



# Optimización de la Fertilización de Cultivos con Pivote Central

*Iván Vidal*

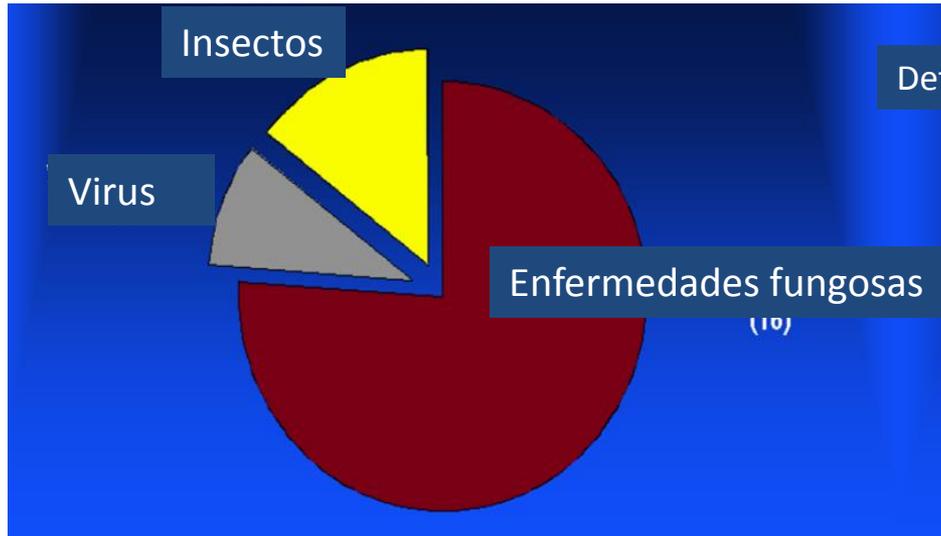
*Universidad de Concepción*

*[ividal@udec.cl](mailto:ividal@udec.cl)*

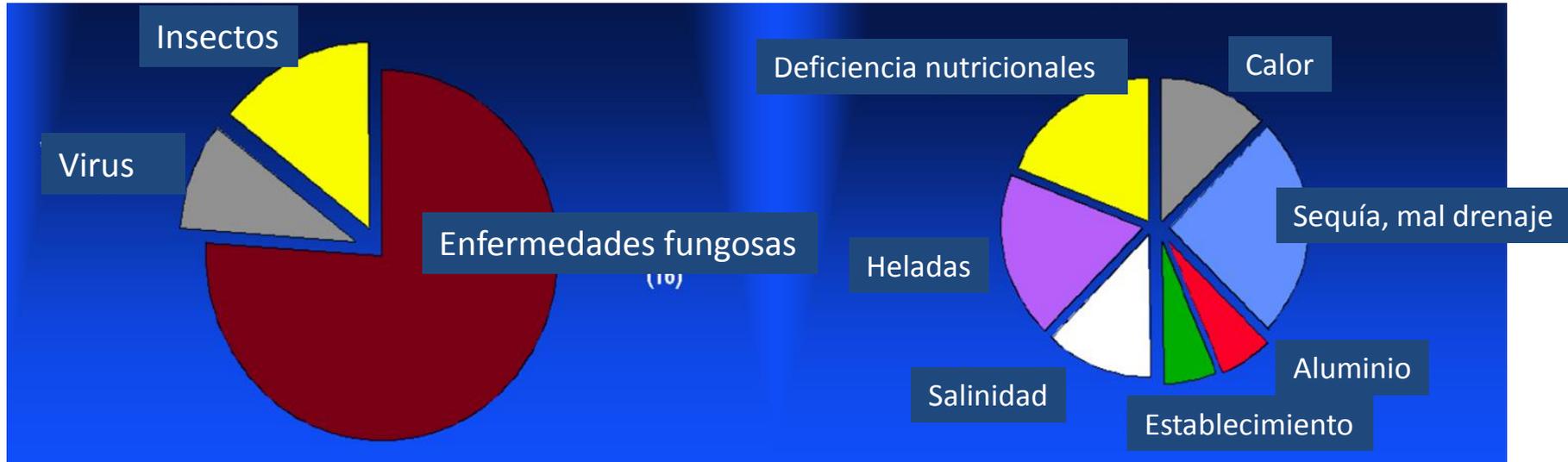


La mayoría de los cultivos alcanzan una fracción menor de su potencial genético.

