



Cultivo de Soja

Agua y Nutrientes



Compartiendo conocimientos

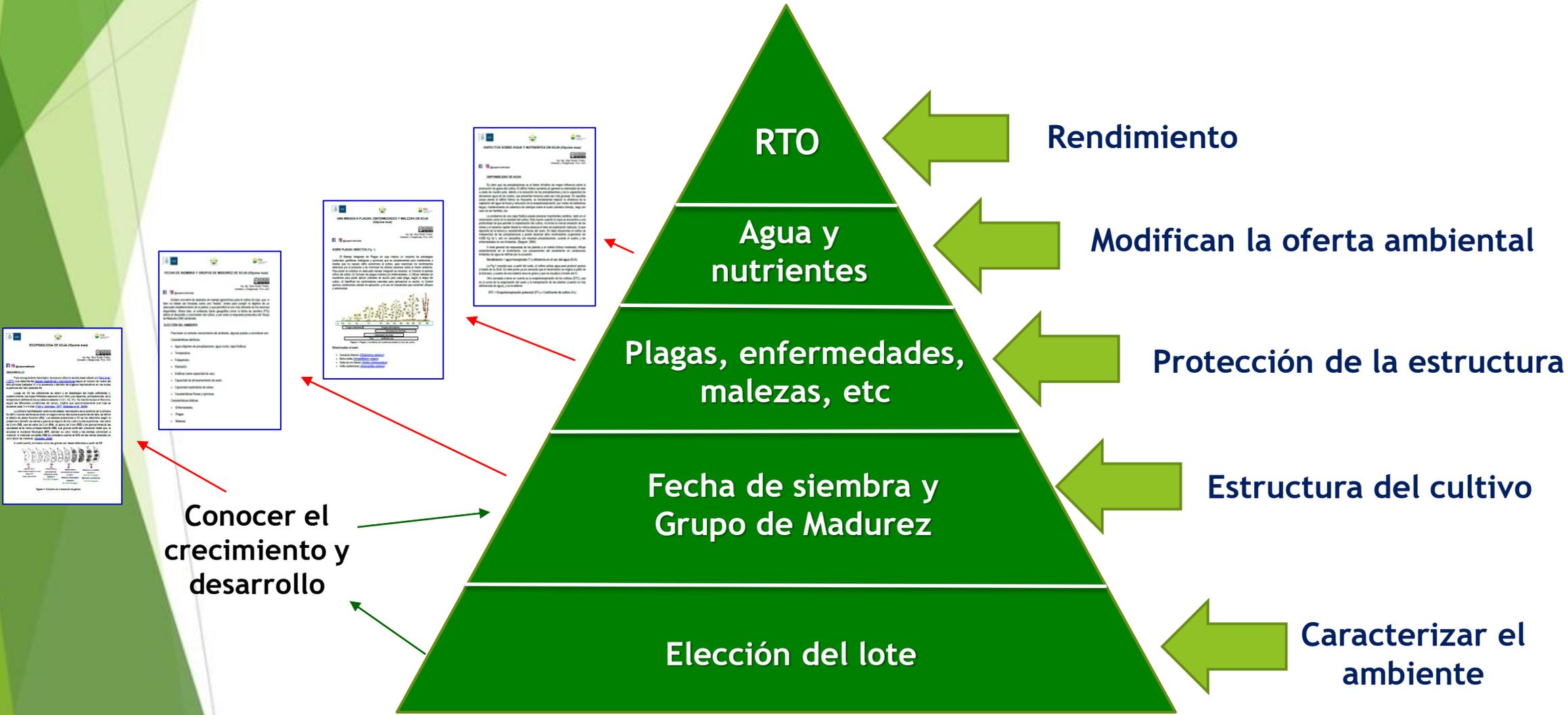
Ing. Agr. (Esp) Rubén Toledo.
Cereales y Oleaginosas, FCA, UNC

 @rubenetoledo



Universidad
Nacional
de Córdoba

Recordamos...



