

1º Seminario Puebla

IMPORTANCIA DEL USO DE LA UREA Y DEL FOSFATO DIAMÓNICO

ING. FRANCISCO RODRÍGUEZ NEAVE
PROFESOR DEL DEPARTAMENTO DE SUELOS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

AGRICULTURA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO





AGRICULTURA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



MEXICO ES DEFICITARIO EN LA PRODUCCIÓN DE GRANOS Y OLEAGINOSAS

Se produce solo el 60% del consumo Nacional



CASO MAÍZ

PRODUCCIÓN
ACTUAL

$25-27 \times 10^6$
t/año

CONSUMO ACTUAL
 $43-44 \times 10^6$ t/año

¡México: País No. 1 en importación de MAÍZ!

SEMILLA

CLIMA

PRODUCCIÓN DE MAÍZ



CLIMA

MANEJO
AGRONÓMICO

CLIMA

NUTRICIÓN



NUTRICIÓN VEGETAL



- **¿QUÉ COMEN LOS CULTIVOS? ¿CUÁNTO REQUIEREN? ¿CÓMO LO UTILIZAN?**
- **NUTRICIÓN VEGETAL:** Ciencia que estudia los procesos mediante los cuales las plantas adquieren y utilizan las sustancias nutritivas que requieren para su crecimiento y desarrollo, para los altos rendimientos.



NUTRIMENTOS ESENCIALES

NUTRICIÓN
INTEGRAL DEL MAIZ

ELEMENTOS
QUÍMICOS ÚTILES

SUSTANCIAS ORGÁNICAS
FISIOLÓGICAMENTE ACTIVAS



NUTRIMENTOS ESENCIALES



AGRICULTURA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Son 18, el suelo deberá proporcionar 16-17

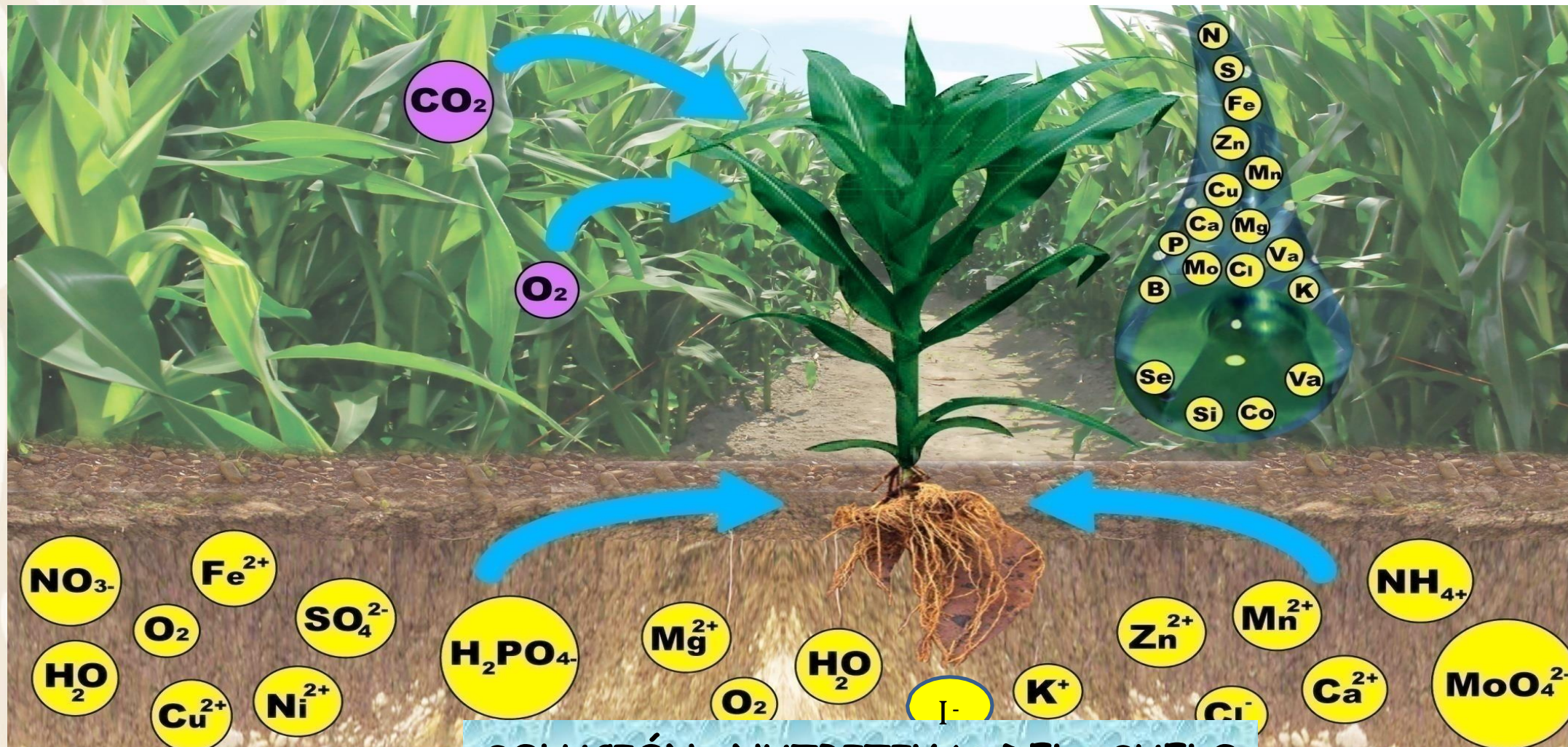
**C, O, H,... N, K, P, Ca Mg, S,...
Cl, Fe, Mn, Zn, B, Cu,... Mo, Ni, I.**

¡Imprescindibles!