Estrés Bióticos



Estrés Abióticos



# Estrés y productividad



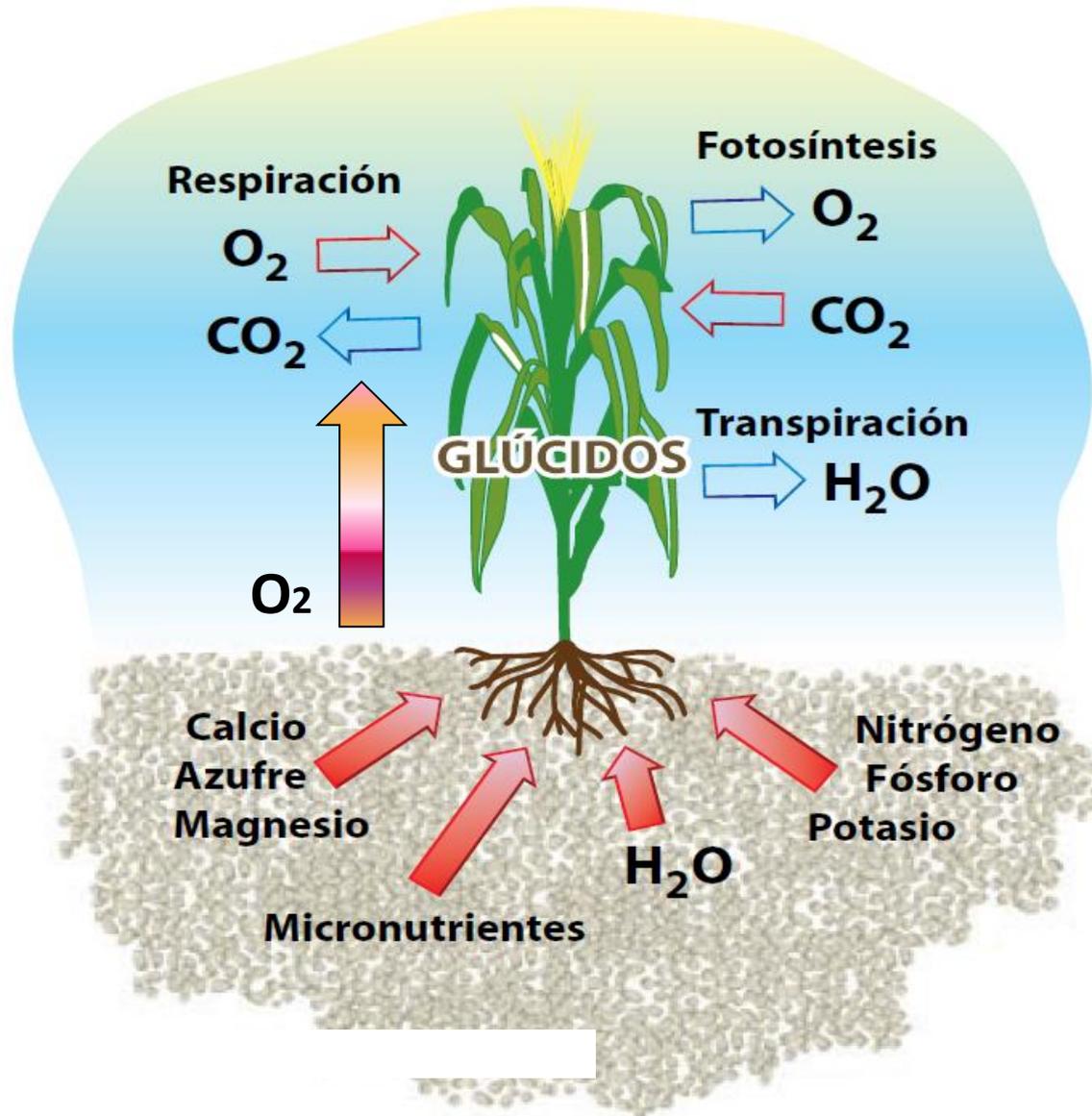
# Que es estrés

Una condición externa que afecta negativamente el desarrollo y productividad del cultivo.

**El estrés desencadena una serie de respuestas en la planta:**

- Altera expresión genética
- Metabolismo celular
- Modifica la tasa de crecimiento y rendimiento