Hoja de ruta



Agua



Nitrógeno



Azufre

Nutrientes



Fósforo

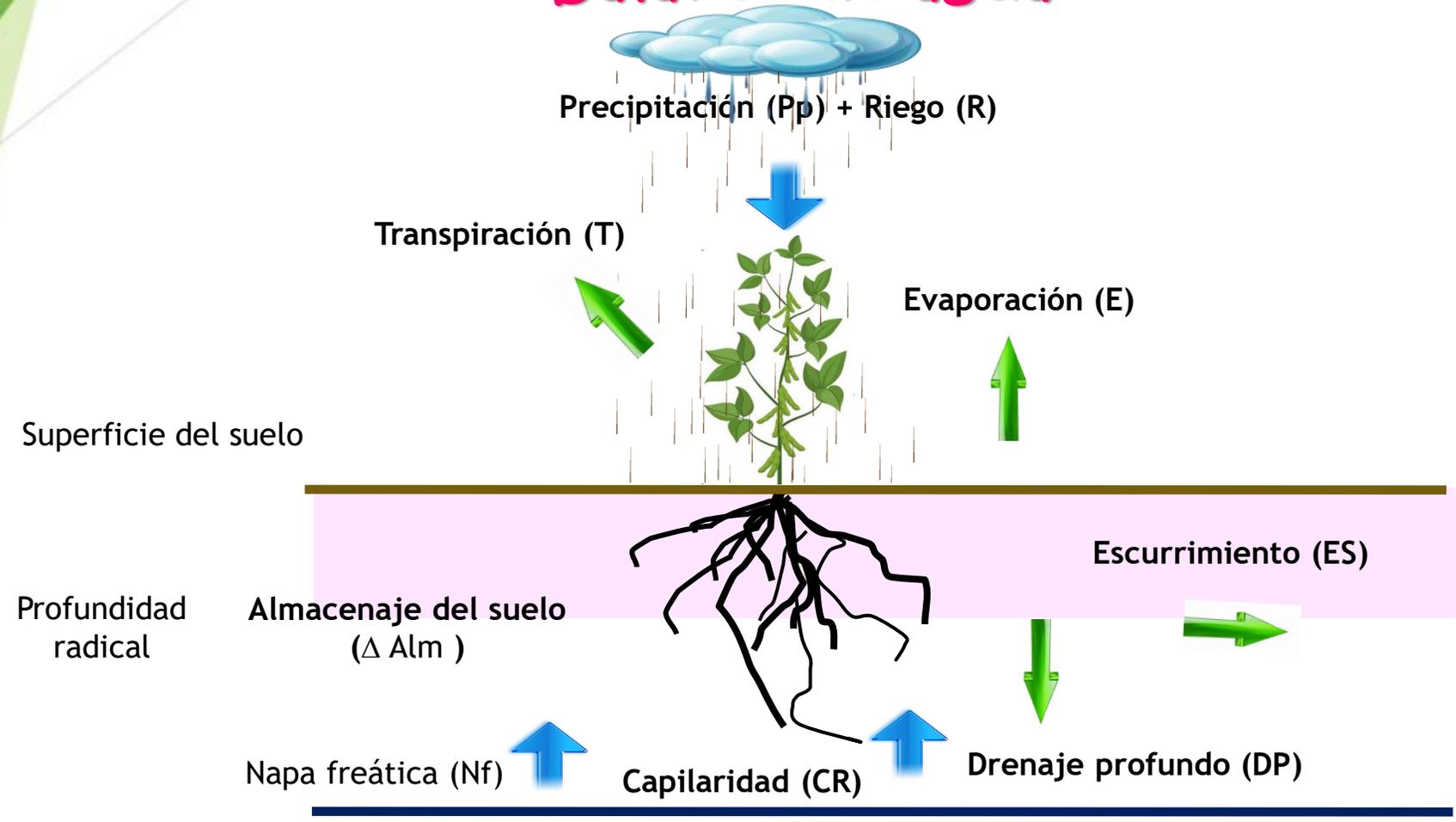


Agua

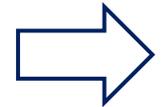
Relación esquemática entre las precipitaciones y el rendimiento



Balance de agua



$$T = Pp + I + Nf \pm ES \pm \Delta Alm - E - DP$$



$$\text{Rendimiento} = T \times \text{EUA}$$

Evaporación y transpiración

La **transpiración** y **evaporación** se producen simultáneamente en forma de vapor de agua, y es difícil separarlas y se engloban en el término de **evapotranspiración (ETc)**



La ETc depende de las características de la cubierta vegetal y de la proporción de suelo desnudo:

- **Clima.**
- **Tipo de cultivo.**
- **Disponibilidad de agua en el suelo**

Necesidades hídricas

¿Cómo se calculan las necesidades hídricas (evapotranspiración, ETC) de los cultivos?

- Se utiliza el procedimiento de la FAO



$ETc = \text{Evapotranspiración de referencia} \times \text{Coeficiente de cultivo}$

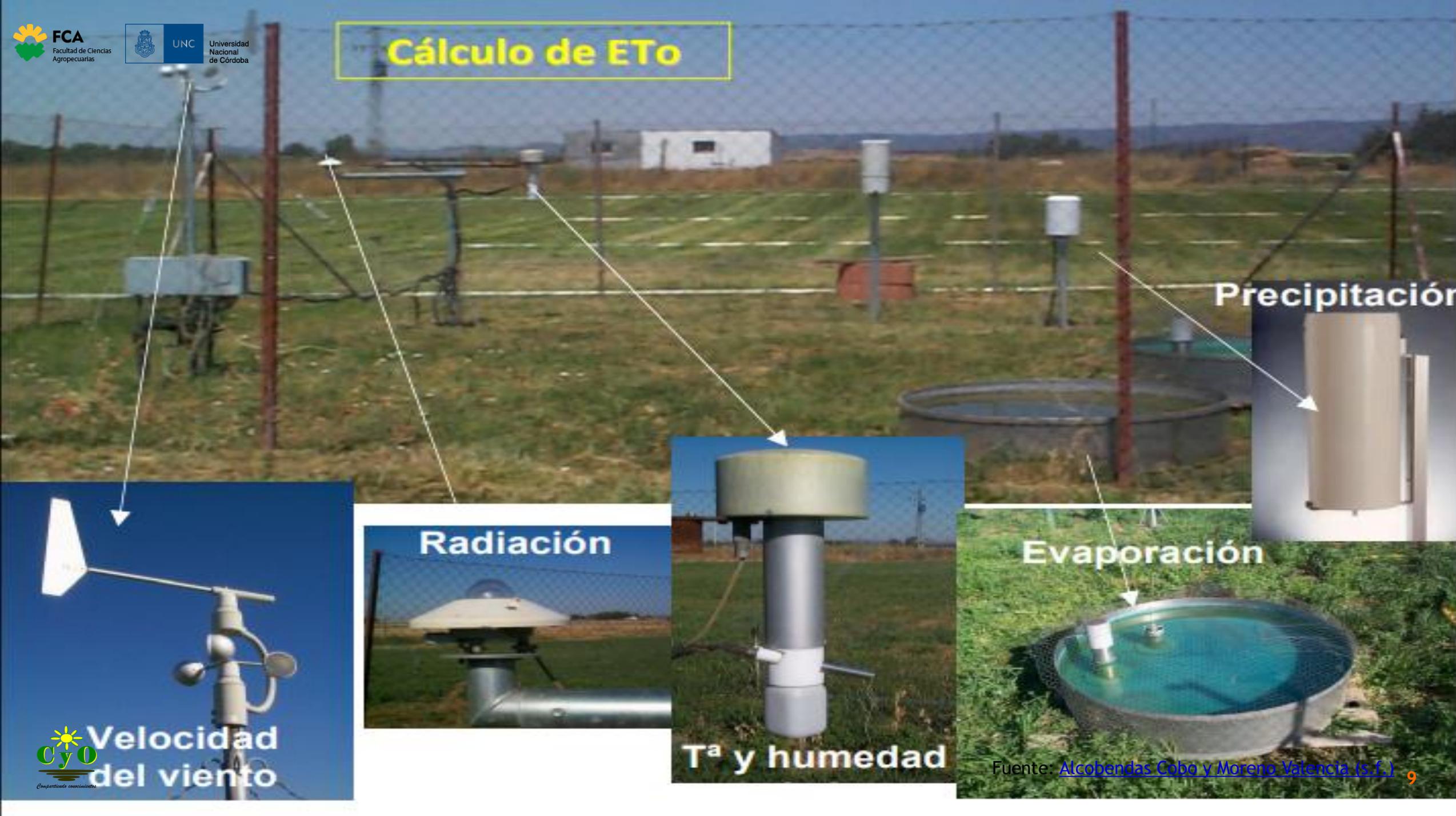
↓
ETo

Depende del clima

↓
Kc

Depende del cultivo
y de su fenología

Cálculo de ETo



Precipitación



Evaporación



Radiación



T^a y humedad



Velocidad del viento

Cálculo de Evapotranspiración

La ET_o se define como el consumo de agua de:

- Hierba corta de 8 a 15 cm de altura
- Cultivada en un campo extenso
- En crecimiento activo y sana
- Sombreado totalmente el suelo
- Bien provista de agua

Calculada en función de variables climáticas
 (T^a , HR, radiación, insolación, viento, evaporación)

Fuente: [Alcobendas Cobo y Moreno Valencia \(s.f.\)](#)



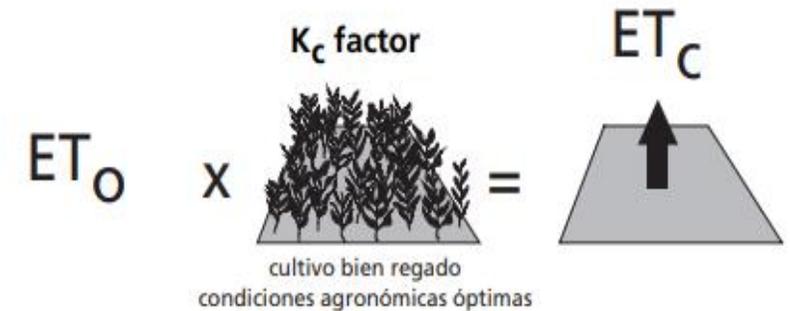
Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)



Evapotranspiración bajo condiciones estándar (ET_c)

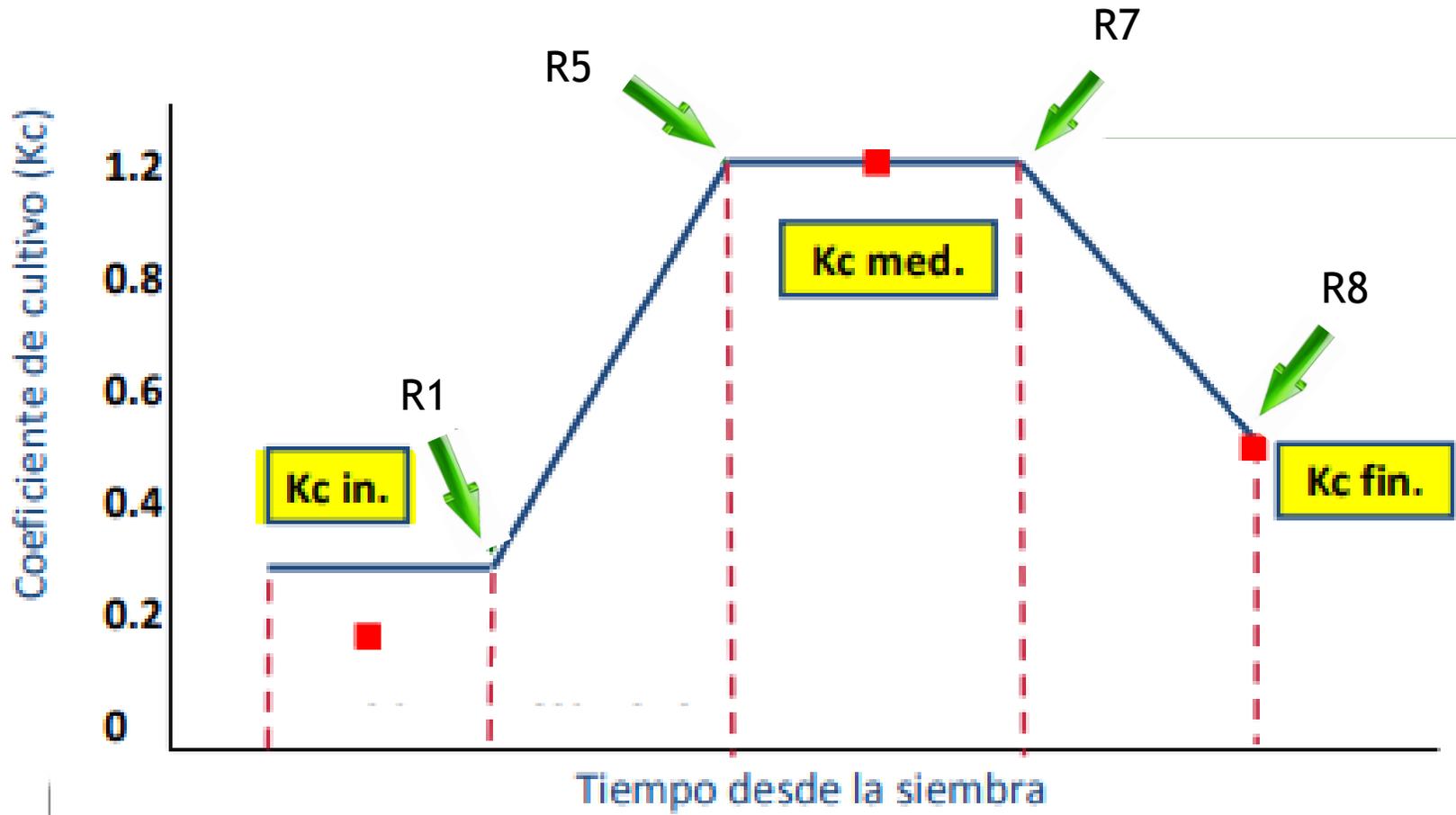


Evapotranspiración bajo condiciones no estándar ($ET_{c\ aj}$)



Fuente: [FAO, 2006](#)

