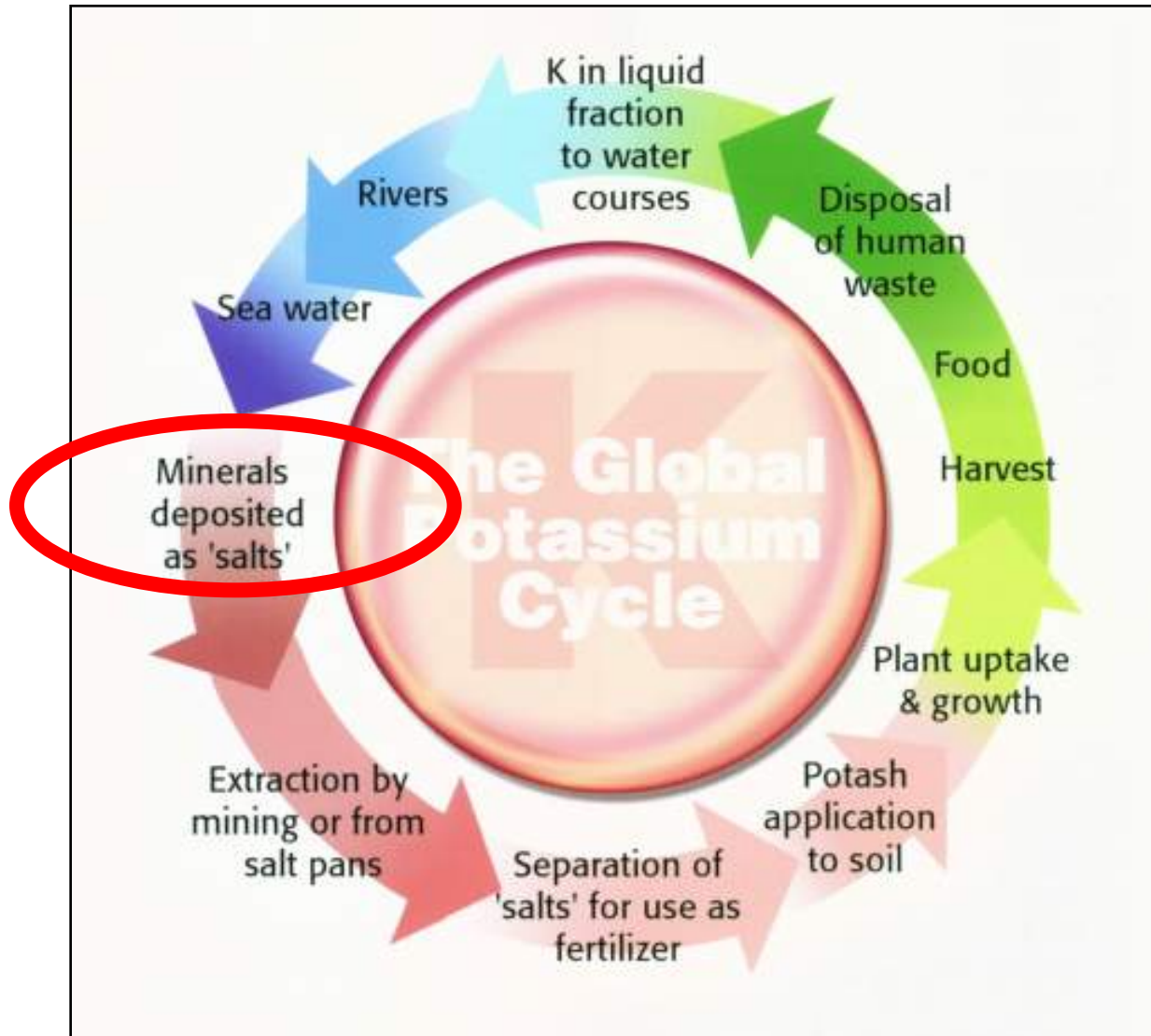
**Soja de 4000 kg/ha
absorbe 140 kg de K y extrae 68 kg de K**

**Maíz de 10000 kg/ha
absorbe 170 kg de K y extrae 35 kg de K**

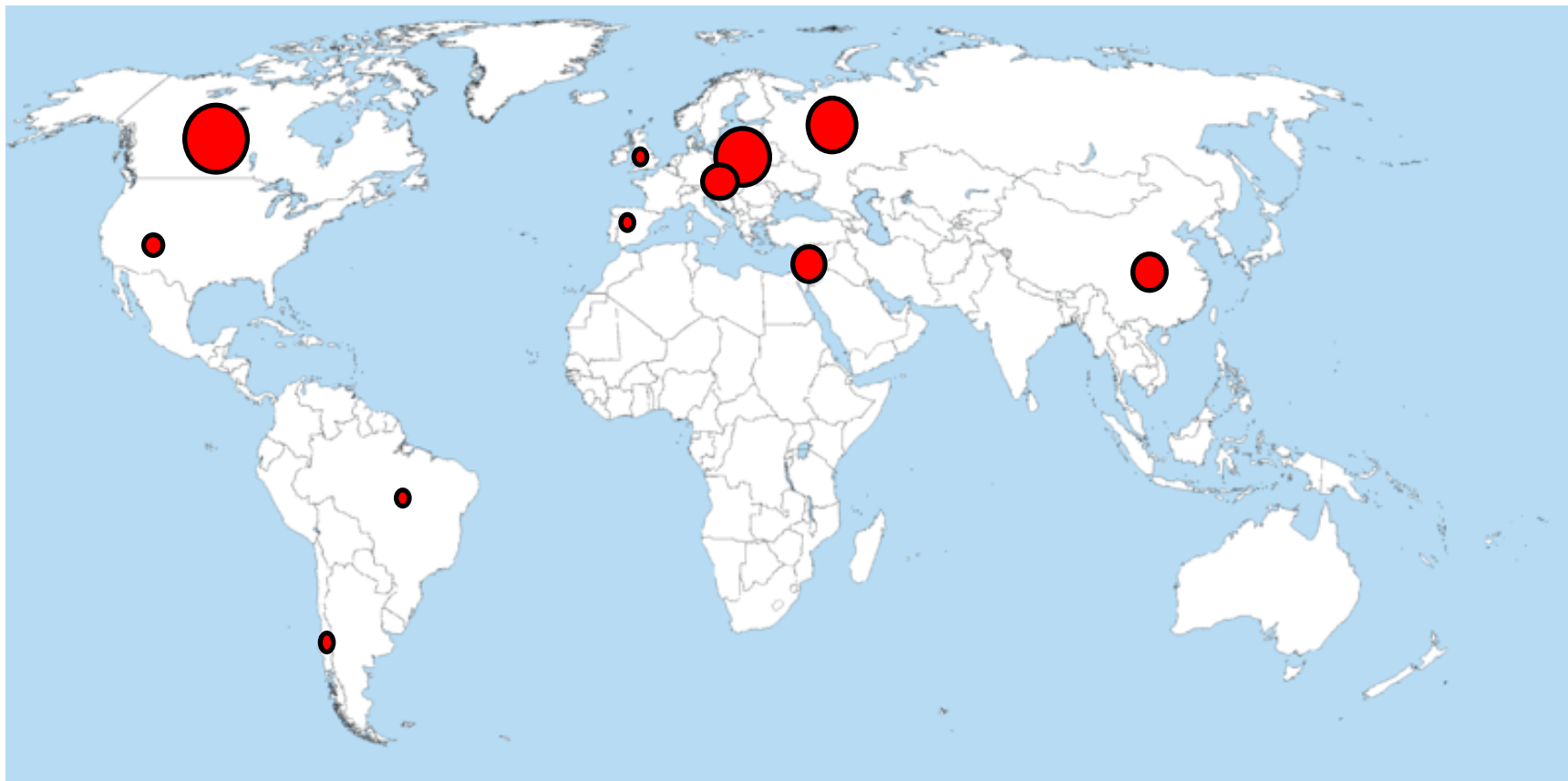
**Alfalfa de 15000 kg MS/ha
absorbe 315 kg de K**

AZÚCAR			
Alfalfa	21	-	-

El K cicla en ecosistemas complejos para sostener la vida vegetal y animal



Los fertilizantes potásicos se extraen y producen en muchas partes del mundo



Hay muchos mas depósitos localizados en todo el mundo (tamaño del círculo proporcional a la producción en 2009)

¿De donde viene el potasio?

Todos los depósitos comerciales de potasa provienen de fuentes marinas:

1. Antiguos lechos marinos actualmente enterrados
2. Salmueras de agua salada



Minerales potásicos mas comunes



Mineral	Composición	Contenido K ₂ O (% approx.)
<u>Cloruros:</u>		
Silvinita	KCl·NaCl	28
Silvita	KCl	63
Carnalita	KCl·MgCl ₂ ·6H ₂ O	17
Kainita	4KCl·4MgSO ₄ ·11H ₂ O	18
<u>Sulfatos:</u>		
Polihalita	K ₂ SO ₄ ·2MgSO ₄ ·2CaSO ₄ ·2H ₂ O	15
Langbeinita	K ₂ SO ₄ ·2MgSO ₄	22
Schoenita	K ₂ SO ₄ ·MgSO ₄ ·4H ₂ O	23
<u>Nitratos:</u>		
Nitrato de K	KNO ₃	46

La potasa se obtiene a través de:

- **Minería convencional subterránea**

- **Minería de solución**

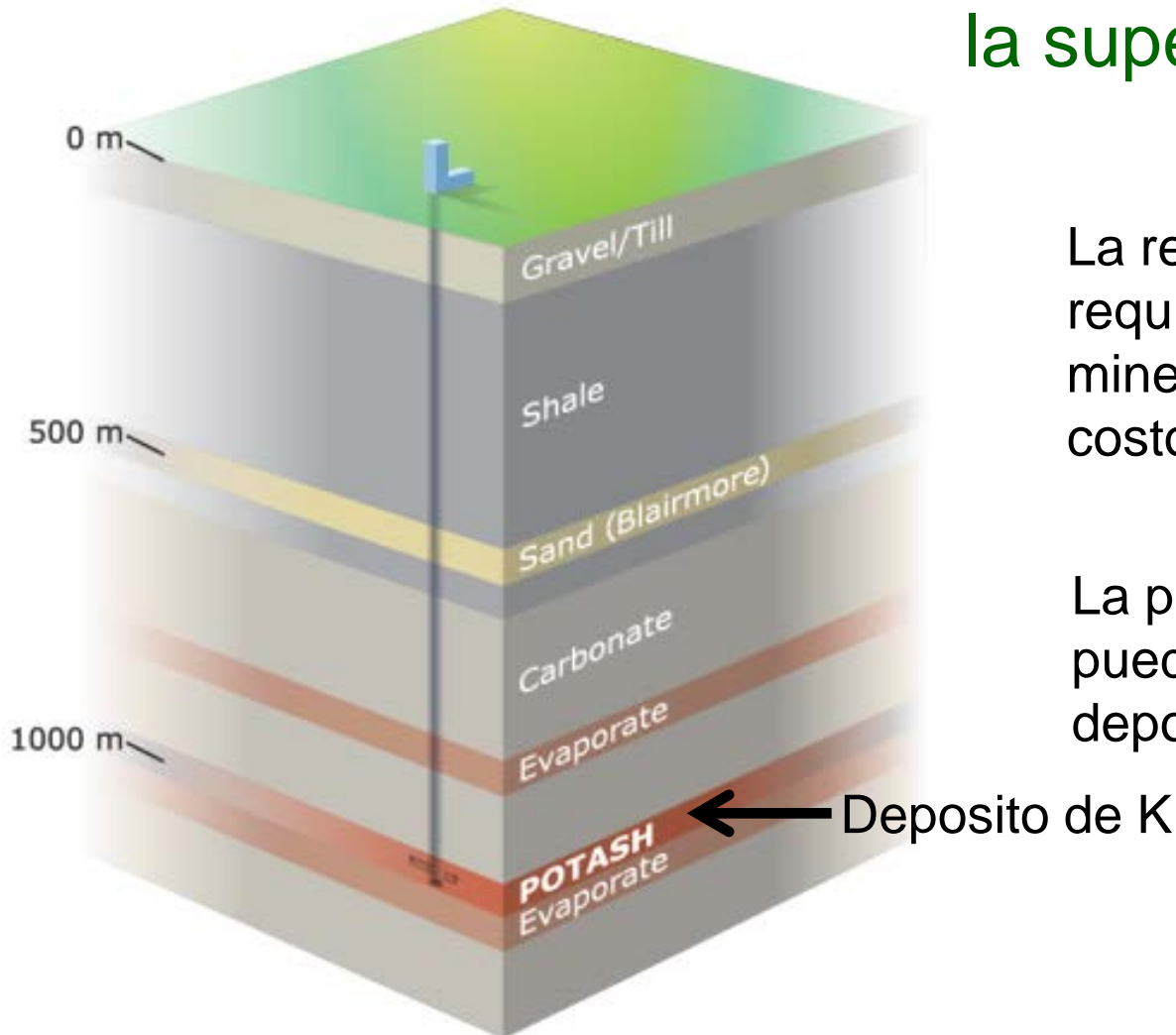
La mayoría de los depósitos están muy profundos para minería superficial

- **Evaporación de salmueras**

Cuerpos de agua como el Mar Muerto y el Gran Lago Salado de Utah (GSL)



Los mayores depósitos de K están a profundidad de la superficie terrestre



La recuperación del K requiere técnicas de minería complejas y costosas

La profundidad del mineral puede limitar el acceso al depósito

Ejemplo: Depósitos de Saskatchewan (Canadá)

Minería subterránea convencional

Pozos verticales perforados hasta la profundidad del depósito de potasa

Los ascensores están instalados para proporcionar acceso a los equipos, los trabajadores, y para extraer el mineral



Minería subterránea convencional

- Perforaciones verticales
- Las vetas de mineral se exploran y extraen con maquinas de minería o por explosión, según la formación geológica específica
- Las maquinas utilizadas dependen de la formación geológica

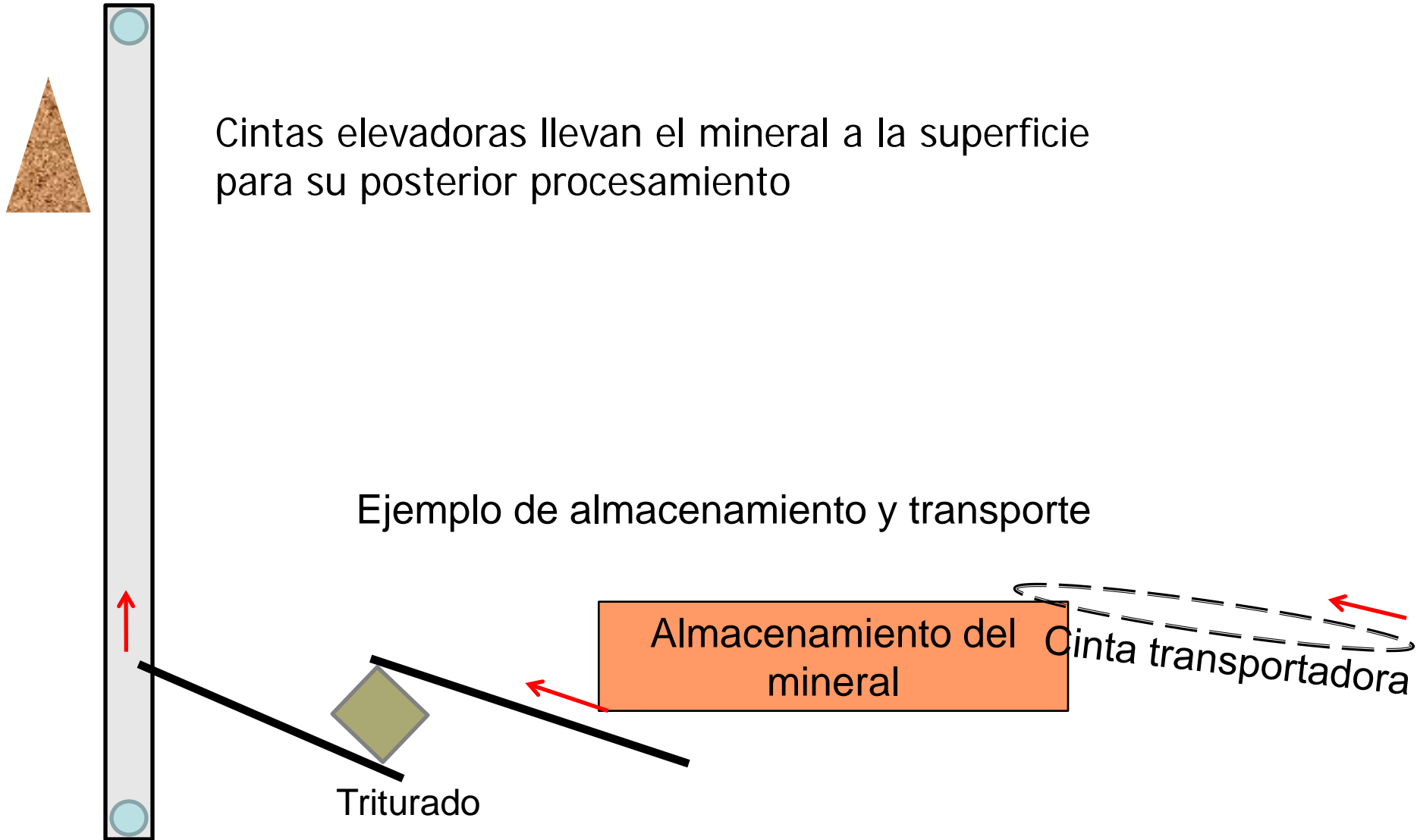


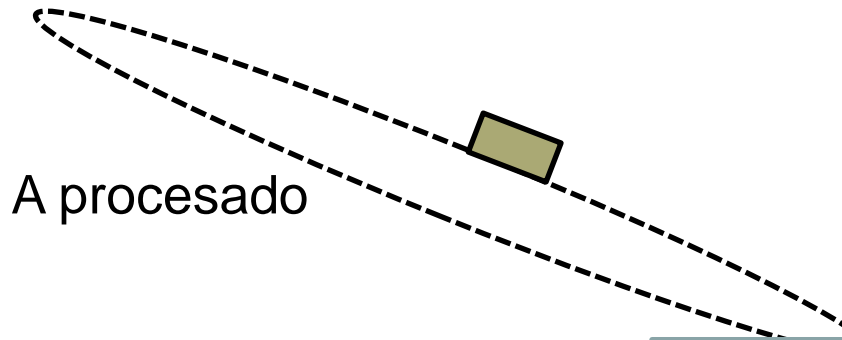
Minería subterránea convencional

El minerales es transportado con cintas transportadoras o carros desde la mina en profundidad al área de procesado