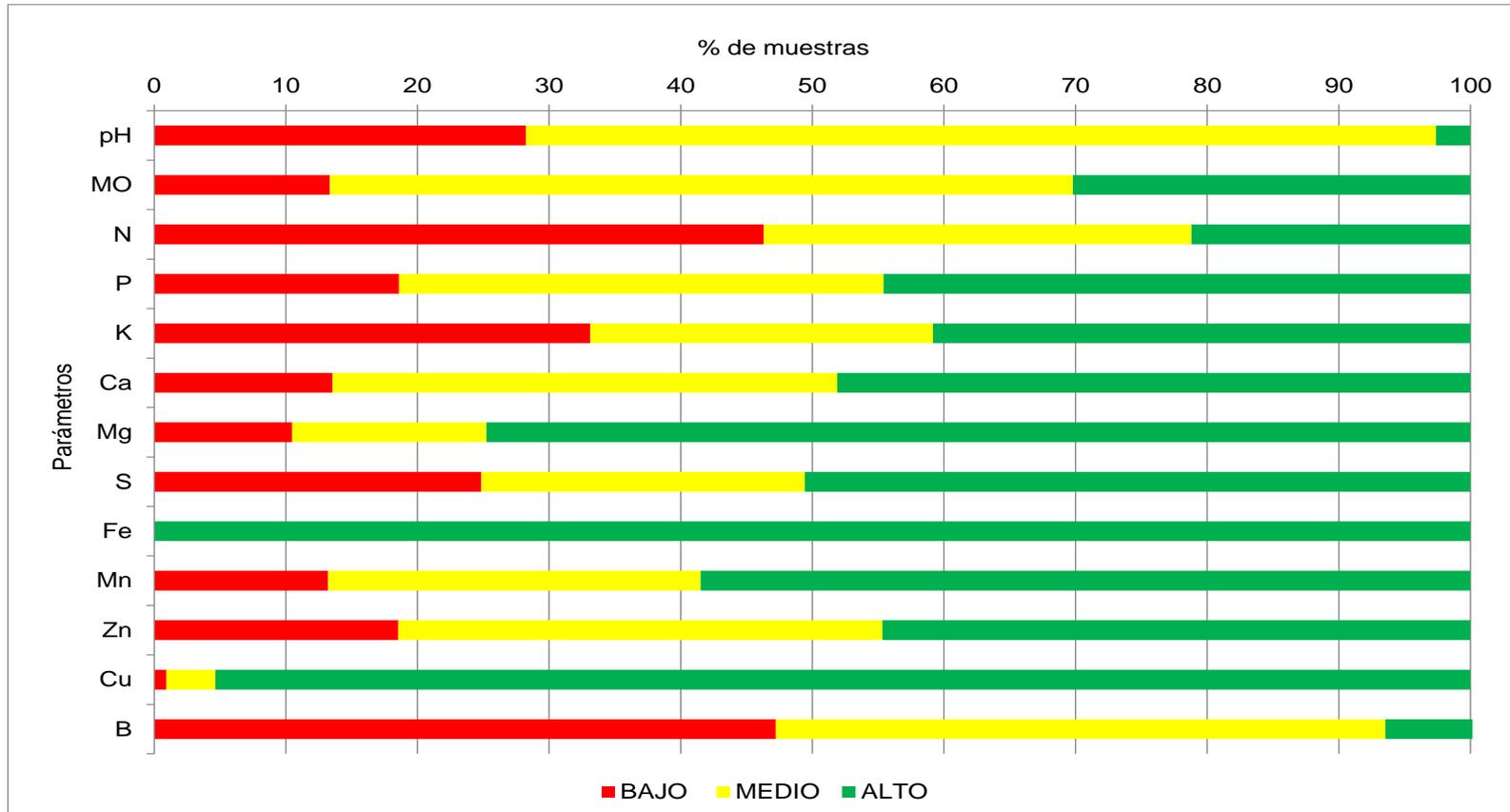
# . Esquema básico de la nutrición de los cultivos





El agua y la nutrición son los factores de mayor impacto en la rentabilidad

# Categorías de disponibilidad de nutrientes en la zona centro-sur (Datos Irrifer. 20.000 muestras).



# Fertirrigación con Pivote

*Excelente herramienta para optimizar el agua y la nutrición*

- Difusión de los sistemas de riego presurizado: 1700 pivotes en Chile que riegan 85.000 has (Roa, 2016)
- Disponibilidad de fertilizantes solubles
- Costo creciente de la mano de obra
- Necesidad de aumentar eficiencia de los fertilizantes





¿PORQUE FERTIRRIGAR?

# Dinámica de la absorción de Nutrientes

La planta no puede absorber de una sola vez el requerimiento total de agua requerida en la temporada...



Los nutrientes también deben ser dosificados de acuerdo a sus requerimientos y dinámica de consumo.