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO

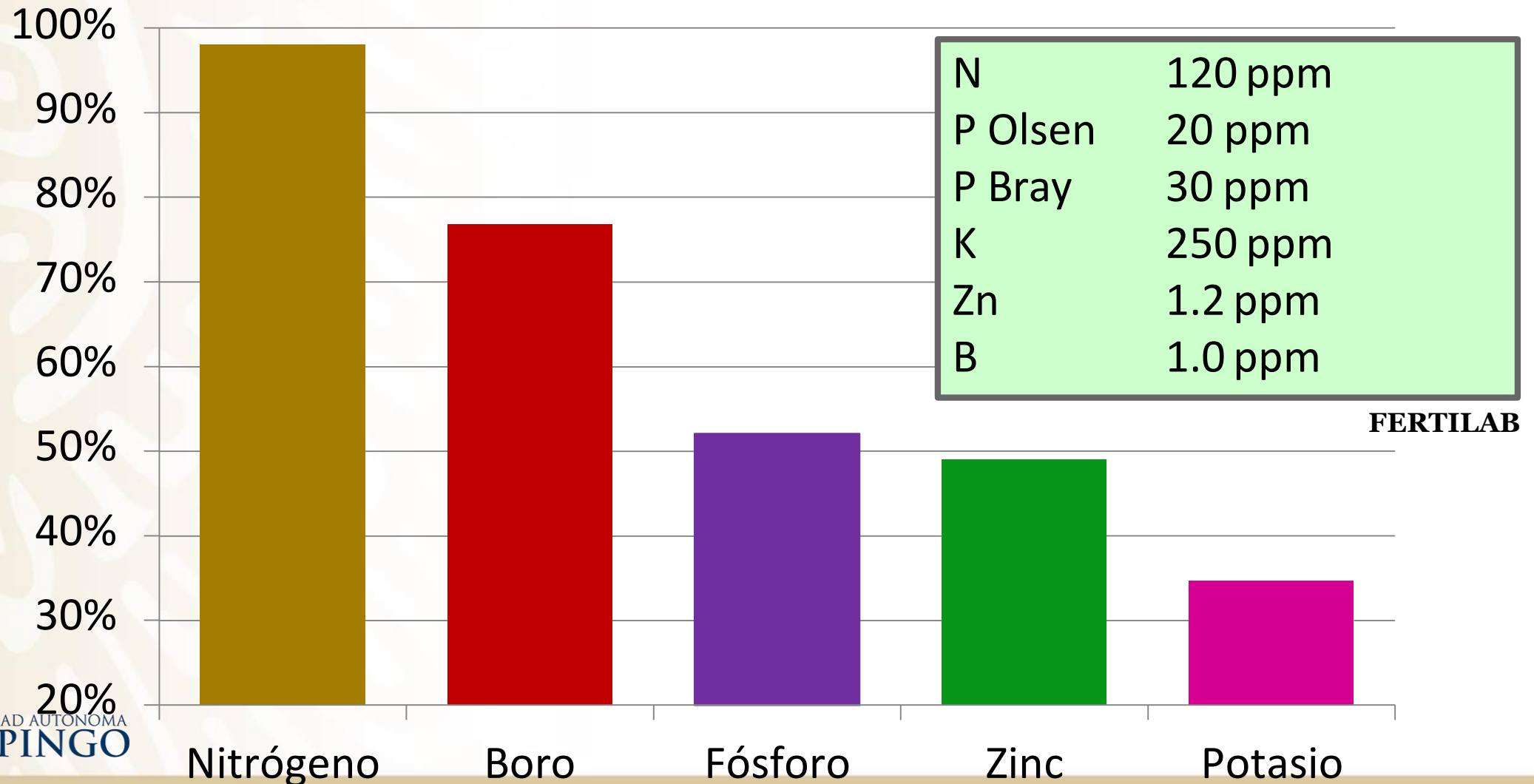
18 NUTRIMENTOS ESENCIALES



SOLUCIÓN NUTRITIVA DEL SUELO



% De sitios con alta probabilidad de respuesta en 35,000 muestras de suelo en México



¿Podemos predecir la disponibilidad de los nutrimentos sin analizar el suelo?



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



1. Nitrógeno

2. Fósforo

3. Potasio

4. Calcio

5. Magnesio

6. Azufre

7. Hierro

8. Zinc

9. Manganeso

10. Cobre

11. Boro

12. Molibdeno

¡No es posible!

TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO: ANÁLISIS DE SUELOS



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



DOSIS DE NITRÓGENO, FÓSFORO y POTASIO

$$\text{Dosis} = \frac{\text{DEMANDA DEL CULTIVO} - \text{OFERTA DEL SUELO}}{\text{EFICIENCIA DEL FERTILIZANTE}}$$



DOSIS: kg/ha

NUTRIMENTOS ESENCIALES

Necesidades del maíz híbrido



Nutriemento	Unidad	Grano	Rastrojo	Total
Nitrógeno (N)	kg/ton	12.7	6.8	19.5
Fósforo (P₂O₅)	kg/ton	5.6	1.6	7.2
Potasio (K₂O)	kg/ton	4.0	15.9	19.9
Calcio (Ca)	kg/ton	0.1	2.1	2.2
Magnesio (Mg)	kg/ton	0.9	0.9	1.8
Azufre (S)	kg/ton	0.9	0.6	1.5

Castellanos et al., 2019

NUTRIMENTOS ESENCIALES

Necesidades del maíz nativo




AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL




NUTRIMENTO	Extracción kg/t
Nitrógeno (N)	25
Fósforo (P ₂ O ₅)	10
Potasio (K ₂ O)	26

NECESIDADES DE NUTRIMENTOS POR HORTALIZAS



TOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)				
				
RENDIMIENTO				
(kg ha ⁻¹)				
→ 50000				
NUTRIENTE	REQUERIMIENTO	IC	ABSORCIÓN	EXTRACCIÓN
-	(kg t ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)	
N	2.8	0.7	140	95.2
P	0.4	0.50	20	10.0
K	4.5	0.7	225	155.3
Ca	2.8	0	140	5.6
Mg	0.7	0.1	35	4.9
S	0.9	0.1	45	5.0

PIMIENTO (<i>Capsicum annuum</i> L.)				
				
RENDIMIENTO				
(kg ha ⁻¹)				
→ 40000				
NUTRIENTE	REQUERIMIENTO	IC	ABSORCIÓN	EXTRACCIÓN
-	(kg t ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)	
N	3.7	0.7	148.0	96.2
P	0.5	0.60	20.0	12.0
K	3.8	0.6	152.0	92.7
Ca	1.2	0.3	48.0	12.0
Mg	0.7	0.29	28.0	8.1

PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.)				
				
RENDIMIENTO				
(kg ha ⁻¹)				
→ 40000				
NUTRIENTE	REQUERIMIENTO	IC	ABSORCIÓN	EXTRACCIÓN
-	(kg t ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)	
N	5.5	0.6	220	140.8
P	0.9	0.8	36	28.1
K	8.2	0.7	328	216.5
Ca	1.4	0.1	56	3.9
Mg	0.8	-	32	-
S	0.7	-	28	-



FUENTES DE NUTRIMENTOS

Fertilizantes químicos

- ✓ Alta concentración de nutrimento (Ej urea 46% N)
- ✓ Fácil manejo
- ✓ Impacto ambiental

Biofertilizantes

- Bajo costo
- Fácil aplicación
- Respuesta incierta

Abonos orgánicos

- ❖ Baja concentración de nutrimento (Ej N < 1.5%)
- ❖ Difícil manejo
- ❖ Alto costo

Combinaciones, según sistema de producción





AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO



Se requiere un uso racional del NITRÓGENO



USO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES QUÍMICOS



AGRICULTURA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Los cuatro fundamentos básicos de la nutrición (4Fs)

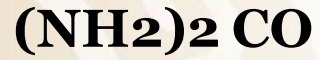


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO

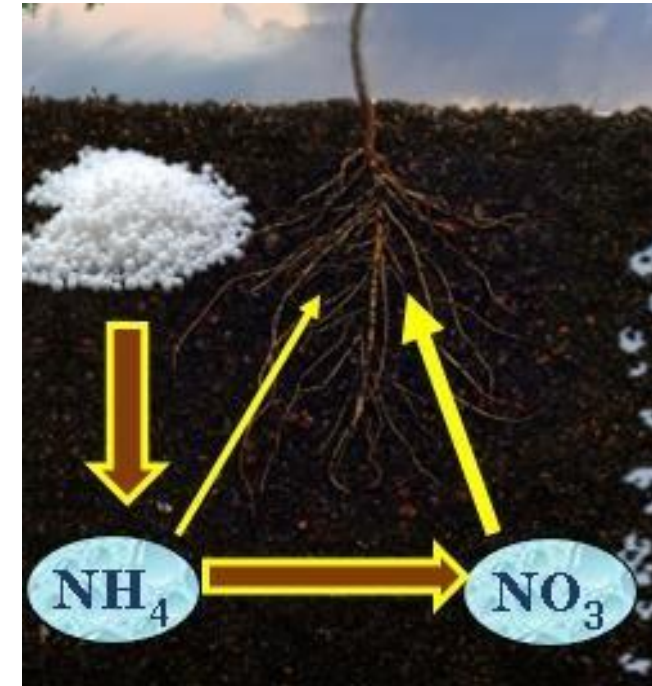
UREA



UREA



1. Fertilizante necesario para abastecer de NITRÓGENO, el nutrimento esencial más deficiente en la agricultura. Los microorganismos del suelo la transforman en NH_4 y NO_3



UREA

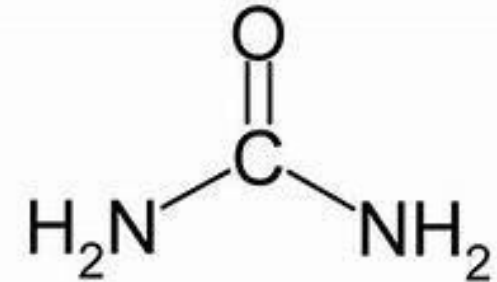


AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



2. La UREA es el fertilizante sólido más concentrado (46 %N), por lo cual es el más práctico para transportar, almacenar y adicionar al terreno.