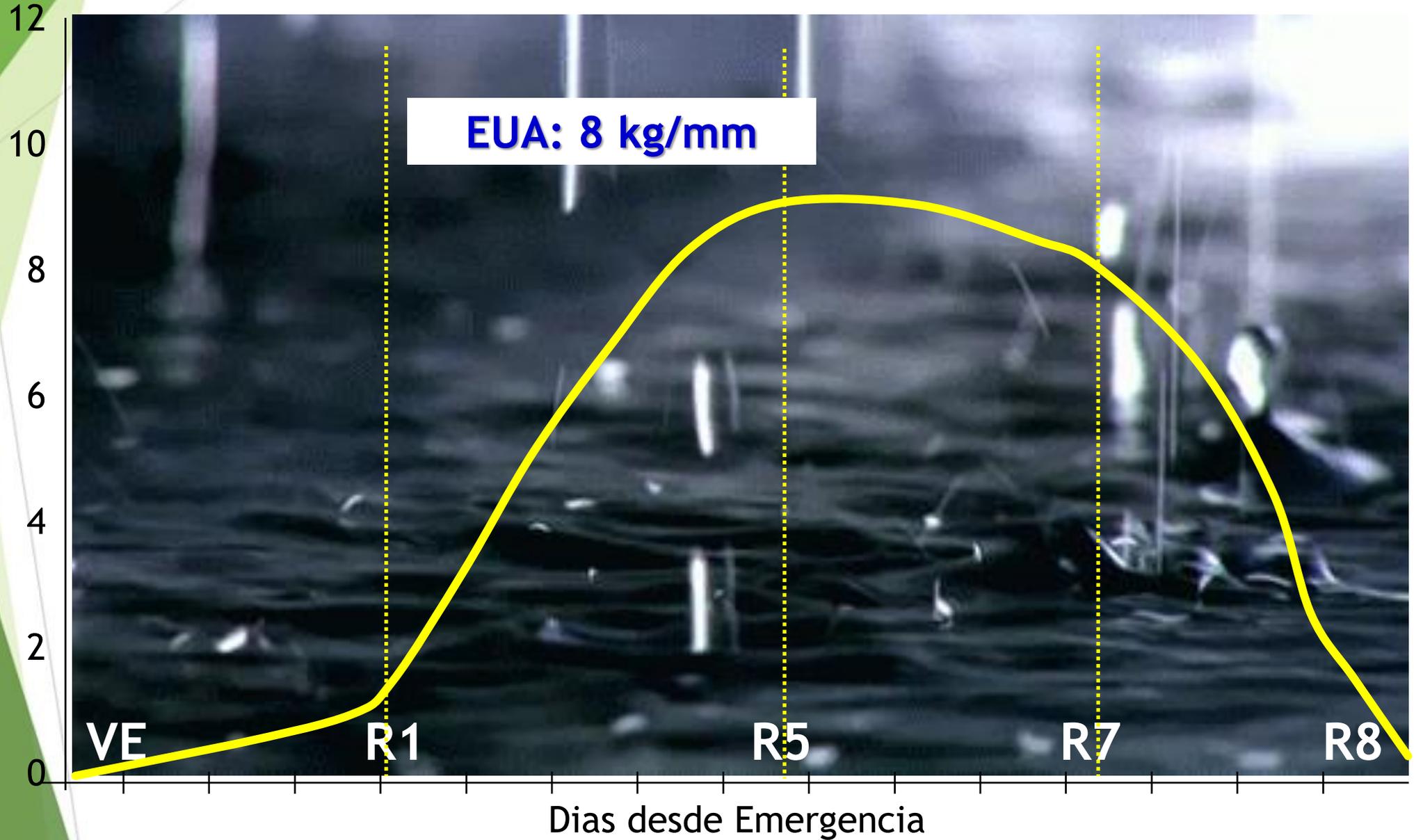
EVOLUCIÓN del Kc



“Valor de Kc depende del momento fenológico”

Uso del Agua

mm día⁻¹

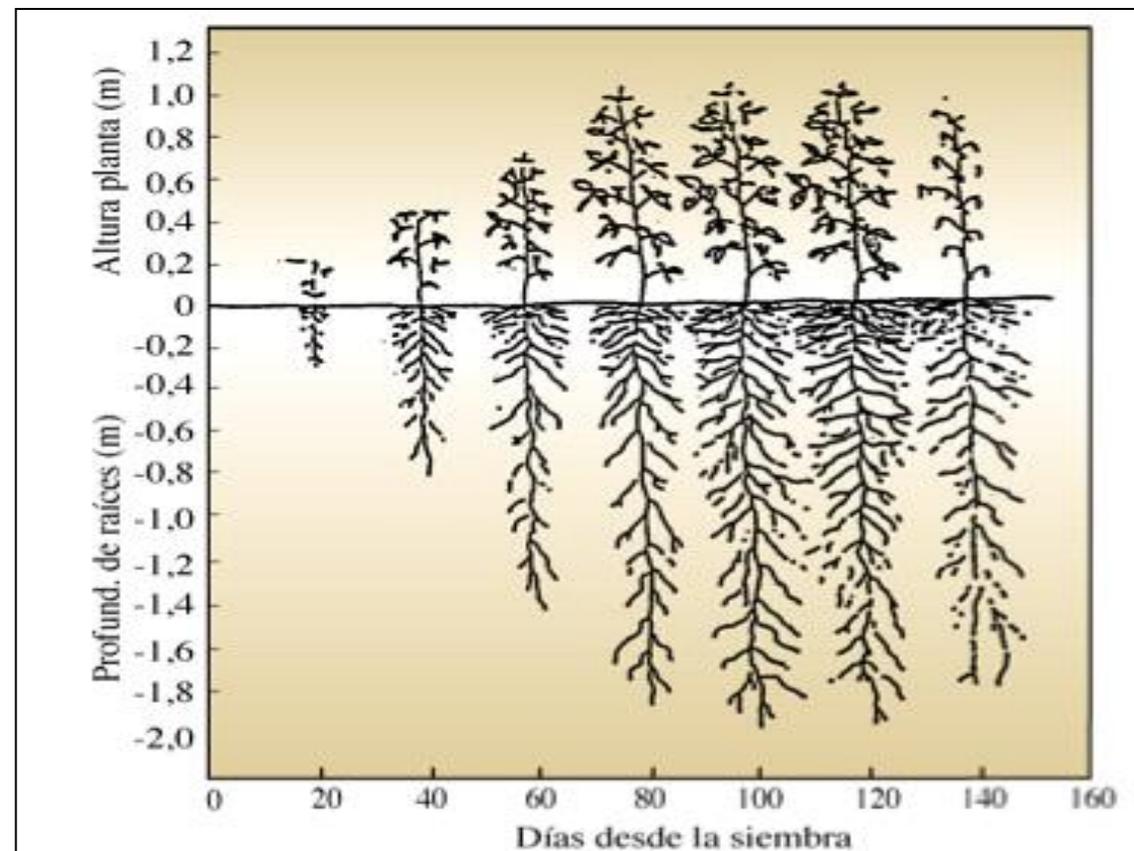


Patrón de desarrollo de la planta

“En R5 la planta logra su máxima altura, y la mayor profundización de raíces”