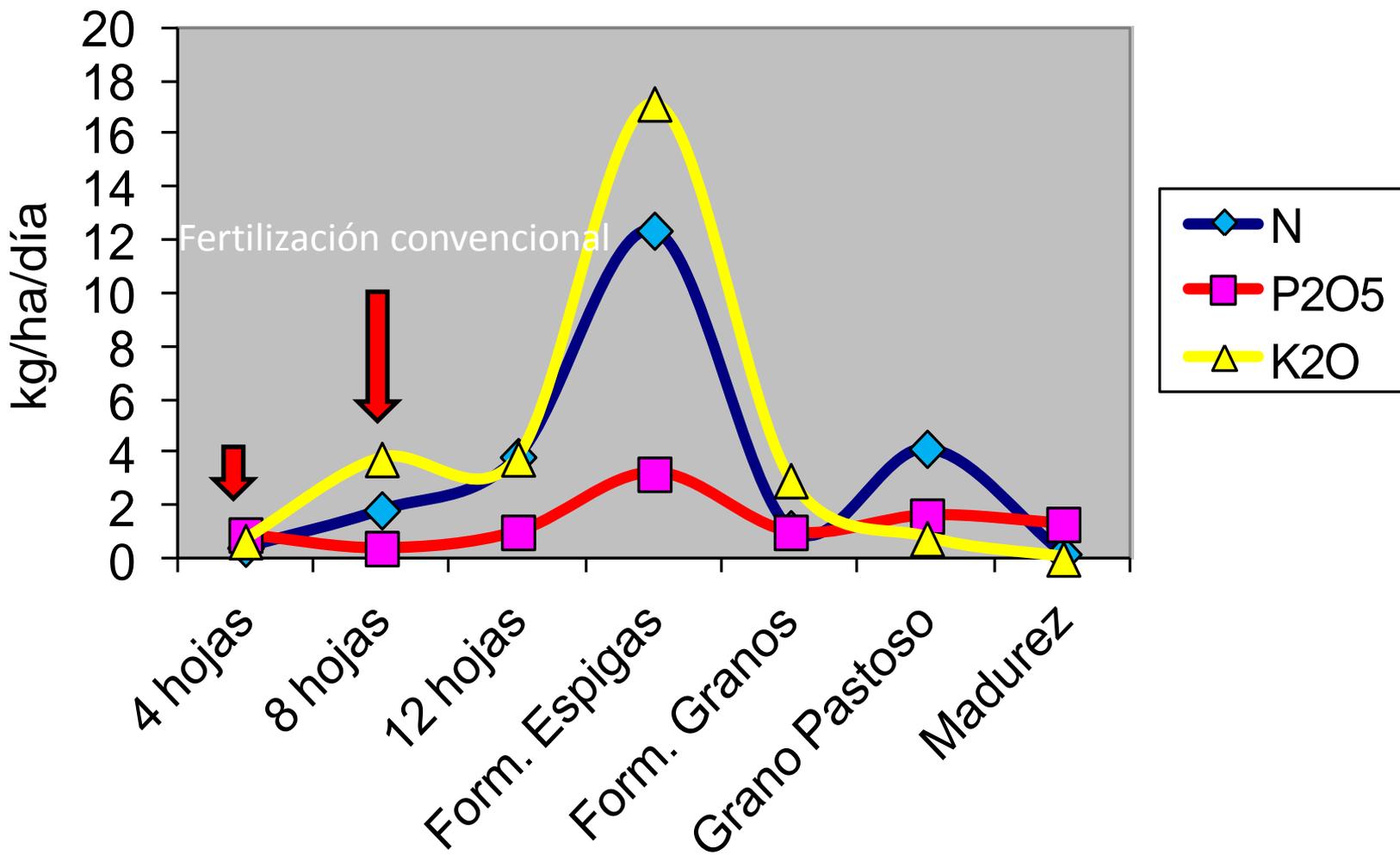
# Dinámica de Absorción de nutrientes

En fertirrigación permite sincronizar la tasa de absorción con el aporte de nutrientes