**En 100 kg de UREA
existen 46 kg de N**



3. Es la fuente mas barata por kg de NITROGENO adicionado a los cultivos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO

UREA

4. La UREA es un fertilizante muy soluble : hasta 1 kg/L.
Se disuelve muy rápido con el agua de lluvia, lo cual es deseable cuando se deja en la superficie, para evitar su pérdida por volatilización.

Fertilizante	Método de Aplicación	≥ 13 mm dentro de 2 días	Sin lluvia dentro de 7 días
Urea	Superficial	0-20 %	2-40 %
	Incorporado	0-10 %	0-10 %

5. Su gran solubilidad, permite diferente forma de aplicación:
disuelta en el agua de riego, en forma foliar

UREA



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Se pierde NITRÓGENO como A m o n i a c o



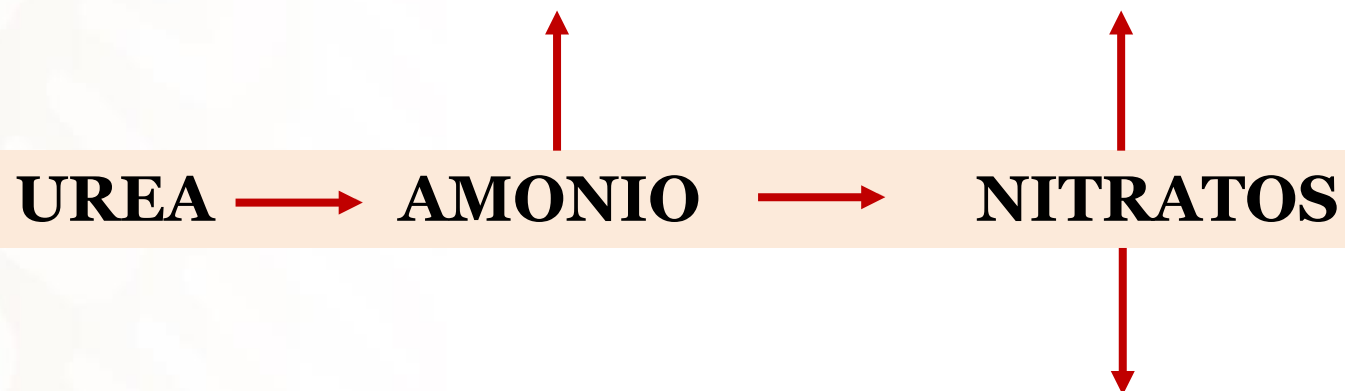
UREA

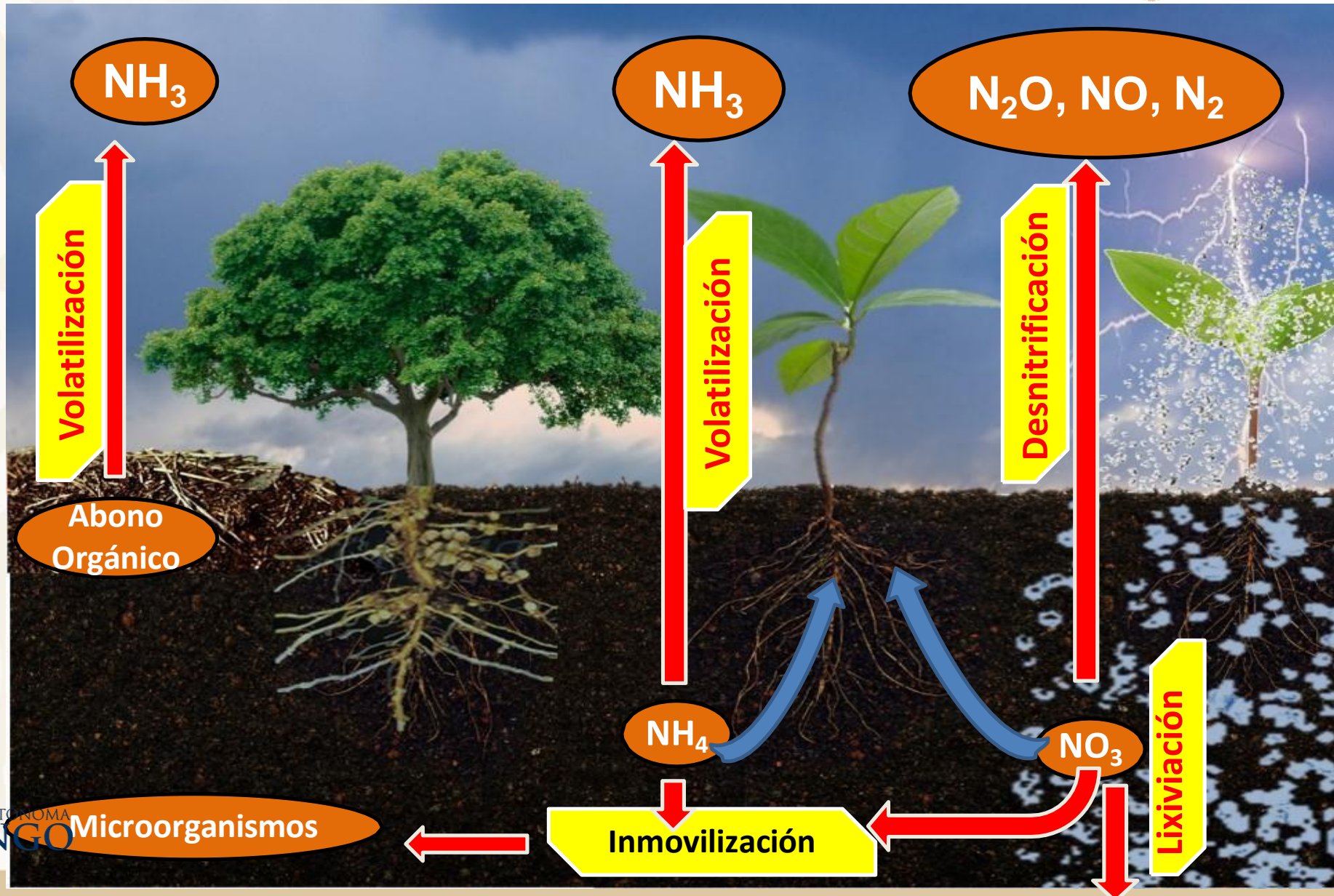


AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



6. La UREA requiere un buen manejo para lograr la mayor eficiencia: FRACCIONAR y TAPAR, sobre todo en suelos alcalinos





PÉRDIDAS DE NITRÓGENO



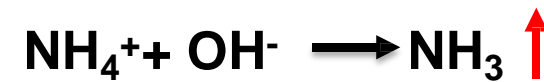
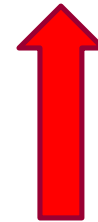
AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Volatilización:
 NH_3 (amoníaco)