“A mayor GM mayor capacidad de profundización”

“A mayor GM las raíces pueden llegar y superar los 2m de profundidad, a menor GM dicho desarrollo puede llegar a 1,5m”



Nutrientes

Requerimientos Nutricionales

Nutriente	Requerimientos			Indice de cosecha		
	Soja	Maíz (kg/tonelada de grano)	Trigo	Soja	Maíz %	Trigo
Nitrógeno (N)	75	22	30	73	66	66
Fósforo (P)	6,9	4	5	89	75	75
Potasio (K)	39	19	19	49	21	17
Calcio (Ca)	16	3	3	19	7	14
Magnesio (Mg)	9	3	3	39	28	50
Azufre (S)	4,5	4	4.5	72	45	25
Boro (B)	0.03	0.02	0.03	31	25	
Cloro (Cl)	0.24	0.44		47	6	
Cobre (Cu)	0.03	0.01	0.01	53	29	75
Hierro (Fe)	0.30	0.13	0.14	25	36	
Manganeso (Mn)	0.15	0.19	0.07	33	17	36
Molibdeno (Mo)	0.01			85	63	
Zinc (Zn)	0.06	0.05	0.05	70	50	44

N-P-S: mayor incidencia en rendimientos de soja en Argentina.

Soja: mayores requerimientos y extracción (IC) unitarios de nutrientes que los cereales.

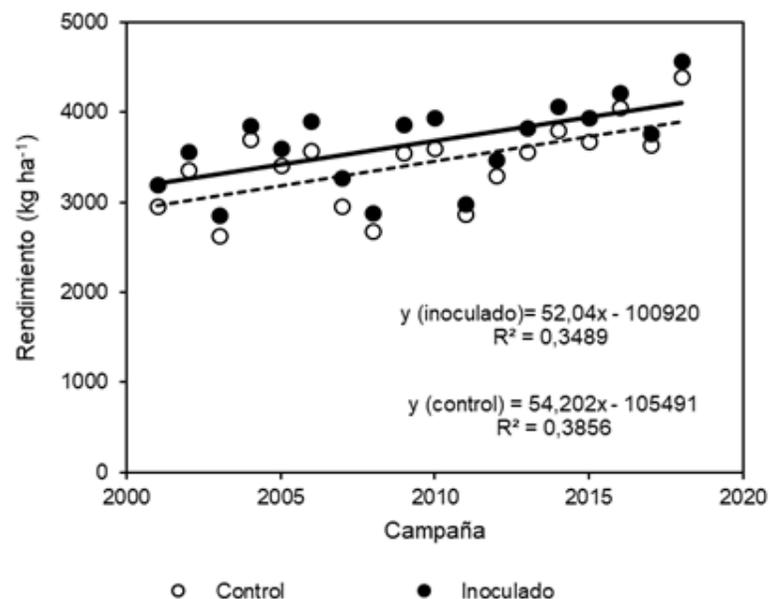
Nitrógeno

N

Aporte de N por inoculación

El sistema de FBN posee una capacidad potencial para cubrir el 75-80% de los requerimientos de N del cultivo.

“En Argentina se estimó que la proporción de N derivado de la FBN representó el 58 % de la absorción total de N”



En términos absolutos, el N derivado del FBN tuvo un promedio de 153 kg N ha⁻¹.

La FBN se relacionó positivamente con el rendimiento en granos con una pendiente de 52 kg N ha⁻¹ fijada por cada tonelada producida de soja.

Evolución de la producción media anual de soja según tratamientos de inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* evaluada en 1143 sitios de cultivo en Argentina (Adaptado de Peticari y col. 2019).

Fuente: [Zorita, et al., 2019](#)

La FBN depende de:

- ✓ Condiciones ambientales (temperatura y humedad)
- ✓ Disponibilidad de nutrientes (N, P, S)
- ✓ Manejo del cultivo (FS, GM, espaciamiento entre surcos, densidad, etc)

¿ Fertilizar con N?

La Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN)

El N del suelo es mucho más caro
que el N de la FBN



Por FBN la planta necesita

2,9 - 6,1 g C/g N

Por absorción y asimilación de nitratos del suelo necesita

0,8 - 2,4 g C/g N

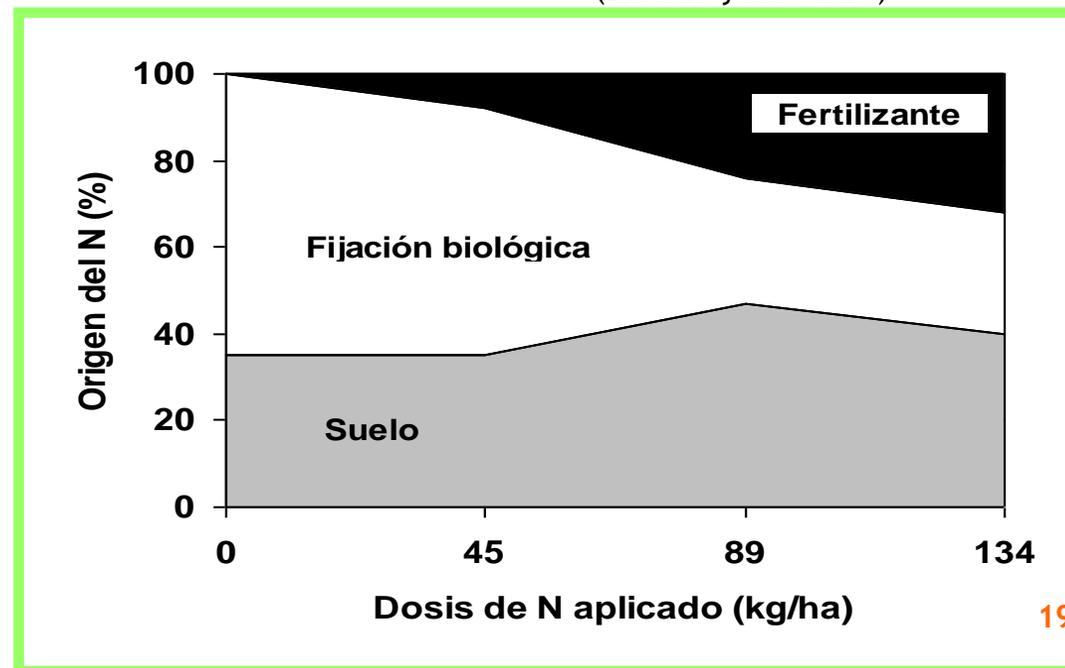
(Sprent, 1989)

¿ Fertilizar ?