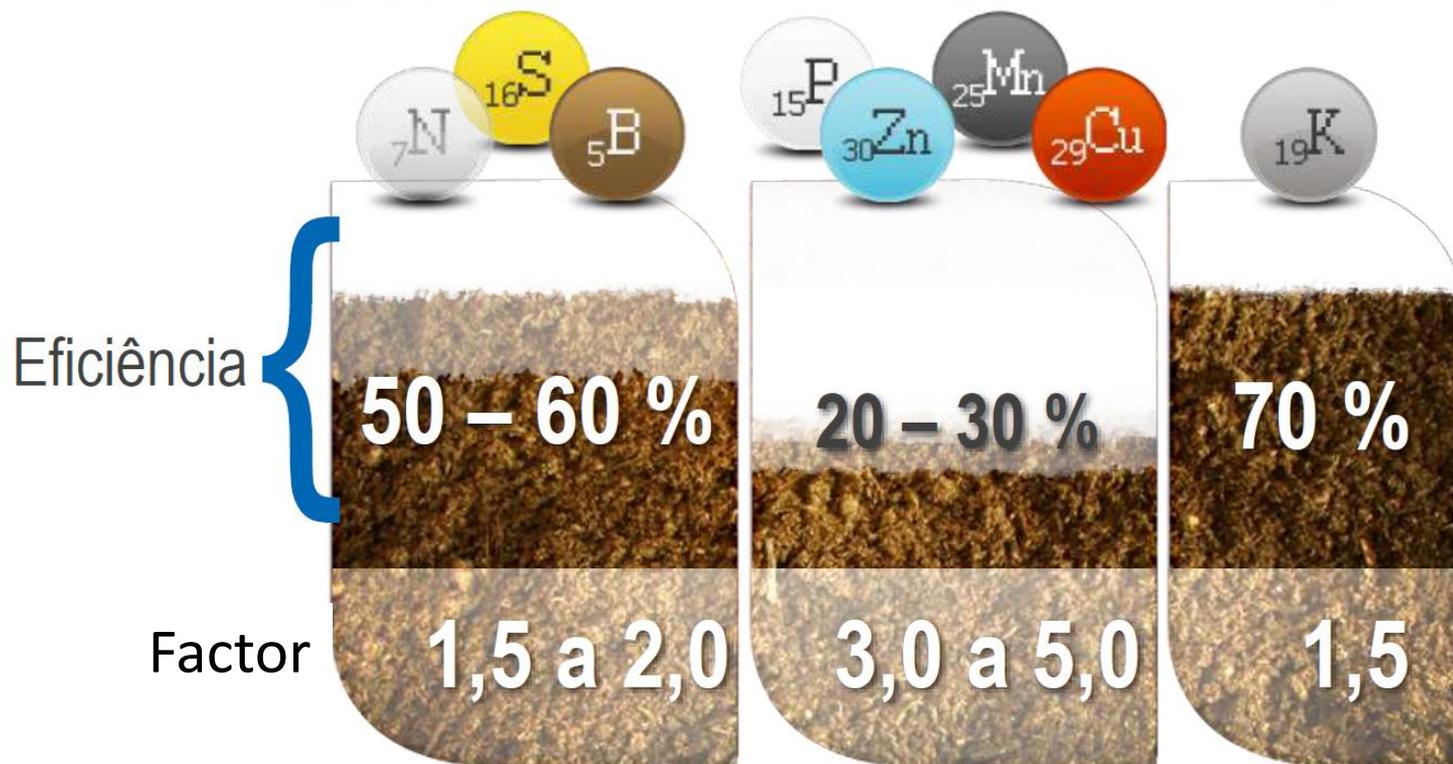
- *Dosis precisa*
- *Composición precisa*
- *Epoca de Aplicación precisa*