Hasta
40%



AMONIO: NH_4^+
(sulfato de amonio,
urea)

+

pH alcalino +
En superficie del
suelo

PÉRDIDAS DE NITRÓGENO





CONTROL DE LAS PÉRDIDAS DE NITRÓGENO

**Fraccionar
+
Tapar el
fertilizante**



**!Aceptable;
control de las
pérdidas
V + D + L**

**Fertigación
+
Curvas de
extracción
nutrimental**



**!MAXIMO;
control de las
pérdidas
V + D + L**

EFICIENCIA DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS

DOSIS + FRACCIONAR + TAPAR + FUENTE

100% - (Σlixiviación + desnitrificación + volatilización + residual)

NITRÓGENO: 50% a 60% ... 90%



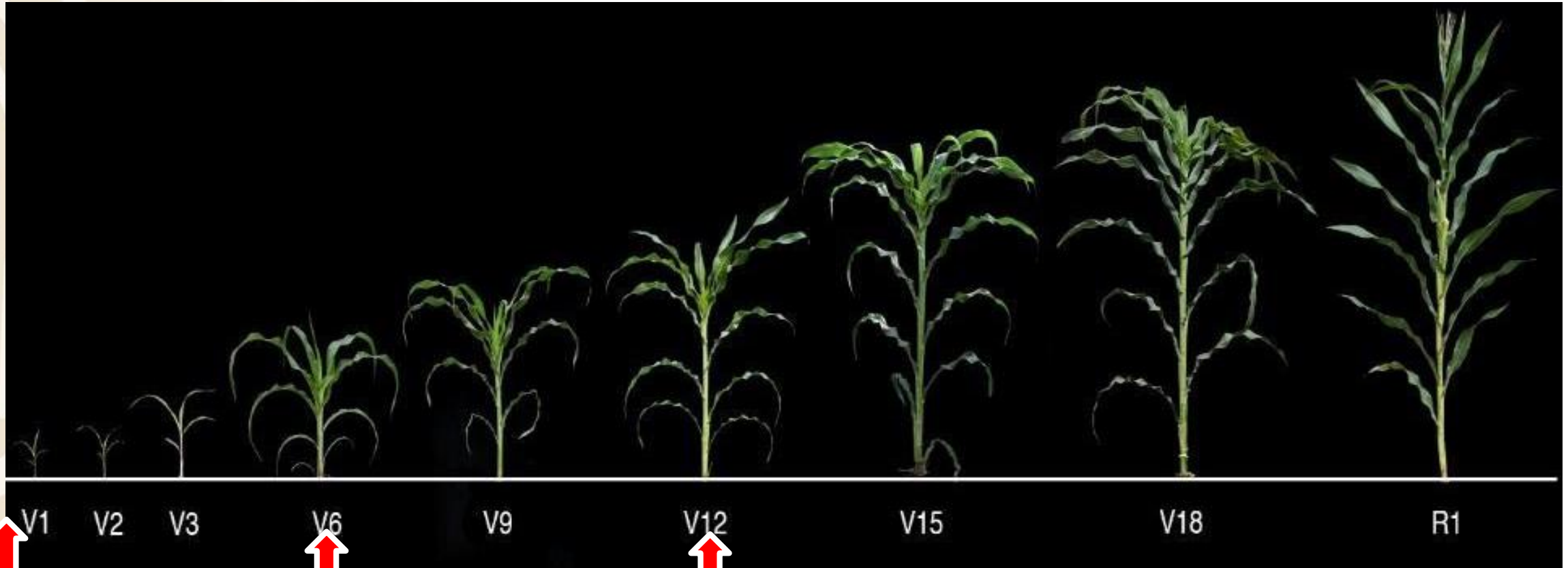
Eficiencia mínima permitida a un agrónomo

Fraccionar y tapar

Fertirriego + curva de extracción nutrimental



CRECIMIENTO VEGETATIVO DE LA PLANTA DE MAÍZ (V1 – R1).