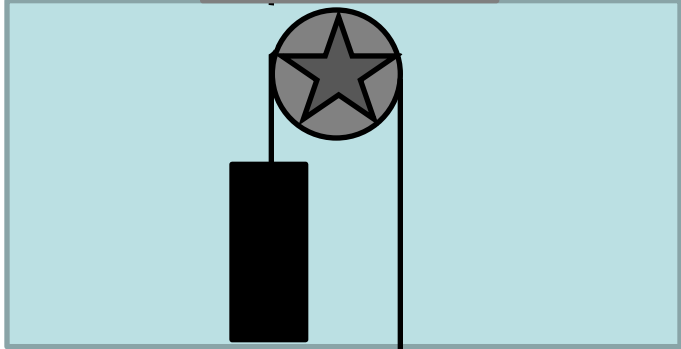


Minería subterránea convencional





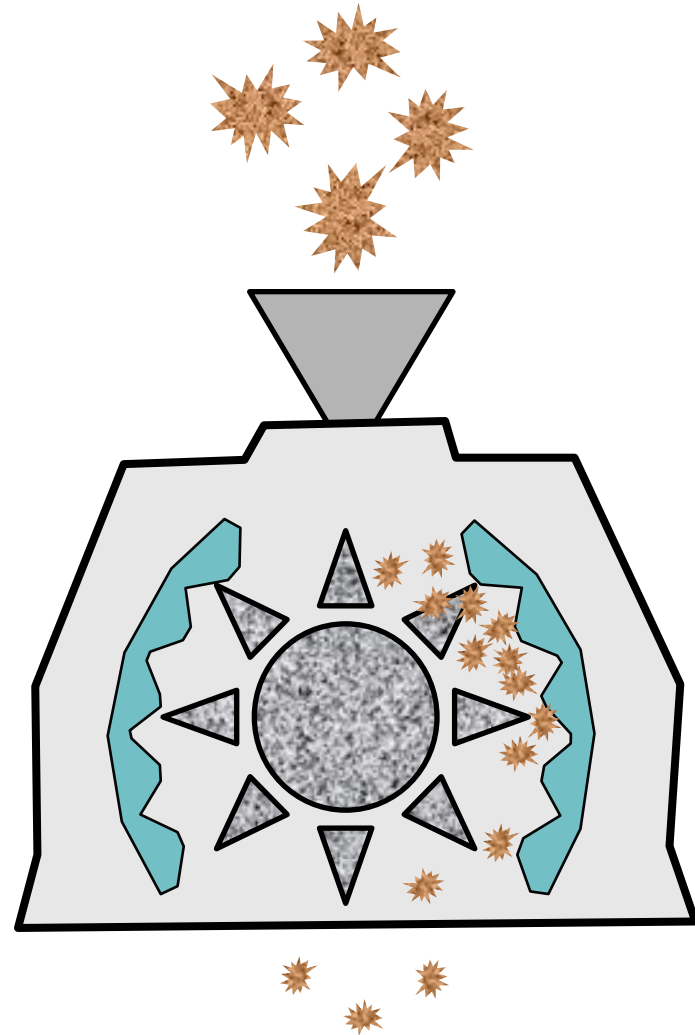
Cintas elevadoras
para llevar el
mineral a superficie



Deposito de potasa

Triturado y tamizado

Reduccion del tamaño de particula a <2 mm prior para separar los minerales de K de las arcillas y otros minerales



Lavado y separación en húmedo

El mineral potásico es lavado y agitado con una solución salina saturada para remover arcillas e impurezas



Flotación



Los minerales con potasio suben a la superficie de las celdas de flotación y se retiran

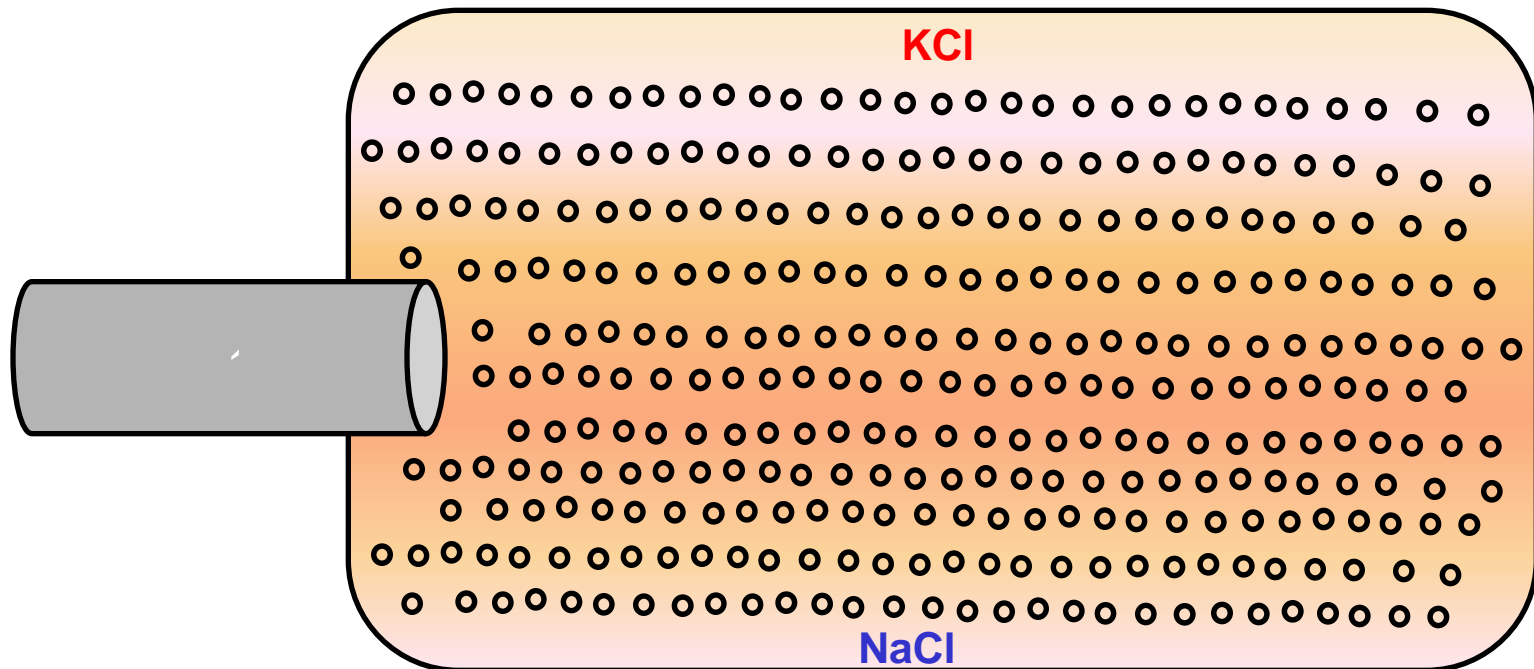
El NaCl, mas denso, se recoge en el fondo del tanque y se descarta



Separación por flotación

Reactivos de amina cubren el KCl pero no el NaCl

Las burbujas de aire se asocian a la amina y flotan en la superficie con el KCl, mientras que el NaCl y la arcilla se hunden hacia abajo



Pasos finales: Extracción del agua y tamañado

Lavado final con agua saturada de salmuera, enjuague, extracción de agua, centrifugado, secado y compactado al tamaño deseado



Compactado

El compactado produce material granulado por compresión de partículas finas de KCl caliente en una prensa de rolos

La lamina de copos es triturada y tamizada a tamaño uniforme



Cristalización

Es el proceso para hacer KCl puro y totalmente soluble

Proceso caliente: el KCl es disuelto en agua hirviendo para disolver NaCl y KCl.

A medida que la salmuera se enfría, las sales cristalizan de manera diferencial y son removidas de la solución.

Proceso frío: la solubilidad del KCl a baja temperatura es menor que la de sales de Na y Mg, permitiendo la cristalización y separación



Grado granular



Grado soluble

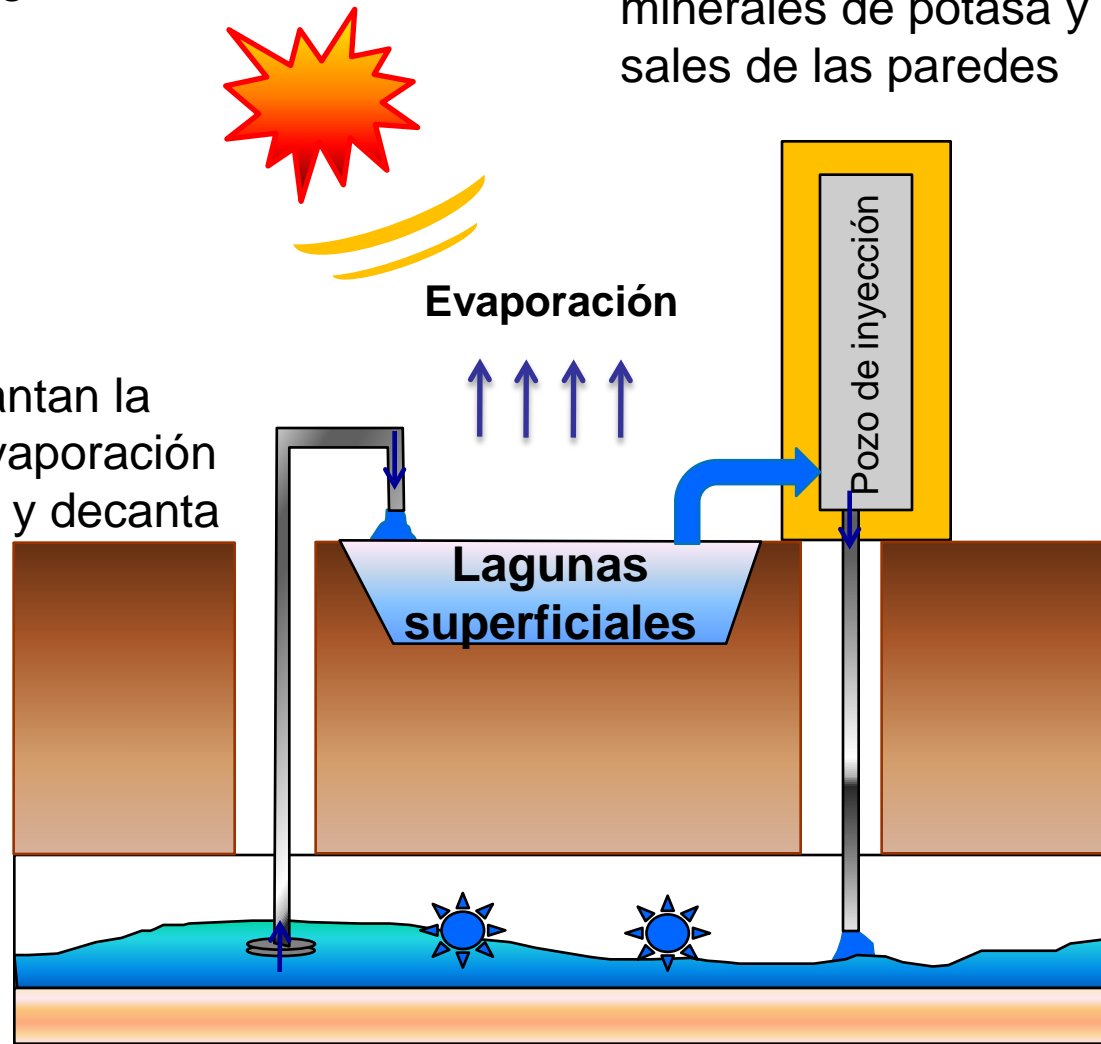


Minería de solución

Utilizada cuando los depósitos de K están muy profundos, son irregulares o se inundaron