# Consumo diario de nutrientes durante las etapas de desarrollo del Maíz

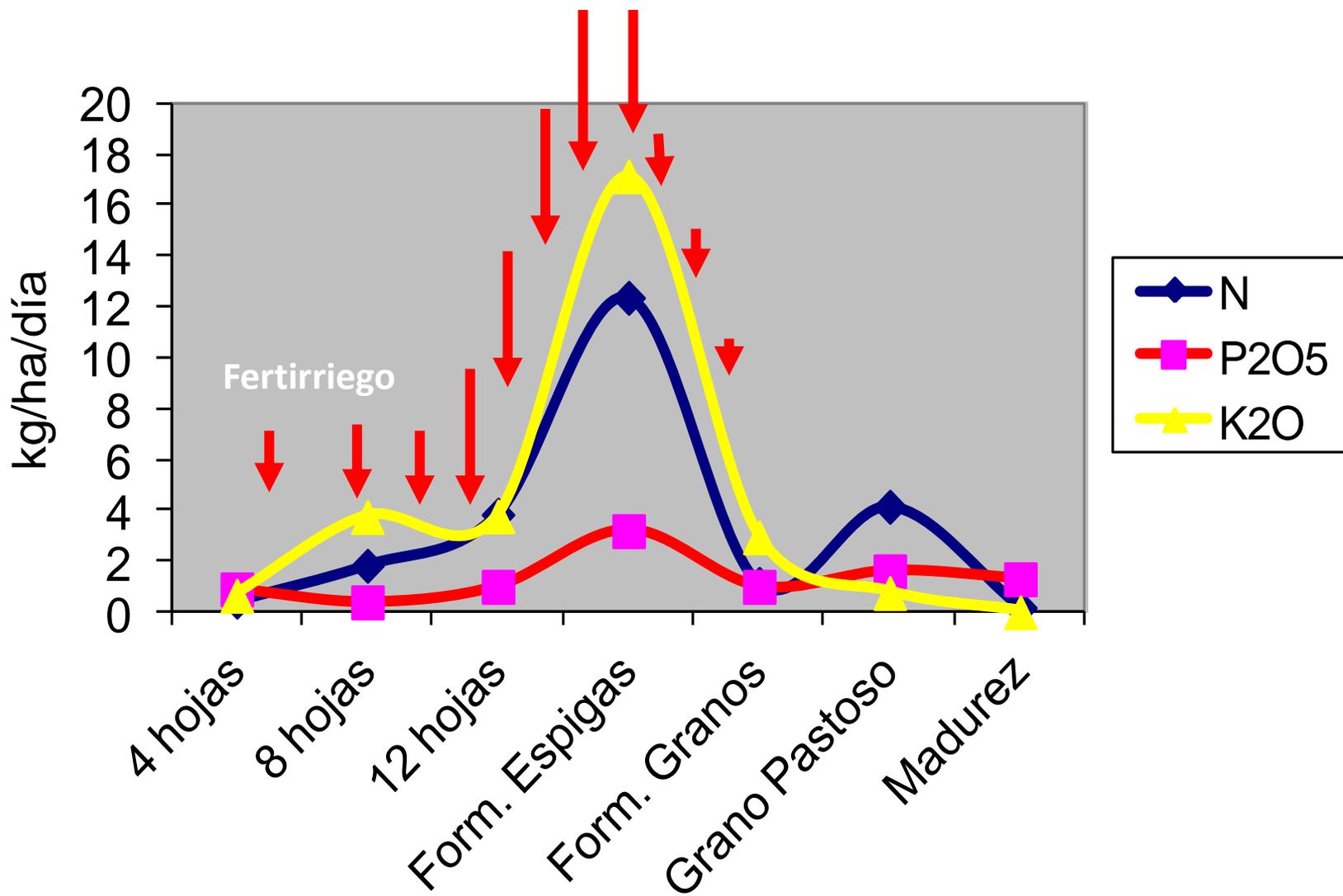


# Eficiencia media en fertilización convencional

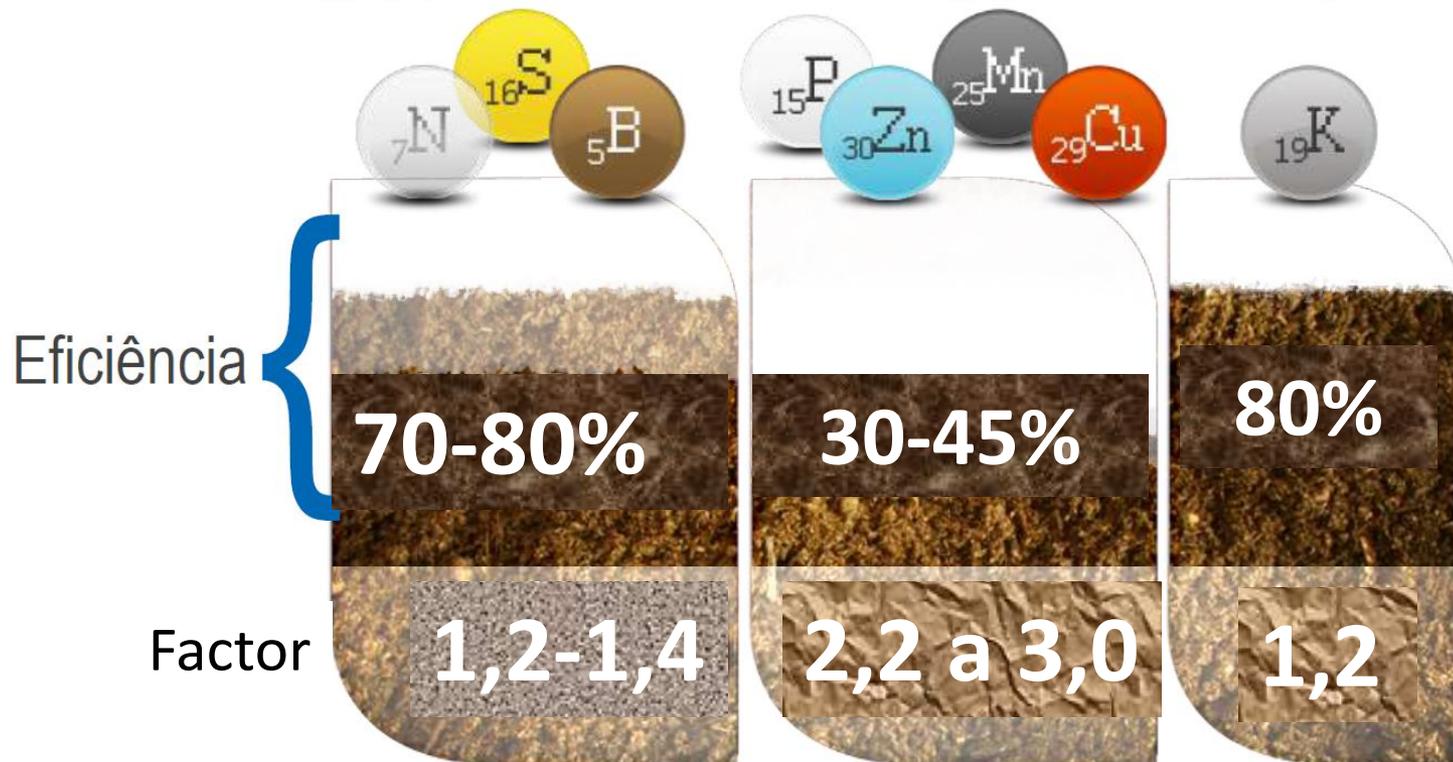


Fonte: Vitti (2011)

# Esquema de fertirrigación durante las etapas de desarrollo del Maíz



# Eficiencia media en fertirrigación



Fonte: Vitti (2011)