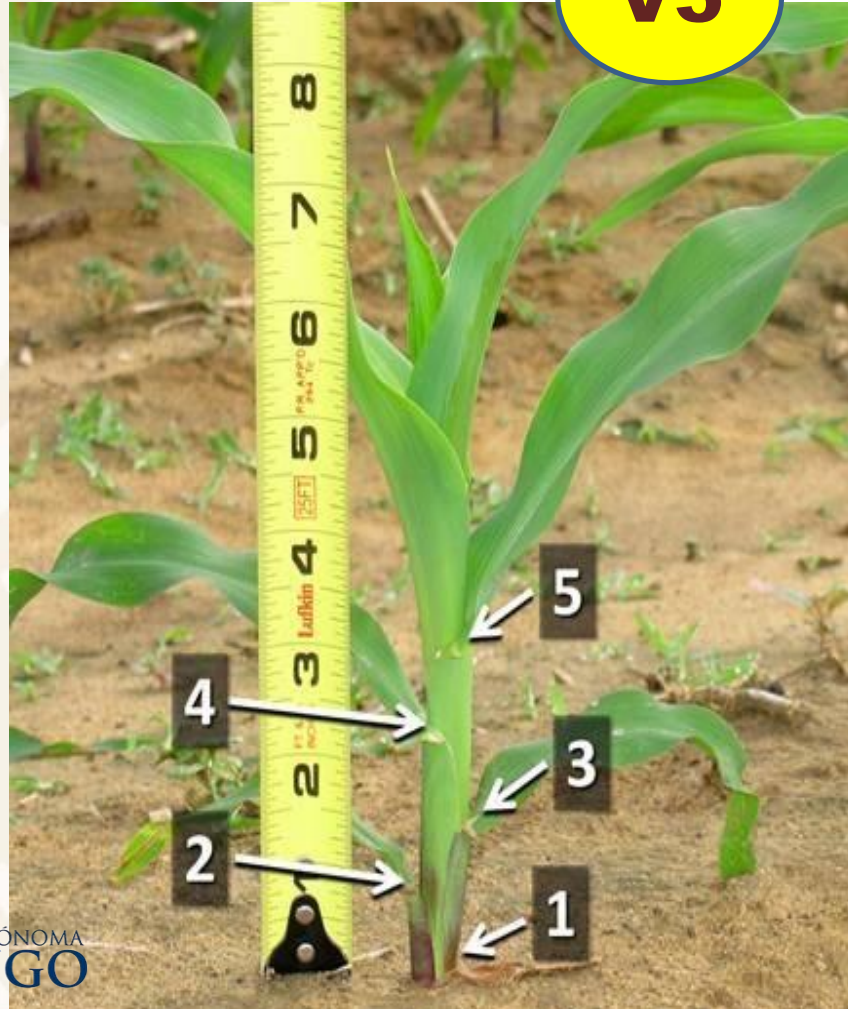


PREFERENTEMENTE TRES APLICACIONES DE FERTILIZACIÓN AL SUELO

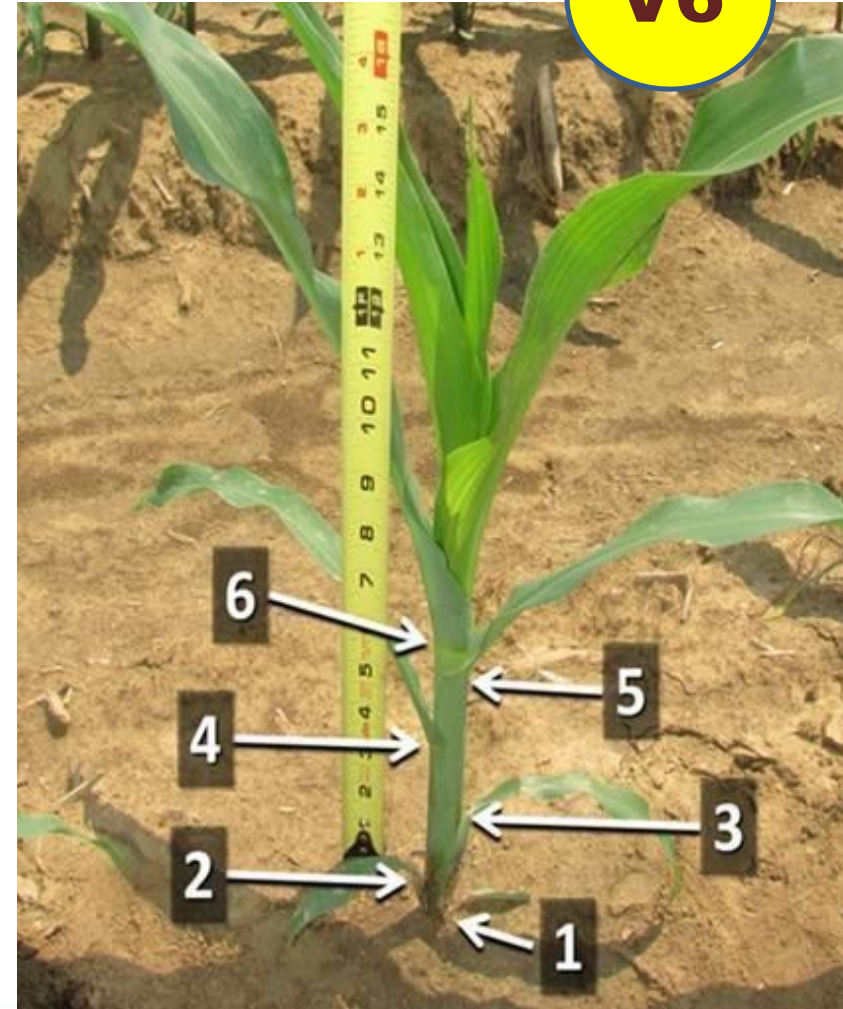


MOMENTOS DE APLICACIÓN DE LA SEGUNDA FERTILIZACIÓN AL SUELO

V5

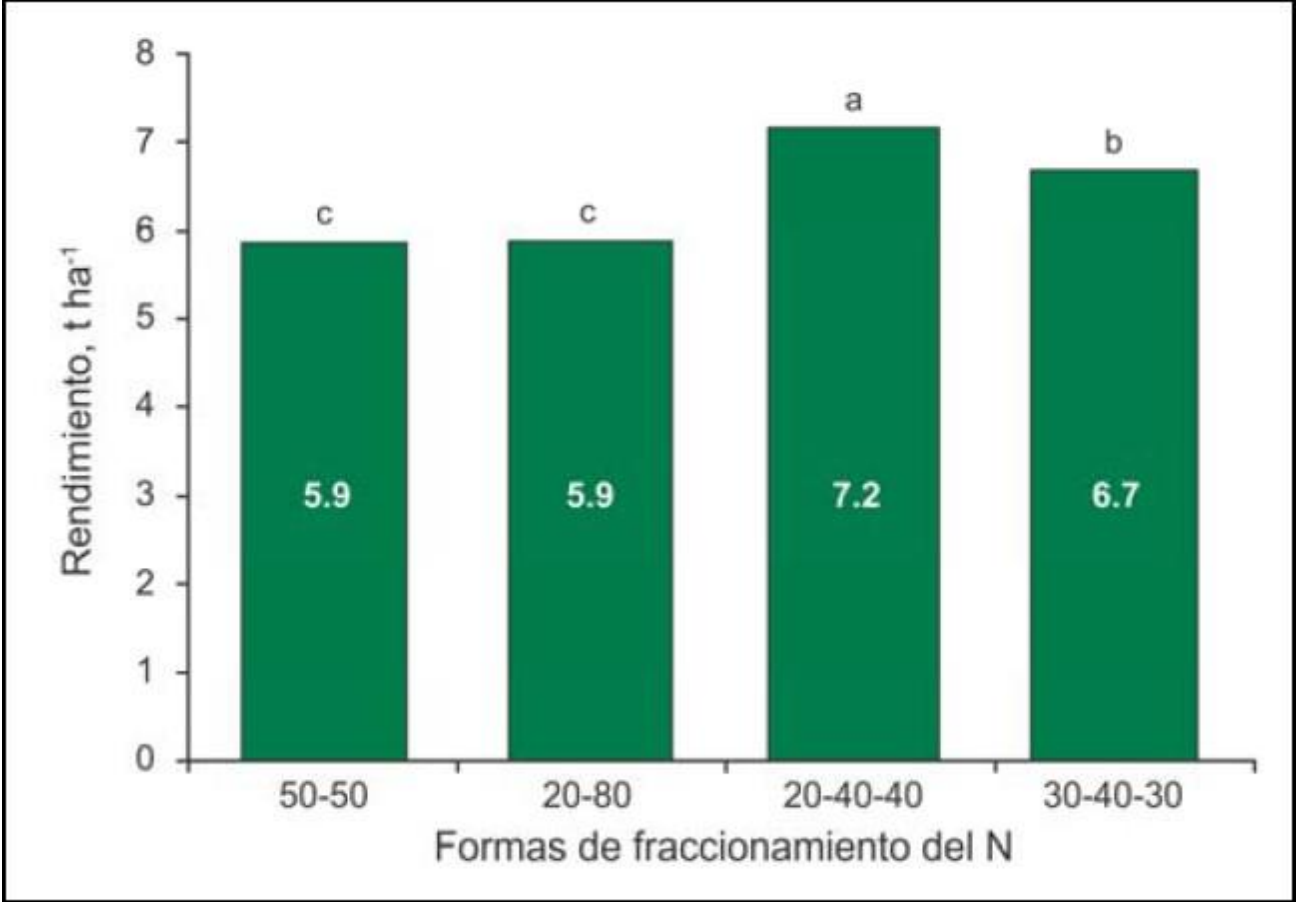


V6



FRACCIONAR EL FERTILIZANTE NITROGENADO EN MAÍZ

50 (S)-50(V6); 20 (S)-80(V6);
20 (S)-40(V6)-40 (V10);
30 (S)-40(V6)-30(V10)





AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO



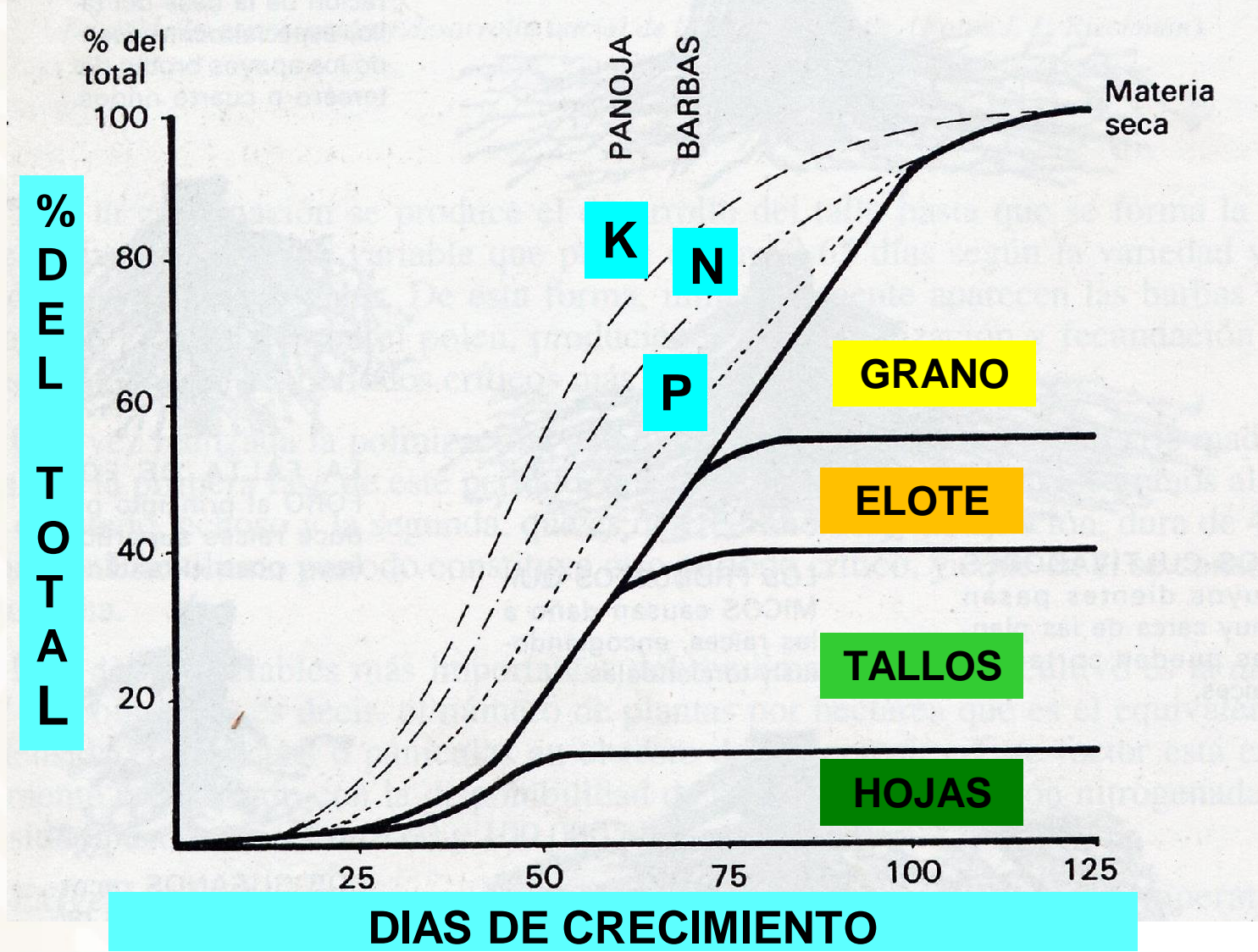
CONSUMO DIARIO DE NUTRIMENTOS DEL MAÍZ HÍBRIDO PARA UN RENDIMIENTO DE 17.1 T/HA.

Etapa	Días	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
		(kg/ha/día)					
Siembra-V1	13	0.5	0.2	0.3	0	0	0
V1 - V6	17	2.1	0.6	3.1	0.2	0.2	0.2
V6 - V12	20	3.8	1.2	6.2	0.7	0.4	0.3
V12 -R1	25	4.1	1.5	4.4	0.6	0.4	0.3
R1 -R3	19	2.6	1.1	1.7	0.2	0.3	0.2
R3 -R5	29	1.3	0.6	0.6	0	0.1	0.1
R5-R6	28	1	0.5	-1.7	0	0.1	0.1



EXTRACCIÓN DE N, P, K, POR EL MAÍZ

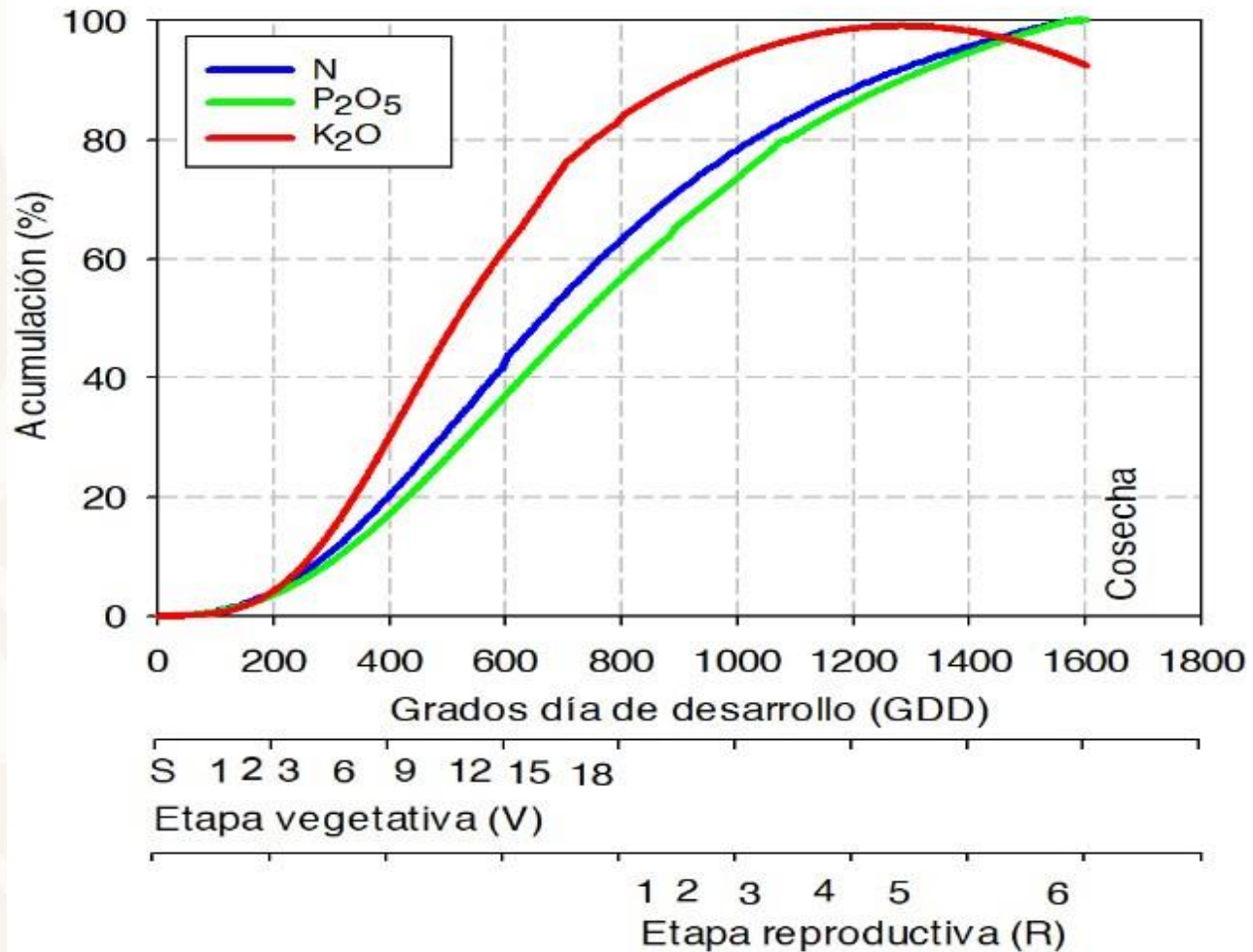
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