Se inyecta agua salada caliente en la mina y se circula para disolver minerales de potasa y sales de las paredes

Bombas sumergibles levantan la salmuera a lagunas de evaporación donde la potasa cristaliza y decanta en el fondo



Ejemplo de minería de solución



- Mineral llevado a superficie desde 1000 m de profundidad
- Evaporado en lagunas de 180 ha revestidas de vinilo

Producción en salmueras naturales



Disposicion del descarte

Minerales comunes de K, como silvinita, contienen hasta 50% de NaCl, y 15% de arcilla



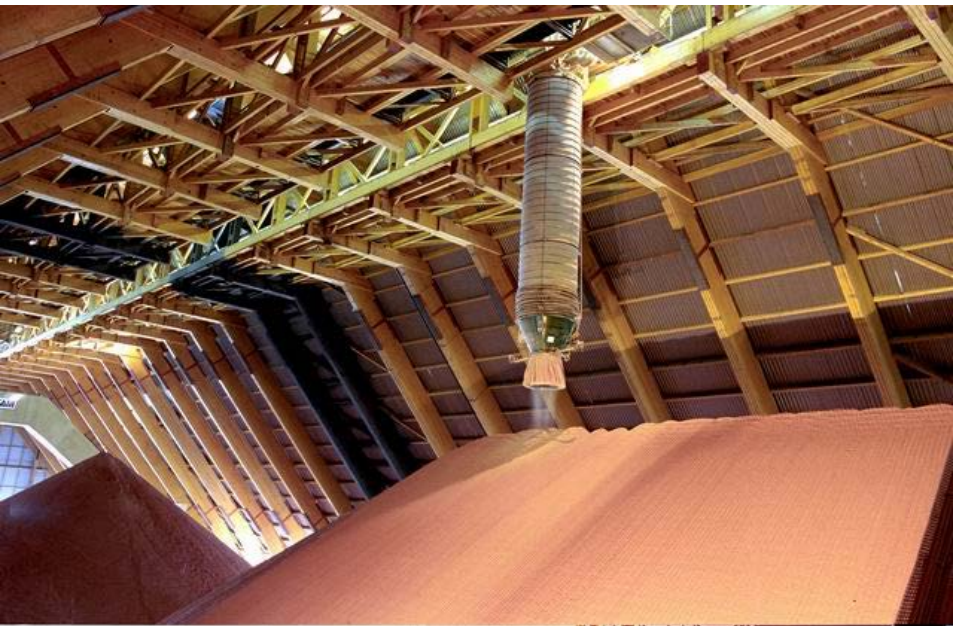
Luego de remover la potasa, las sales y arcillas separadas vuelven a la mina como relleno o son dispuestas en pilas en un área destinada a tal fin

Estas pilas se solidifican como una masa rocosa (mayormente NaCl)

Se manejan para minimizar su movimiento fuera del área



Almacenaje



Transporte de fertilizantes potásicos



Reservas mundiales de K

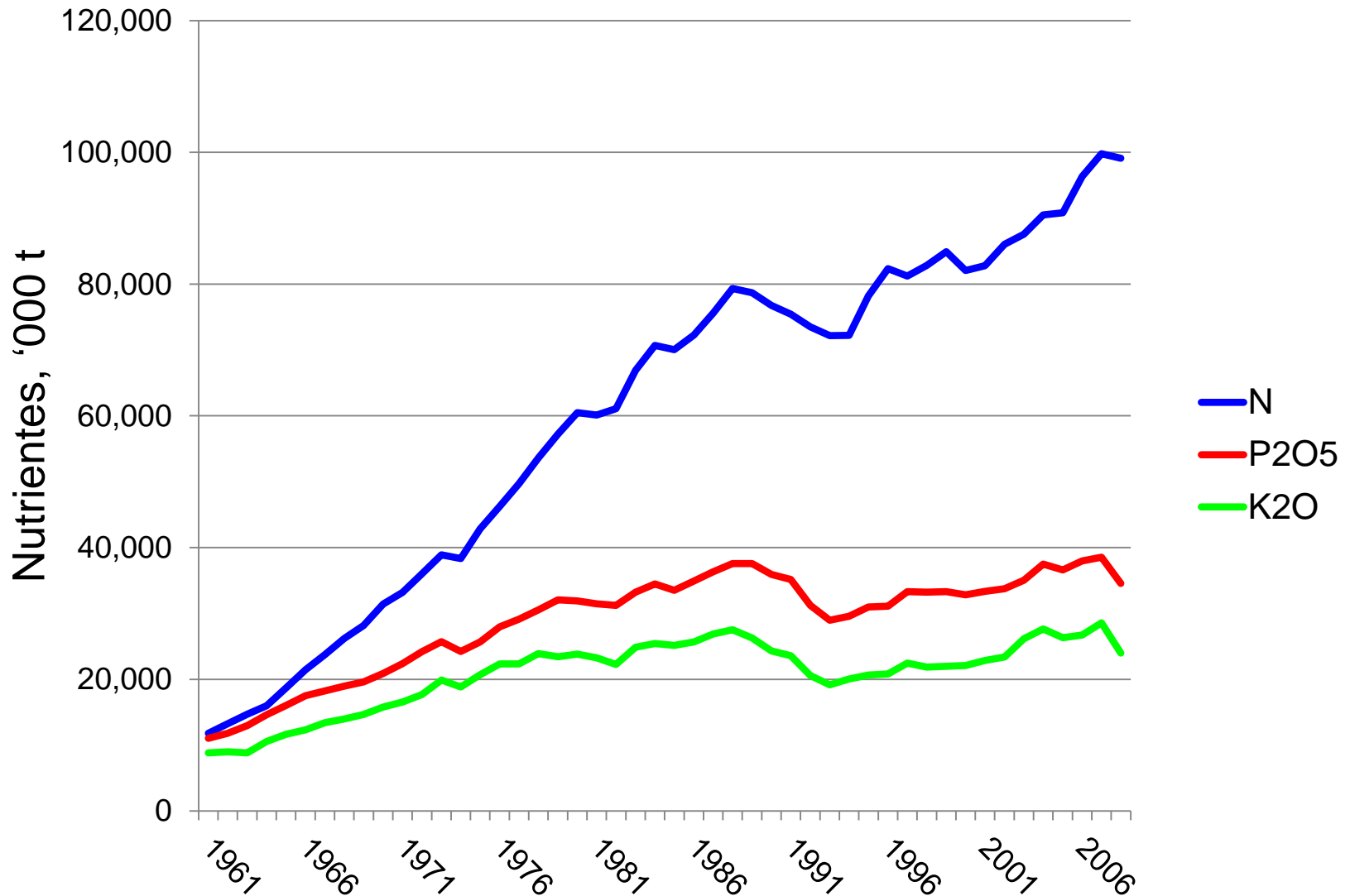


Pais	Produccion 2007	Reservas	Vida de reservas	Reservas de base
		Tg K ₂ O	años	Tg K ₂ O
Canada	11	4,400	400	11,000
Rusia	7	1,800	270	2,200
Belarus	5	750	150	1,000
Alemania	4	710	200	850
EE.UU.	1	90	80	300
Total	35	8,300	240	18,000