- Fertilizaciones iniciales con dosis bajas en situaciones de deficiencia de N.
- Fertilizaciones tardías para complementar el aporte de N cuando los nódulos disminuyen su actividad.

Utilización del N en el cultivo de soja

(Diebert y col. 1979)



Aporte de N por los nódulos

Nodulación eficiente

Tamaño : <5 mm
 Color interno: R-Ros
 Ubicación: <20 % cuello <50 nod/pl.
 Plantas noduladas: >80%
 Peso seco: <600 mg/pl



Nodulación ineficiente

Tamaño : <3 mm
 Color interno: V-B
 Ubicación: <5 % cuello >60 nod/pl.
 Plantas noduladas: >80%
 Peso seco: <300 mg/pl



Las Bacterias demoran de **5 - 10 hs** para penetrar a través de los pelos radiculares de la planta



Los nódulos se hacen visibles desde los **20 días** de emergida la planta y alcanzan un máximo tamaño cuando el grano esta totalmente formado



A partir de los **30 días** de emergencia la planta comienza la **FBN**

CAUSAS QUE PERJUDICAN LA FBN
Mal establecimiento del sistema nodular
Alta concentración de nitratos en la zona de raíces
Déficit hídrico
pH
Bajo contenido de P, S u otros nutrientes en el suelo
Condiciones ambientales que reduzcan el el crecimiento del cultivo



Fósforo

P

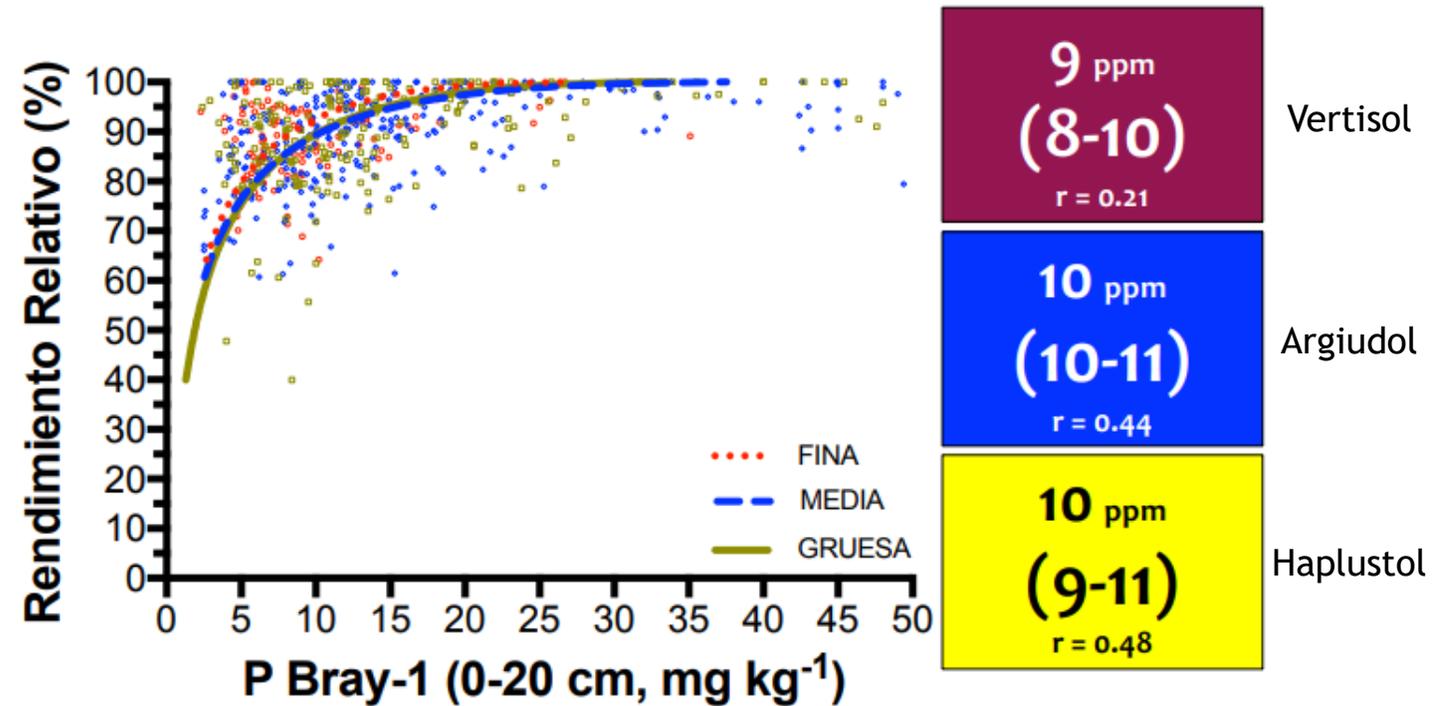
Generalidades de P

- ✓ Segundo elemento en importancia para Soja
- ✓ Nutriente inmóvil en suelo.
- ✓ Tiene elevada residualidad, lo que permite que pueda ser aprovechado por cultivos posteriores.