CURVA DE ACUMULACIÓN DE MACRONUTRIMENTOS (N-P-K) EN MAÍZ



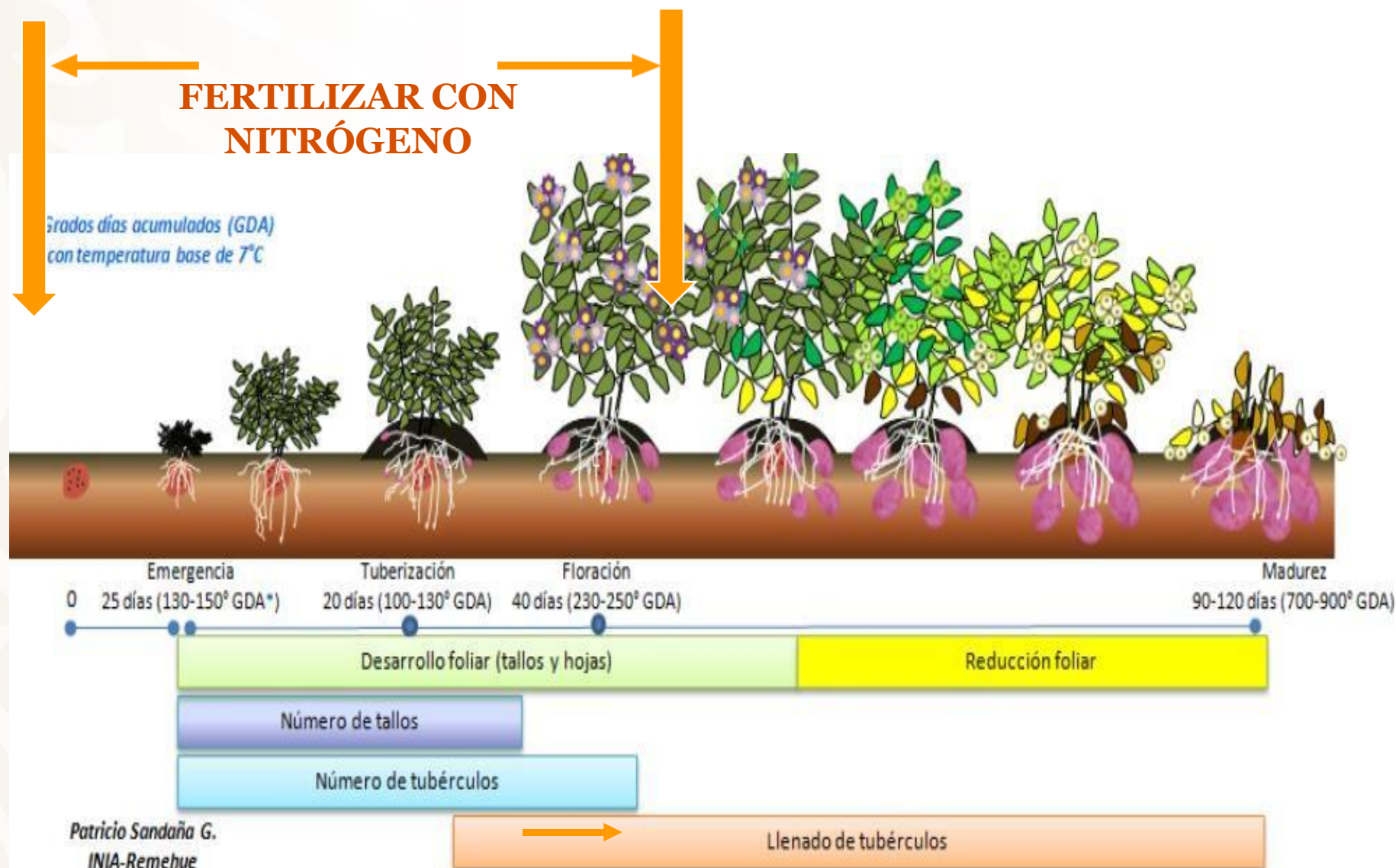
AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



FECHA DE APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE NITROGENADO SÓLIDO AL SUELO



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO

FOSFATO DIAMÓNICO: DAP



FOSFATO DIAMÓNICO (DAP)



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



1. Fertilizante necesario para abastecer de FÓSFORO, el segundo macronutriente más deficiente en la agricultura. Tiene la forma de fósforo y nitrógeno que la planta puede comer
2. Es la fuente más barata por kg de FÓSFORO-NITRÓGENO adicionado a los cultivos.
3. El DAP es el fertilizante más concentrado (18% N y 46% P₂O₅), por lo cual es el más práctico para transportar, almacenar y adicionar al terreno.
4. El DAP requiere un buen manejo para lograr la mayor eficiencia: **ADICIONAR A LA SIEMBRA EN EL SITIO DONDE LA RAÍZ CRECERÁ.**

EFICIENCIA DE LOS FERTILIZANTES FOSFÓRICOS

**DOSIS + FONDO O SIEMBRA +
FUENTE + COLOCACIÓN**

**(pH) : 100% – (Σ adsorción +
precipitación)**



DIFUSIÓN

• FÓSFORO: 30%

DOSIS DE FÓSFORO PARA PAPA

Cuadro 2.8. Consumo ELITE (7)
Dosis kg P₂O₅/ha

NIVEL DE P	Rendimiento				
	Bajo	Medio	ALTO	M. Alto	Elite
Muy Bajo	140	180	250	275	300
Bajo	100	140	200	240	275
Moderad Bajo	80	100	180	200	240
Medio	60	80	100	140	180
Mod. Alto	50	70	80	120	140
Alto	40	60	60	80	100
Muy Alto	35	50	50	70	80
Exceso	20	30	40	60	70

Paso 1. Meta de rendimiento:

ALTO

Paso 2. Categoría de consumo de fósforo en papa **7**

Paso 3. Fósforo aprovechable en el suelo: **Moderadamente bajo**



**Dosis de P₂O₅
= 180 kg/ha**

Paso 1. META DE RENDIMIENTO: **ALTO**

Paso 2. CATEGORÍA DE CONSUMO

Paso 3. FÓSFORO APROVECHABLE EN EL SUELO:
DE FÓSFORO POR MAÍZ: **3**

Moderadamente bajo (MoB)

Cuadro 2.4. Consumo medio (3).