USGS Mineral Commodities Summaries, 2009

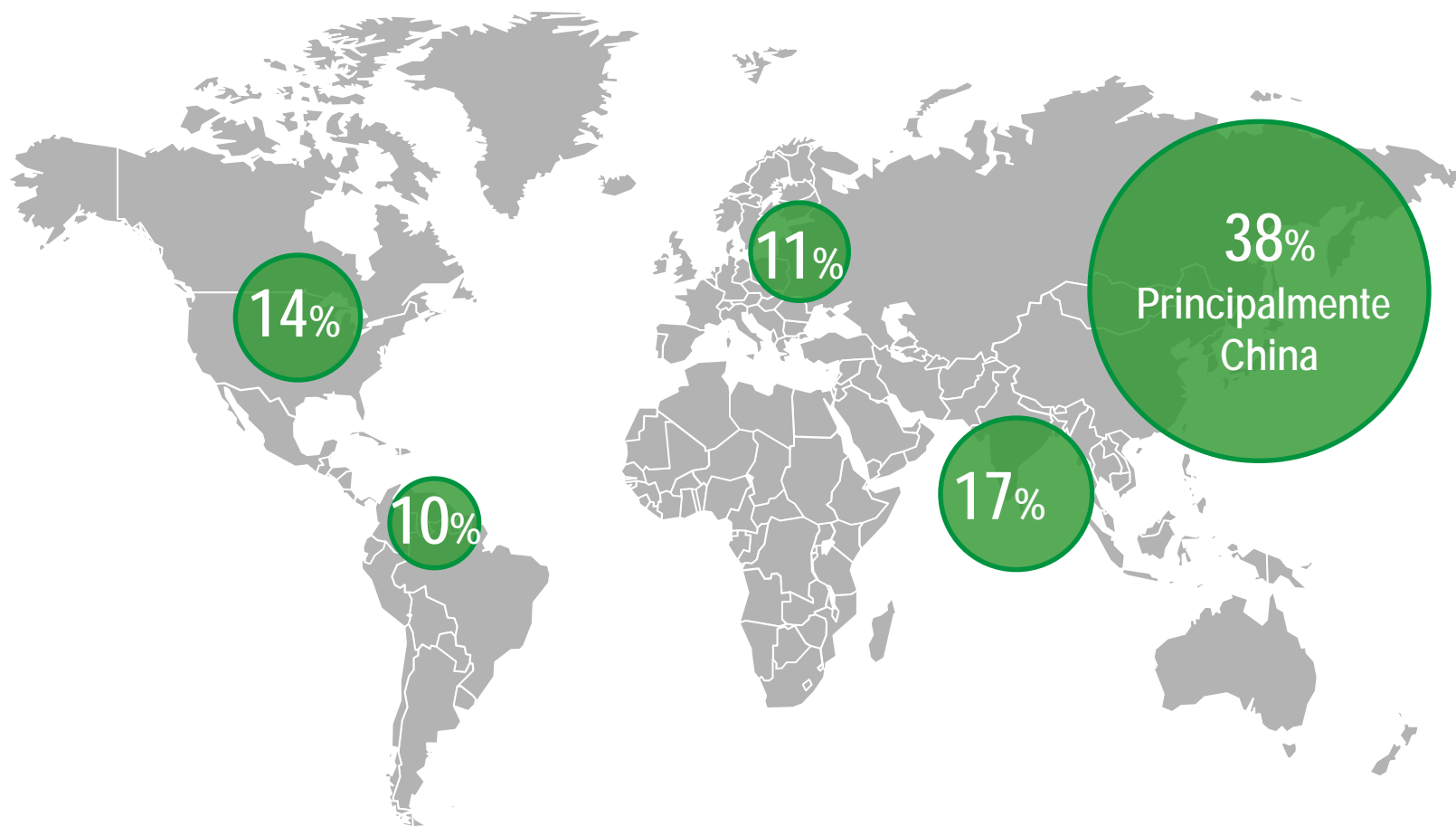


Consumo mundial de fertilizantes (1961-2009)



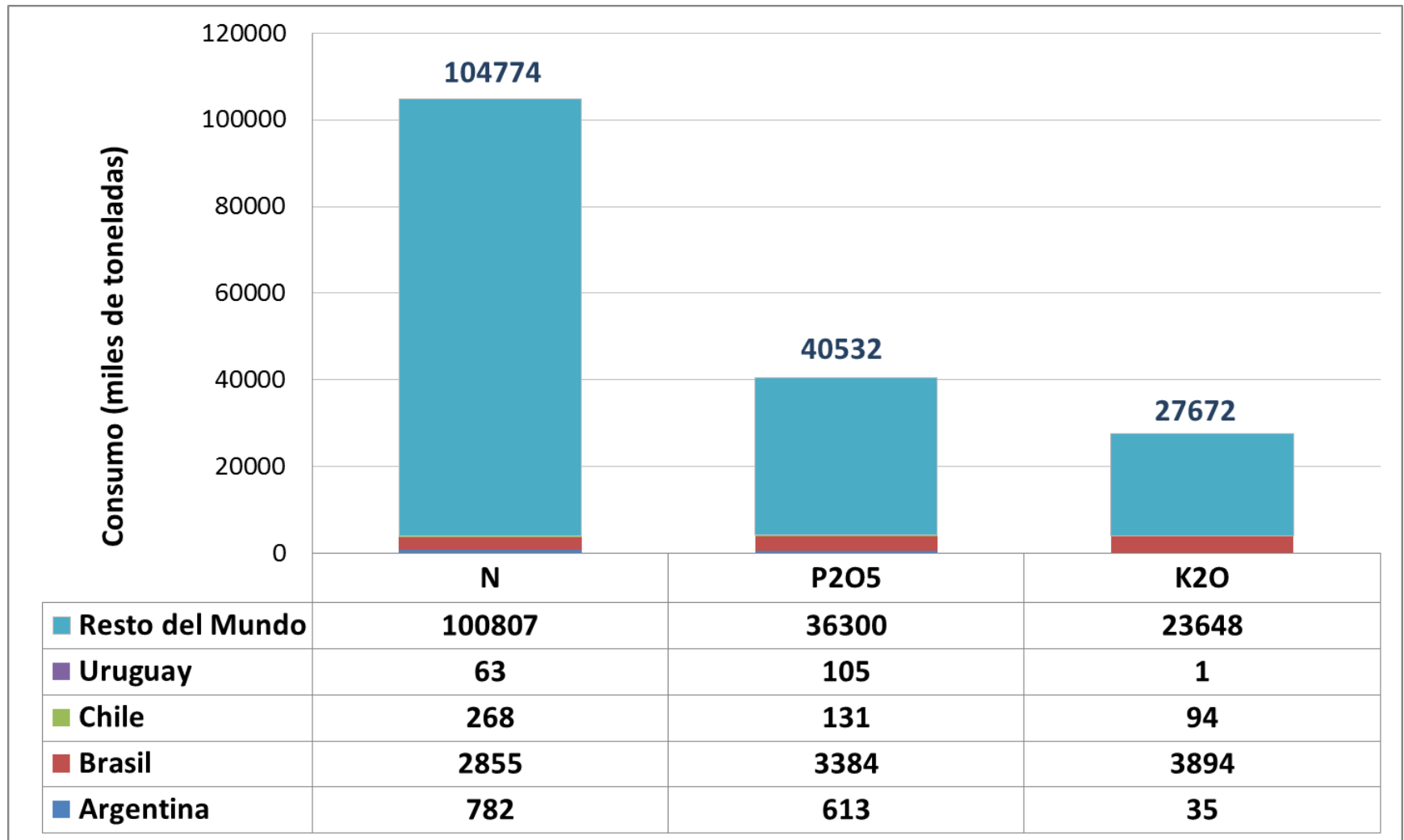
Fuente: IFA

Consumo de fertilizantes (2005/06 – 2007/08)



Consumo mundial de fertilizantes

IFA, 2010



Fuente: IFA, <http://www.fertilizer.org/ifa/ifadata/>

Mapa de flujo del comercio de fertilizantes 2009

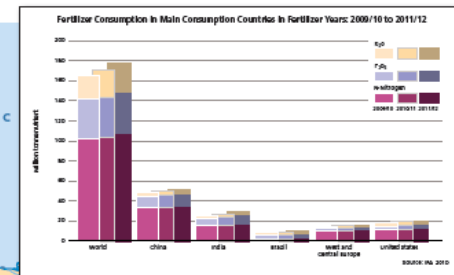
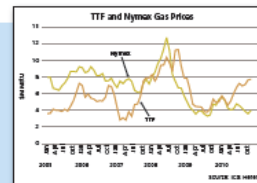
ICIS pricing fertilizers
Global fertilizer trade map
produced by ICIS in partnership with IFA

For more information please visit www.icis.com/fertilizers

AMEROP Reliability - Dedication - Integrity - Accuracy

Production - Wholesale - Retail - Trading
in business since 1968

AMEROP is a leading global fertilizer trading company, providing a full range of services to its clients. Our services include production, wholesale, retail and trading of fertilizers. We have a strong presence in all major fertilizer markets and a global network of agents and customers.



Key

colour key: ammonia, urea, phosphate rock, urea, MAP, DAP, potash, sulphur

The width of the arrows indicates the relative size of trade flow; the arrows' positions of origin and destination do not indicate the ports location.

Cut off tonnage for trade flows is 400,000 tonnes product

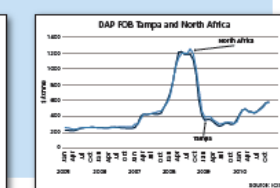
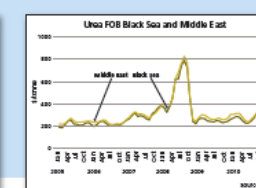
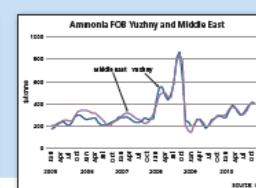
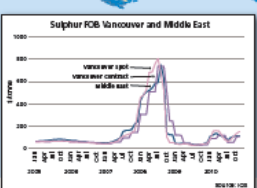
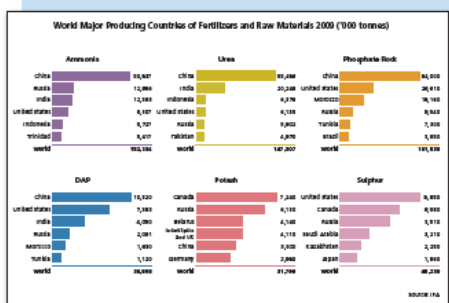
Source: IFA, ICIS 2009

Conversion Factors

Nitrogen (N) → Ammonia: N / (ammonia) 0.82
Nitrogen (N) → Urea: N / 0.46

Phosphate (P₂O₅) → Phosphate Rock: P₂O₅ / 0.30
Phosphate (P₂O₅) → MAP: P₂O₅ / 0.52
Phosphate (P₂O₅) → DAP: P₂O₅ / 0.44