# Ejemplo de ahorro N en maíz

$$DOSIS\ N = \frac{DEMANDA - SUMINISTRO}{EFICIENCIA}$$

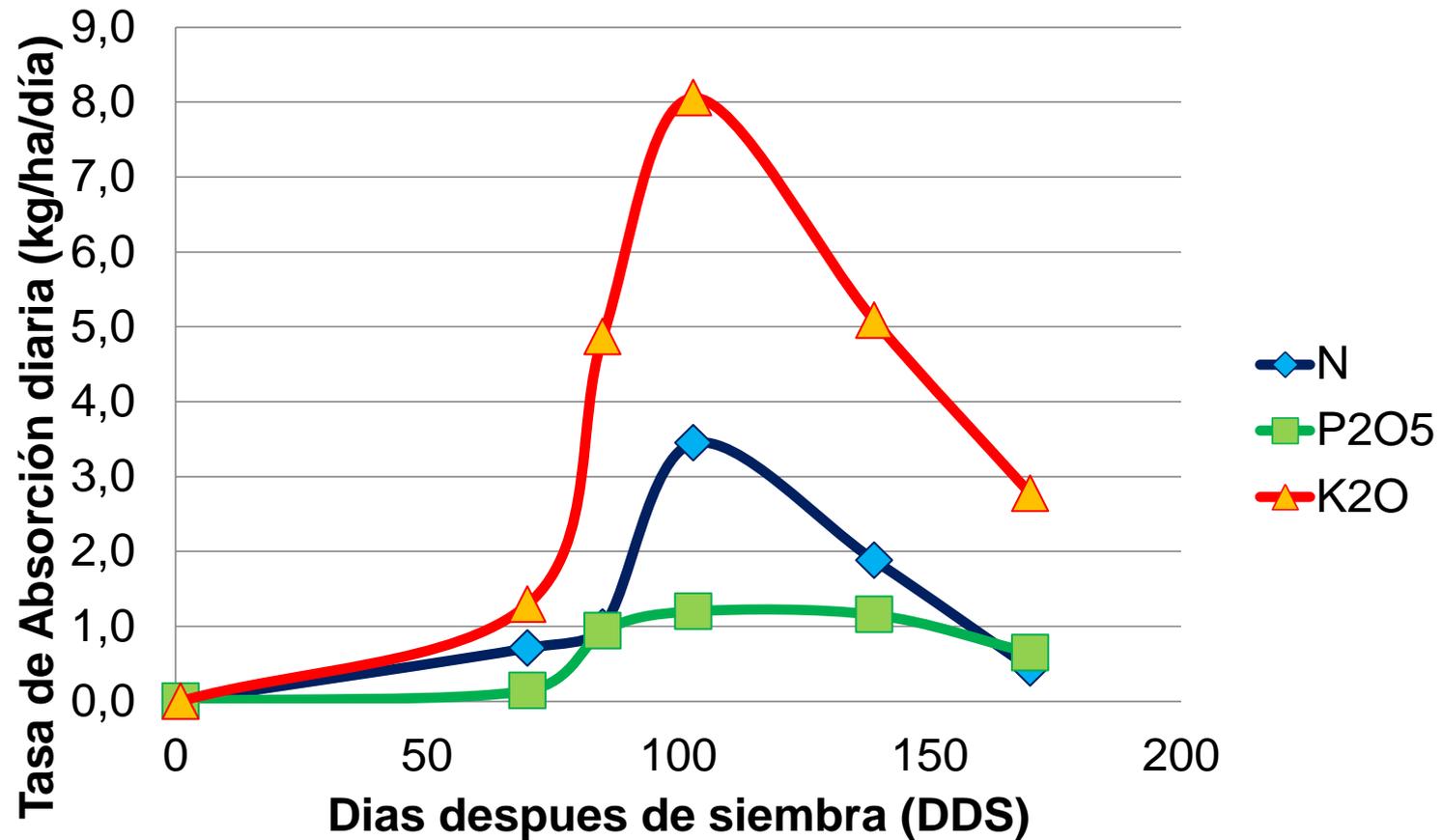
Dosis de N para 160 qq/ha de maíz

$$\text{Convencional} = \frac{320\ \text{kg N} - 120\ \text{kg N}}{0,50} = 400\ \text{kg N/ha}$$

$$\text{Fertirriego} = \frac{320\ \text{kg N} - 120\ \text{kg N}}{0,80} = 250\ \text{kg N/ha}$$