Nivel de P	Rendimiento				
	Bajo	Medio	Alto	M. Alto	Elite
MB	50	75	110	140	175
B	40	60	80	100	140
MoB	30	60	70	90	110
M	15	30	60	75	90
MoA	0	20	30	40	50
A	0	10	10	15	20
MA	0	0	10	10	15
Ex	0	0	0	0	10

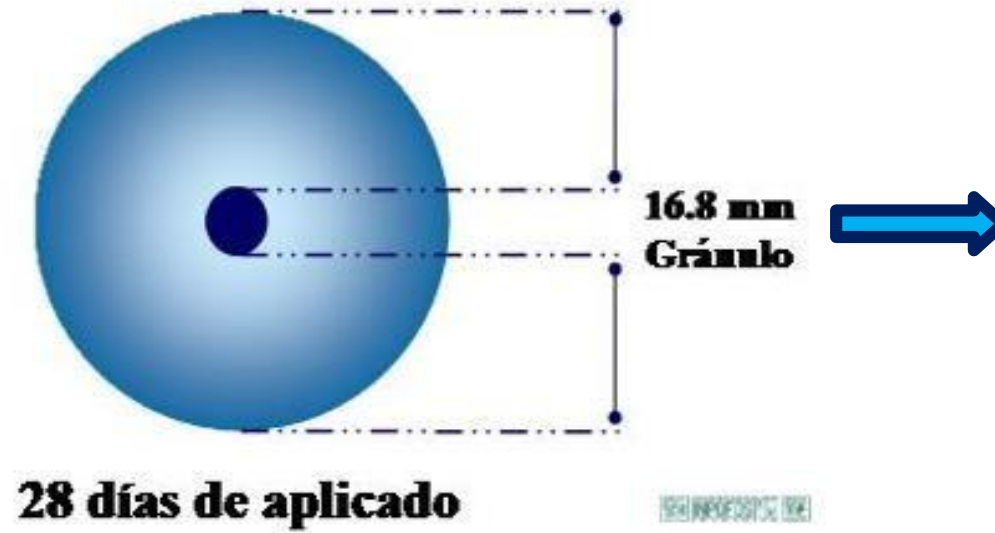


AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



**Dosis de P_2O_5
= 70 kg/ha**

COMO MEJORAR LA ABSORCIÓN DE FÓSFORO DEL FERTILIZANTE POR LA PLANTA?



¡Muy baja
movilidad
del P en el
suelo!

El P del fertilizante fosfórico tiene muy baja movilidad en el suelo. Cuando se adiciona en forma sólida al suelo se colocará donde la raíz lo alcance.

En fertigación, el fertilizante (fosfatos de amonio o fosfato de potasio), sustancias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos), ayuda a superar la baja movilidad del $H_2PO_4^-$ y podrá alcanzar las raíces.



FECHA DE APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE FOSFÓRICO

(Estrada, 1977; Luevanos et al., 1977; Solano, 1977)

FECHA DE APLICACIÓN	CHIHUAHUA 2 exp. HR* maíz precoz	OAXACA 4 exp. T* maíz precoz	PUEBLA 1 exp. HR* maíz tardío	TLAXCALA 1 exp. HR* maíz tardío
	Rendimiento (kg/ha)			
Siembra	2046	1124	3392	2203
22-34 días	-	846	-	-
38 días	-	-	-	1806
50 días	-	-	2877	-
60-70 días	1404	-	-	-
Testigo sin P	815	-	1748	1229



SIEMBRA O TRASPLANTE, es el momento para poder colocar el fertilizante fosfórico en el sitio donde la raíz crecerá.

Enriquecer la rizosfera



FUENTE Y COLOCACIÓN DE LOS FERTILIZANTES FOSFÓRICOS (MAÍZ, PLAN PUEBLA)

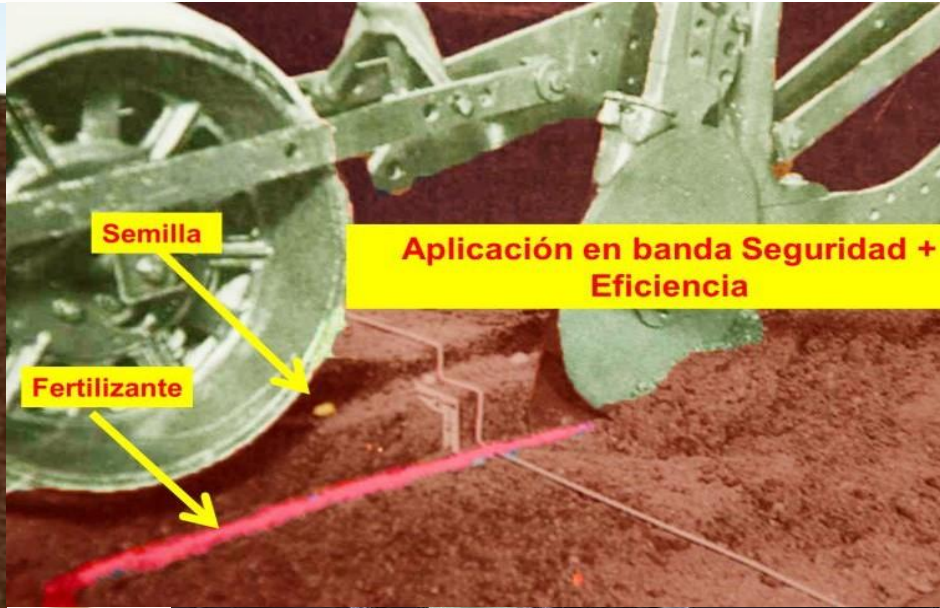
FERTILIZACIÓN (N-P ₂ O ₅)(kg/ha)	Rendimiento del maíz (kg/ha)	
	San Juan Tianguis.	Guadalupita Las Dalias
	130-40 (SS)* mateado	2,900
130-40 (SS) voleo	2,318	2,618
130-40 (SS) banda	2,871	3,574
130-40 (ST)* mateado	3,081	3,943
130-0	1,929	2,447
130-80 (SS) banda	3,531	4,558

* SS = superfosfato

de calcio simple; ST = superfosfato de calcio triple

**Siembra y
localizado
(banda o
mateado)**





¿COMO MEJORAR LA ABSORCIÓN DE P POR LA PLANTA?



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



MANEJO DEL FERTILIZANTE



ABONO
ORGANO-MINERAL

+

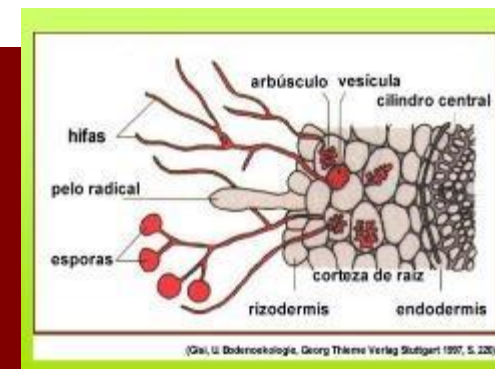
Modificar pH
+
Genotipos eficientes

y/o

ENRAIZADORE



MICORRIZAS
+
Microorganismos
solubilizadores de P



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO

MICORRIZA (M) Y EFICIENCIA DEL FERTILIZANTE FOSFÓRICO EN MAÍZ



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

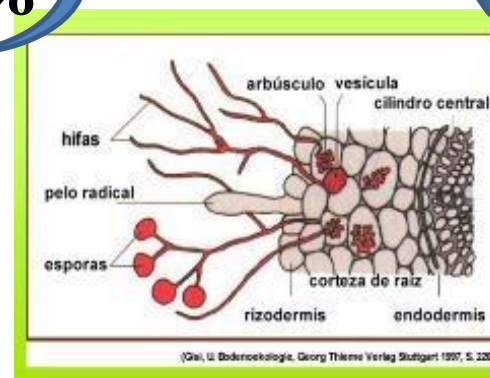


NUTRIMENTO	SIN FÓSFORO		CON FÓSFORO	
	Sin M	Con M	Sin M	Con M
	Absorción de P (mg/planta)			
Fósforo	750	1340	2970	5910

79%

99%

Se incrementa la eficiencia del fertilizante-P en más del 80%



(Diel, U. Bodenökologie, Georg Thieme Verlag Stuttgart 1997, S. 226)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO

¡GRACIAS!

AGRICULTURA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Ing. Francisco Rodríguez Neave
DEPARTAMENTO DE SUELOS, UACH;
neavef@yahoo.com.mx