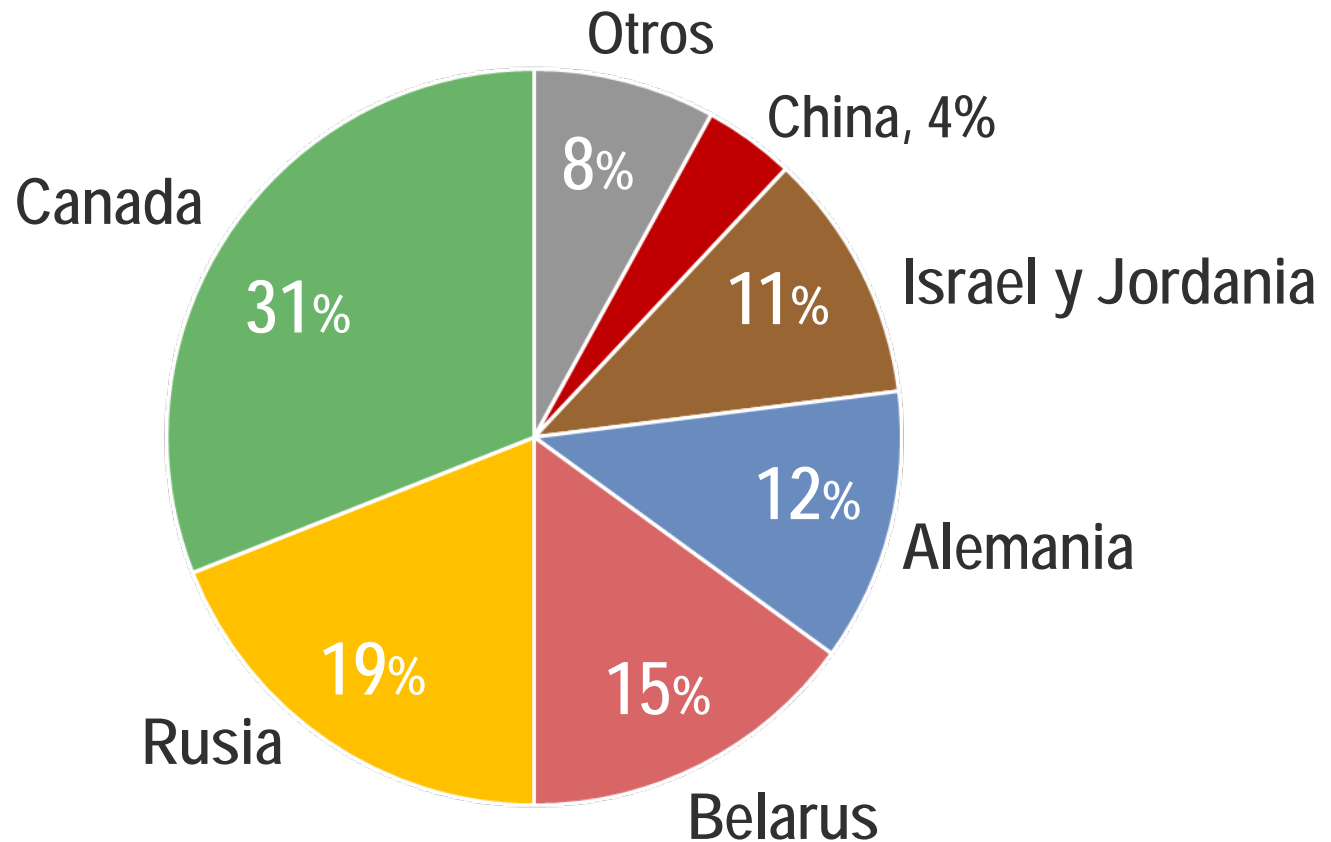
Potassium (K₂O) → Potash (MOP or KCl): K₂O / 0.89



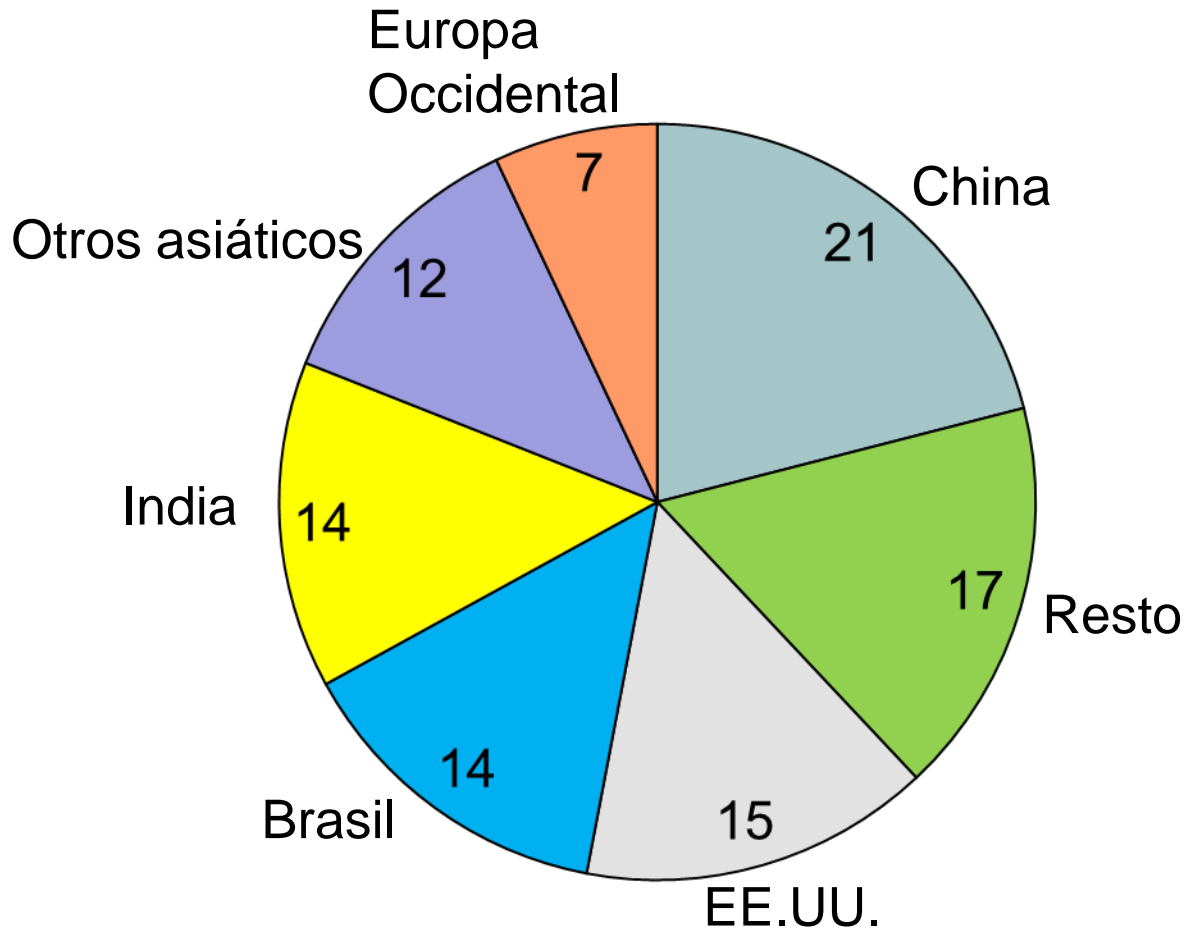
Fuente: ICIS-IFA, <http://www.fertilizer.org/>



Países productores de potasio (2004 a 2006)



Uso de Potasio (%), 2009



Los cuatro fundamentos básicos de la nutrición (4Cs/4Rs)



Fuente Correcta a la Dosis Correcta, en el Momento Correcto, y de la Forma Correcta

Principios científicos específicos fundamentan las MPM de cultivos y uso de fertilizantes

- Los principios científicos son globales y aplicables al nivel práctico de manejo en el campo
- Su aplicación depende del sistema específico de cultivo que se encuentre bajo consideración

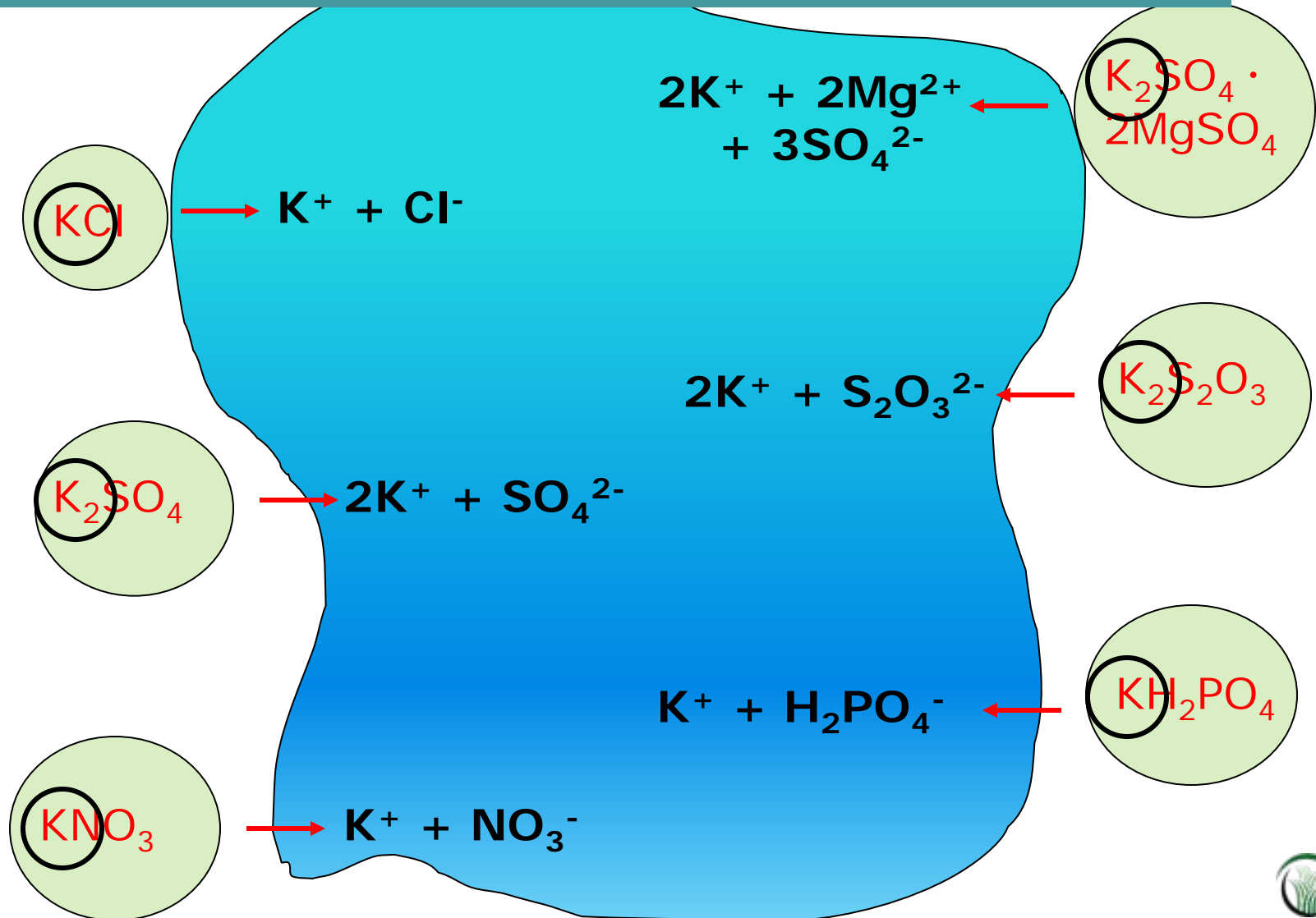
Fertilizantes Potásicos

Fertilizante	Grado	K ₂ O	K	Otros nutrientes
				----- % -----
Cloruro de potasio	0-0-60	60	50	46 Cl
Sulfato de potasio	0-0-50	50	42	17 S
Nitrato de potasio	13-0-44	44	37	13 N
Sulfato de potasio y magnesio	0-0-22	22	18	11 Mg y 22 S
Fosfatos de potasio	Varios	30-50	25-42	13-26 P
Tiosulfato de potasio	0-0-25	25	21	17 S