Como manejar el P

- ❖ Conocer el nivel de P Bray según el análisis de suelo

SOJA – NIVEL CRITICO – Correndo et al. (2018)



Como manejar el P

❖ Decidir

Fertilización para cubrir la demanda del cultivo.
(mantenimiento)

Fertilización de “suficiencia y construcción”: es decir
mantener y/o mejorar el nivel de P Bray del suelo
(Reposición)

Tabla de recomendación para fertilización con P

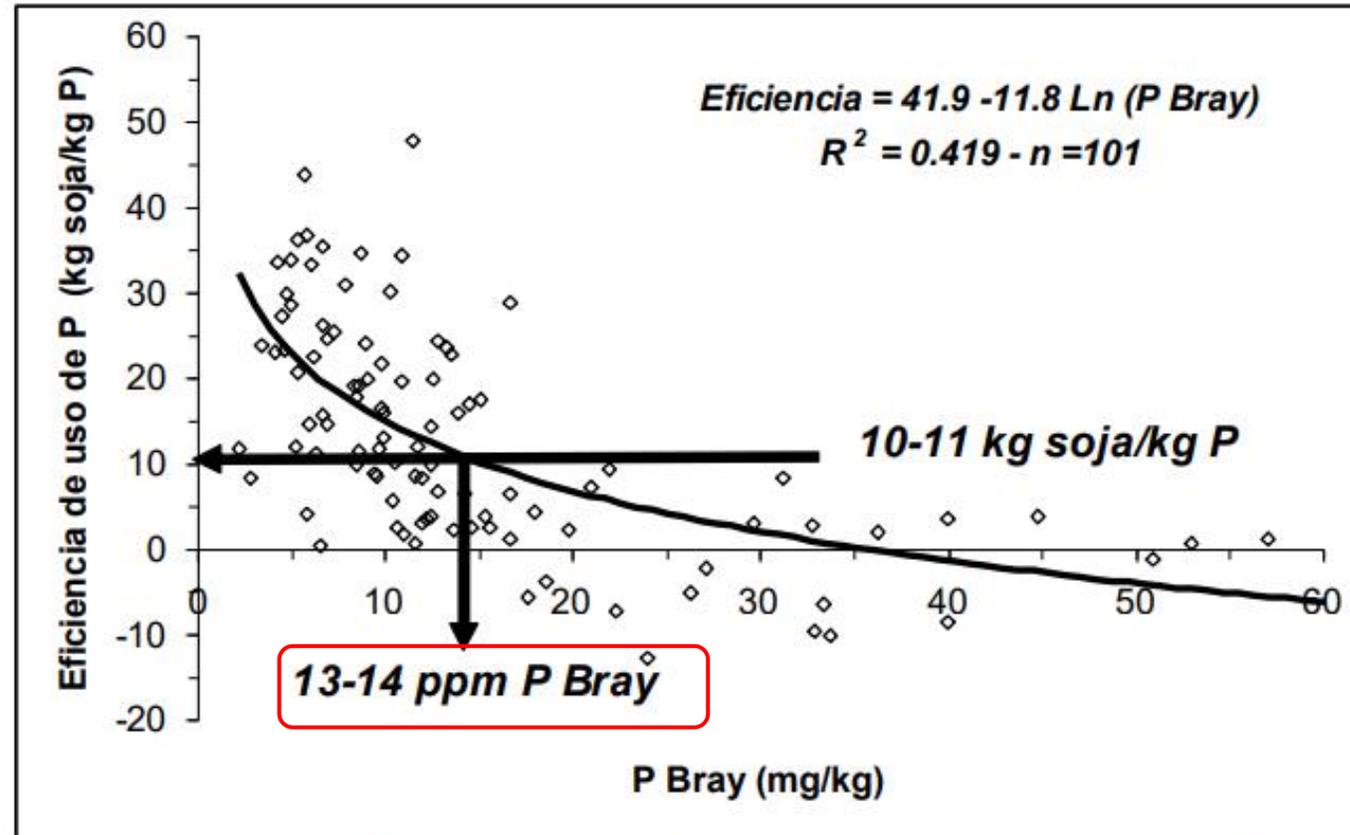
**Recomendación de fertilización fosfatada según
contenido de P disponible (Bray 1) y rendimiento objetivo**
(INTA-FCA Balcarce - Echeverría y García, 1998)

Rendimiento	Concentración de P disponible en el suelo (mg/kg)				
	Menos 4	4-6	6-8	8-11	11-16
<i>ton/ha</i>	<i>kg P/ha</i>				
2	19	14	12	10	0
2.5	21	17	15	13	0
3	24	20	17	16	11
3.5	27	22	20	18	14
4	29	25	23	21	16
4.5	32	28	25	24	19

Eficiencia de uso de P

101 ensayos Región Pampeana Argentina (1996-2004)

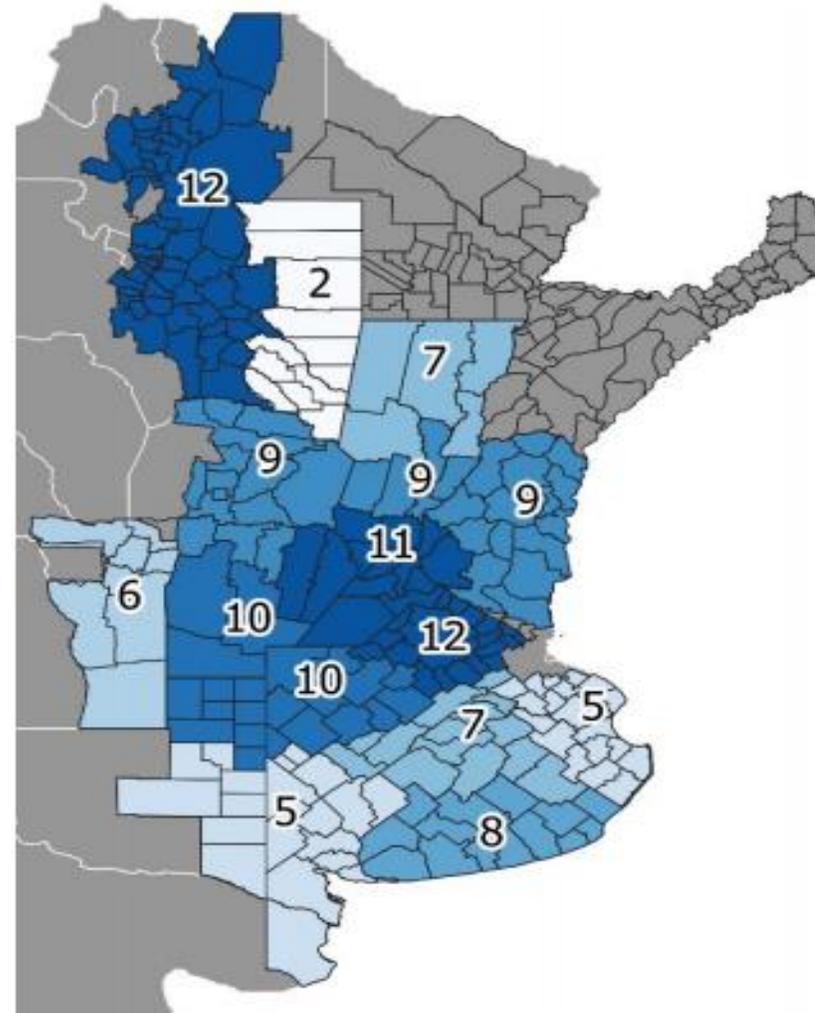
Fuente: INTA, Proyecto INTA Fertilizar, FA-UBA, FCA-UNER y CREA Sur de Santa Fe



Para una eficiencia de indiferencia de 10-11 kg soja/kg P,
el nivel crítico de P Bray sería de 13-14 ppm

Dosis de fertilizantes aplicados

Fertilización fosforada (kg P/ha aplicada)



Promedio
nacional:
9 Kg P /ha

Azufre

S

Situaciones de deficiencia de S

- Suelos con bajo contenido de MO, suelos arenosos.
- Sistemas de cultivo mas intensivos, disminución del contenido de MO.