- *Otras opciones*
 - *Fosfato de potasio (KH₂PO₄)*
 - *Carbonato de potasio (K₂CO₃)*
 - *Hidróxido de potasio (KOH)*
 - *Formulaciones especiales*
- *Estiércol (típicamente menos de 2% en peso fresco)*

Todos los fertilizantes potásicos proveen el mismo nutriente en el suelo

La diferencia está en el anión acompañante



Momento y localización de aplicación de fertilizantes potásicos



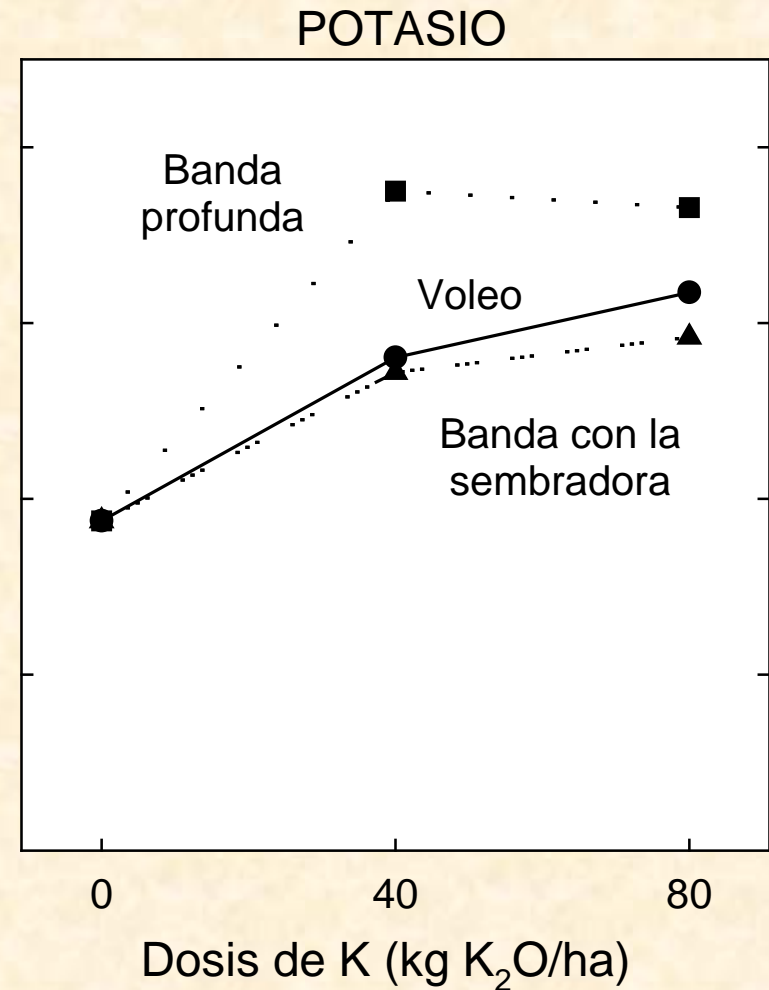
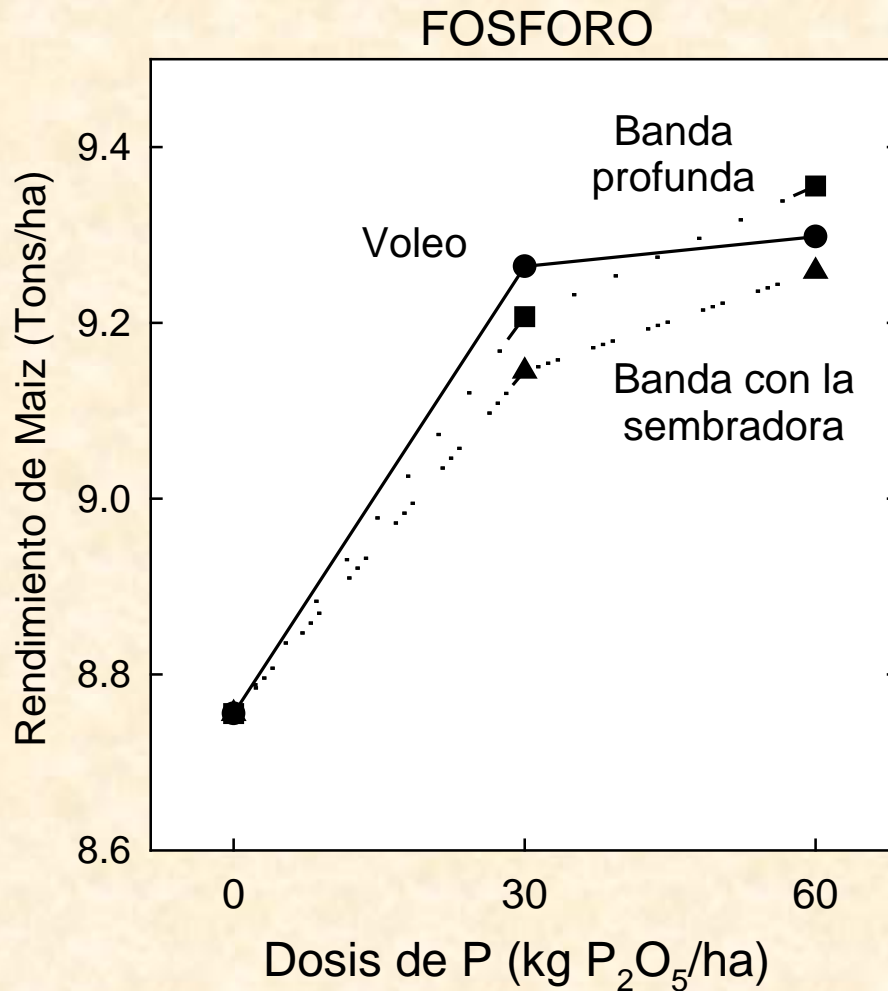
- El K tiene movilidad intermedia respecto de N y P
- En general, las mayores eficiencias se obtienen en **aplicaciones pre-siembra** o a la siembra de cultivos anuales
- Presenta **mayores eficiencias** cuando es **aplicado e incorporado** en forma localizada pero también puede ser aplicado en cobertura con anticipación a la siembra
- En suelos arenosos, las aplicaciones deberían ser mas frecuentes y sincronizadas con la demanda del cultivo
- No aplicar junto con la semilla

Localización de aplicación de fertilizantes potásicos: ¿Bandas o voleo?

- Con niveles bajos de K del suelo, la banda puede ser mas efectiva
- Experiencias de Iowa (Mallarino, Bordoli y otros) muestran mayor eficiencia del bandeado profundo que el voleo en siembra directa y labranza en franjas: ¿Efecto de bandeado con periodos de seca, suelos compactados?