Diagnóstico de de deficiencia de S

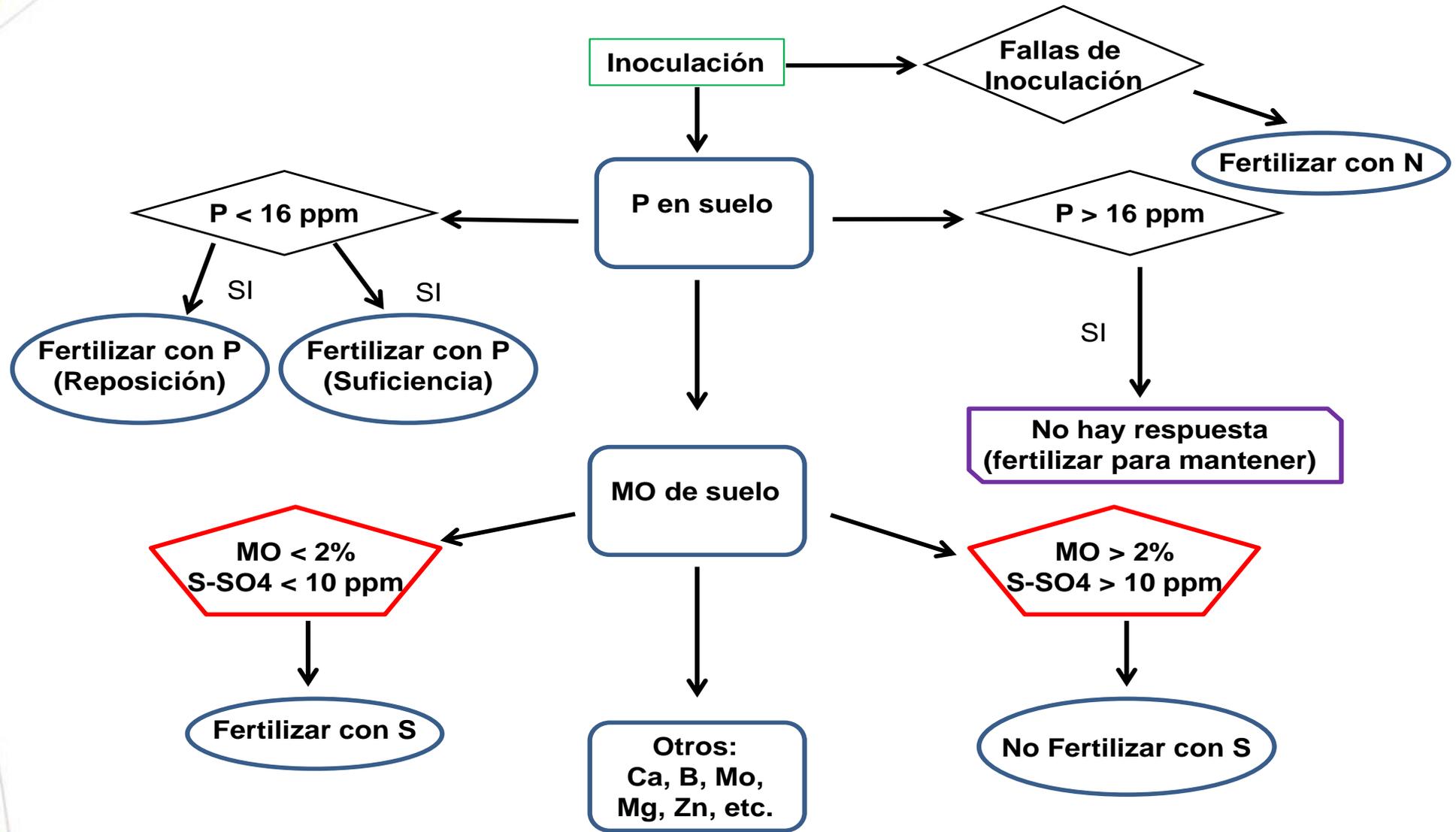
- Caracterización del ambiente.
- Nivel crítico de ppm de S-sulfatos (en algunas situaciones).
- Balance de S en el sistema.

Manejo de S

- Dosis de 10-15 kg S por ha
- Respuesta de indiferencia de 50-100 kg/ha de soja
- Respuestas de 200 a 800 kg/ha según sitio
- Fuente con S como sulfato con similar eficiencia
- Aplicaciones pre-siembra, siembra o post-emergencia temprana, al voleo, chorreado o en bandas

Estrategia de fertilización en soja

(Modificado de Fontanetto 2011, Díaz Zorita, 2003)



Pasos concretos y prácticos

- ❑ **Inocular siempre.**
- ❑ **Análisis de suelo:** Determinar P Bray y fertilizar según criterio de suficiencia o de reposición. Chequear otros nutrientes, PH y MO.
- ❑ **Azufre:** Fertilizar con S en lotes degradados o de bajo nivel de MO, adecuada nutrición NP, bajo nivel de S-sulfatos, ausencia de napa o napa sin sulfatos.
- ❑ **Micronutrientes:** Evaluar a partir de análisis de suelo (ver MO y PH), frecuencia de respuesta en la zona, manejo de P y S.
- ❑ La nutrición es uno de los factores de producción que interactúa con los otros factores, y prácticas de manejo de suelo y de cultivo (rotaciones, coberturas, etc)

Links para observar síntomas visuales



Síntomas de deficiencias nutricionales en SOJA