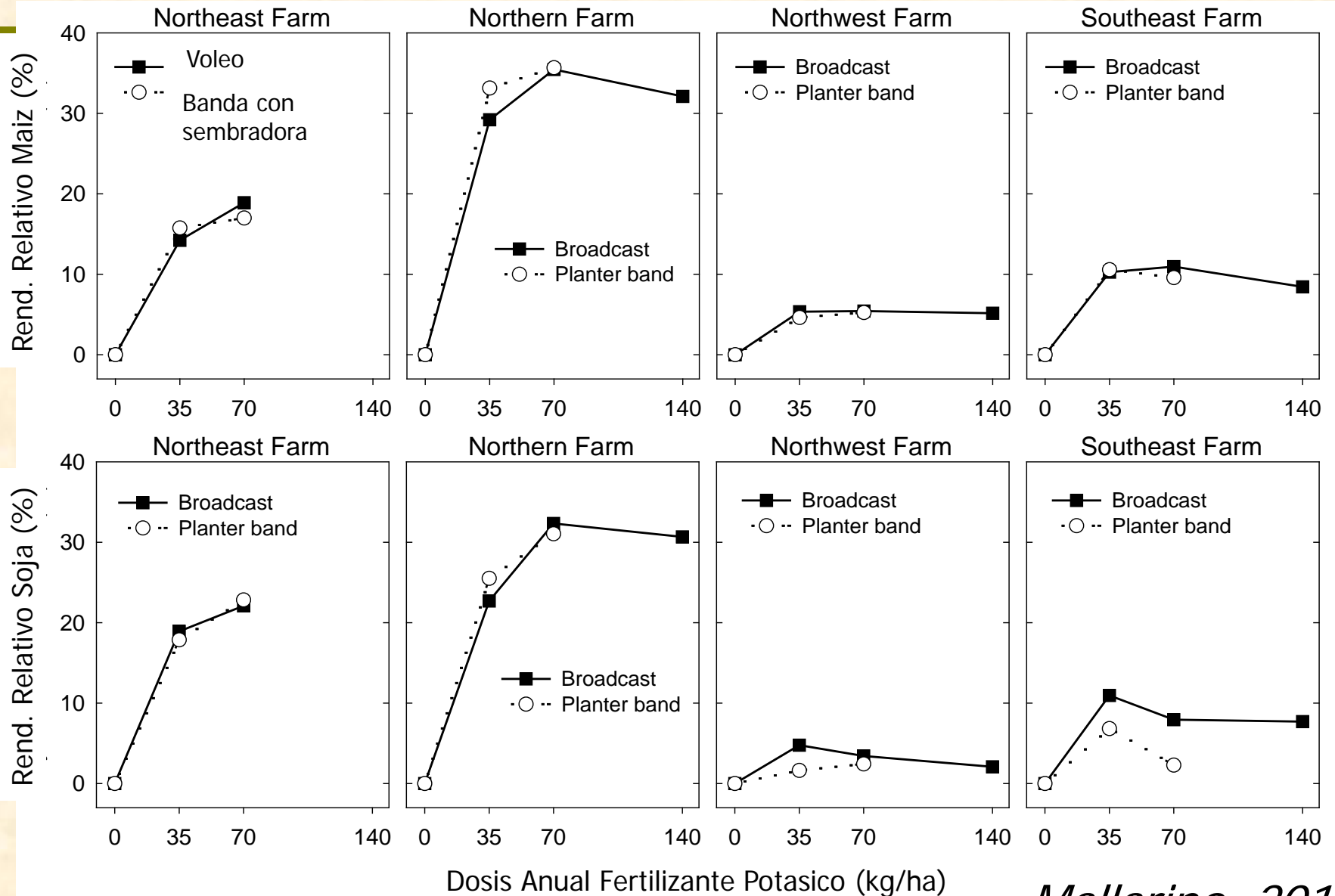


Forma de Aplicación de Potasio



Bordoli y Mallarino, 1998

Forma de Aplicación de Potasio



Síntomas de Deficiencia tarde en el Ciclo de Soja

Sin K

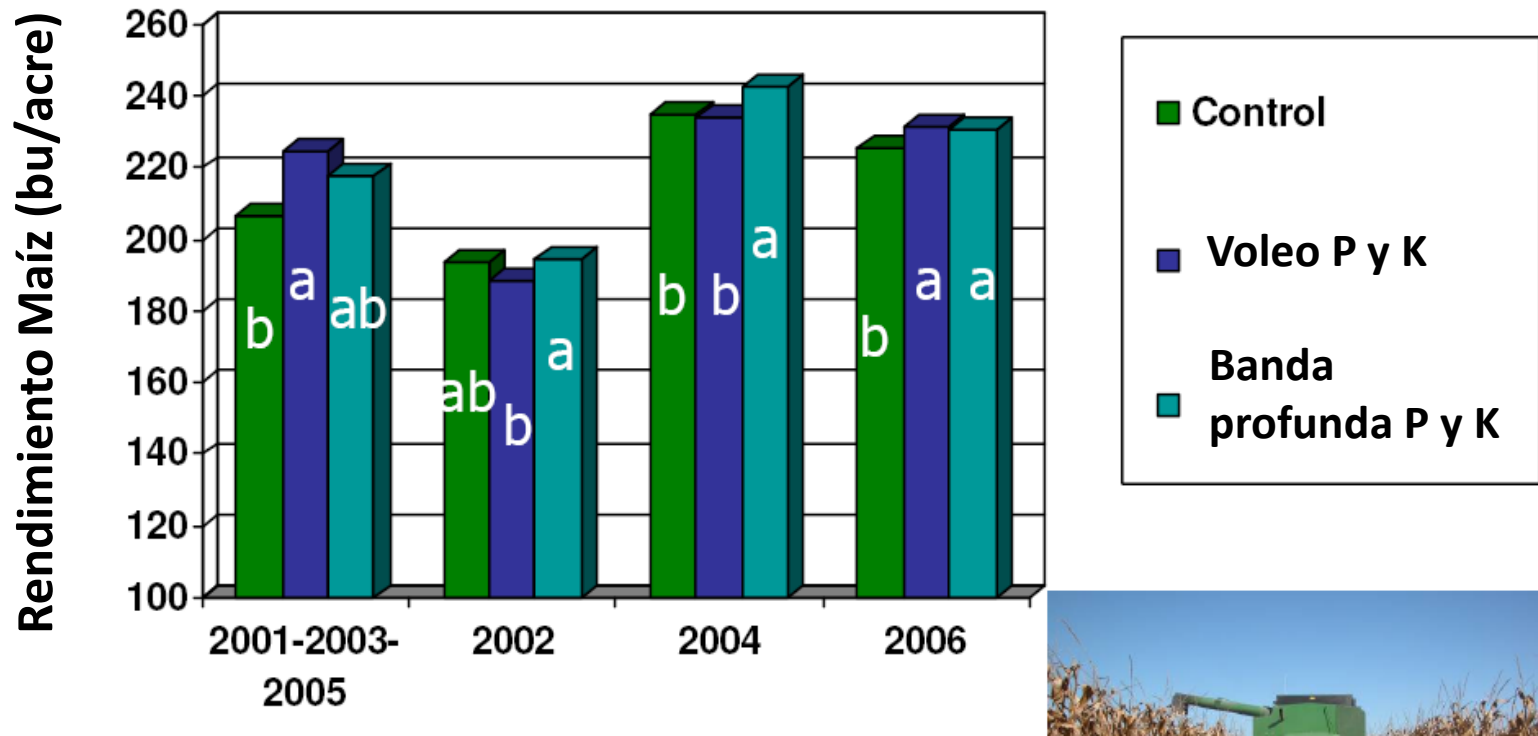
Banda Profunda

Al Voleo

Sin K

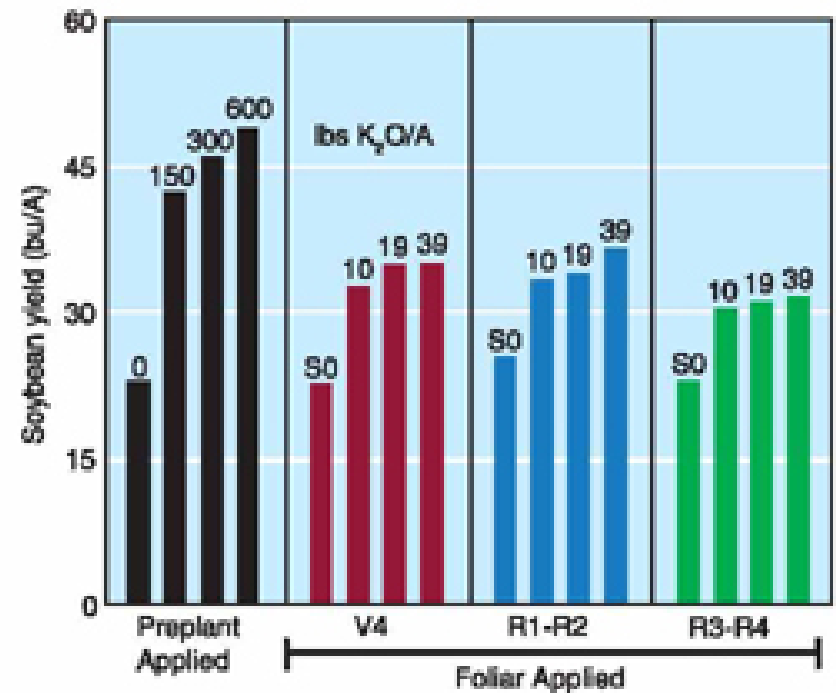
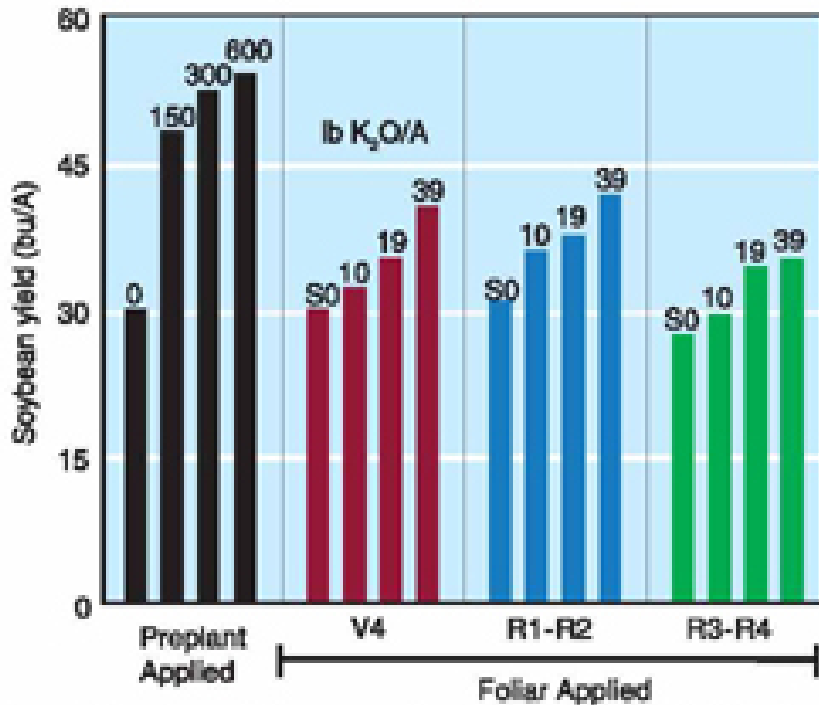


Localización de aplicación de fertilizantes potásicos: ¿Bandas o voleo?



Fuente: Vyn et al. - Indiana

Momento de aplicación de fertilizantes potásicos Foliare en Soja



K intercambiable 71 ppm

Fuente: Motavalli, P. et al. (2005)

- Si bien no hay un momento ideal, las aplicaciones pre-siembra /siembra generalmente son las mejores
- Las aplicaciones foliares pueden ser útiles cuando son “de rescate”. En general la aplicación al suelo es más eficiente

Fuente: R. Mullen (PCS, 2013)

Aplicación con equipos de riego



La mayoría de los fertilizantes potásicos son muy solubles en agua y aptos para el uso en sistemas de riego

Potasio y ambiente

- Los fertilizantes potásicos no presentan impactos de importancia en la calidad del agua o del aire
- Niveles adecuados de K son necesarios para el uso eficiente de otros nutrientes: Concepto de nutrición balanceada
- Las MPM del uso de fertilizantes potásicos, y de todos los nutrientes, se fundamentan en principios científicos
- El manejo de las pilas de descarte en las minas debe evitar el movimiento de sales y agua fuera del sitio



¡Muchas gracias!



<http://lacs.ipni.net/>
fgarcia@ipni.net