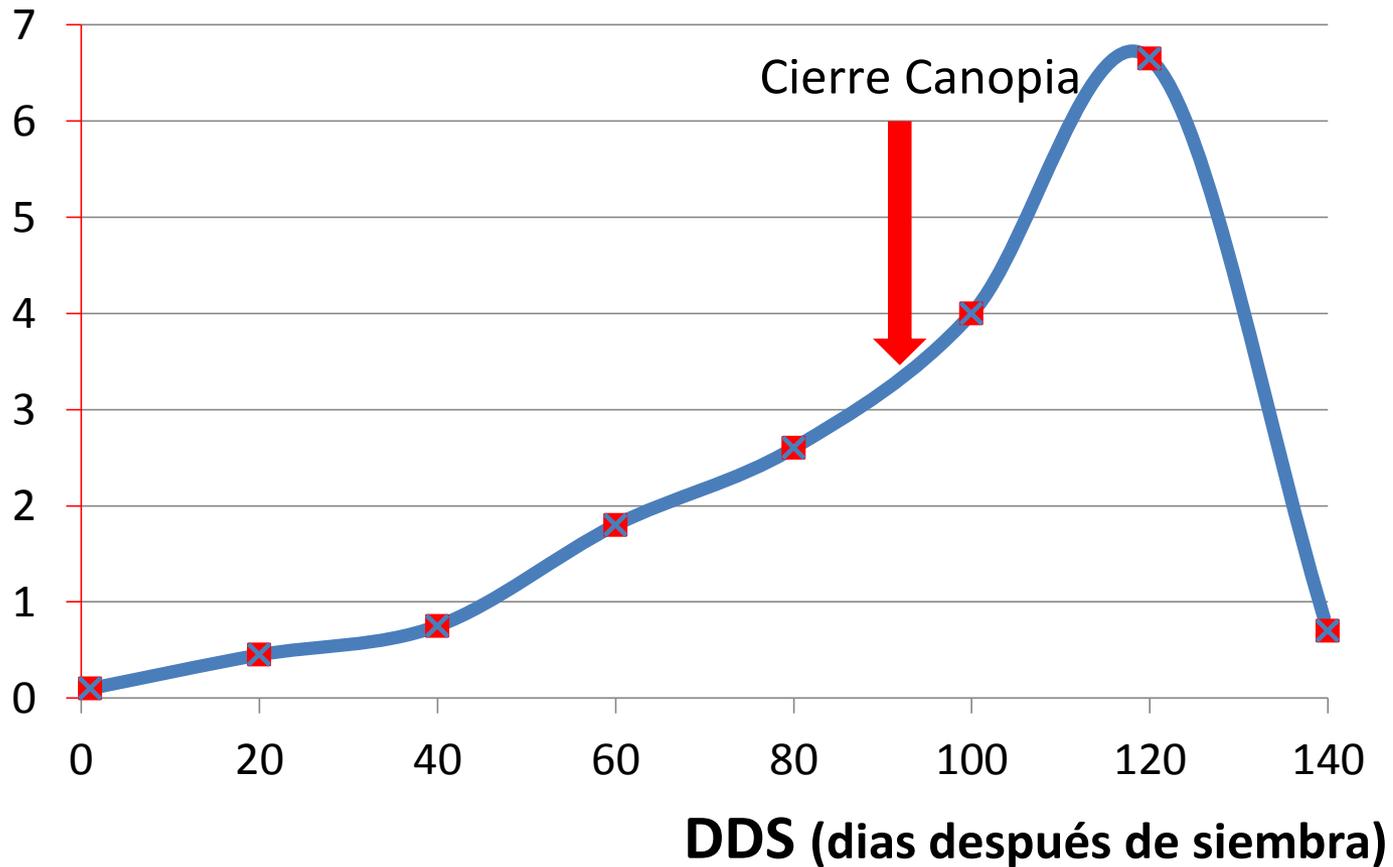
**¡Ahorro 326 kg Urea/ha!**

# Tasa de absorción diaria de nutrientes de Achicoria

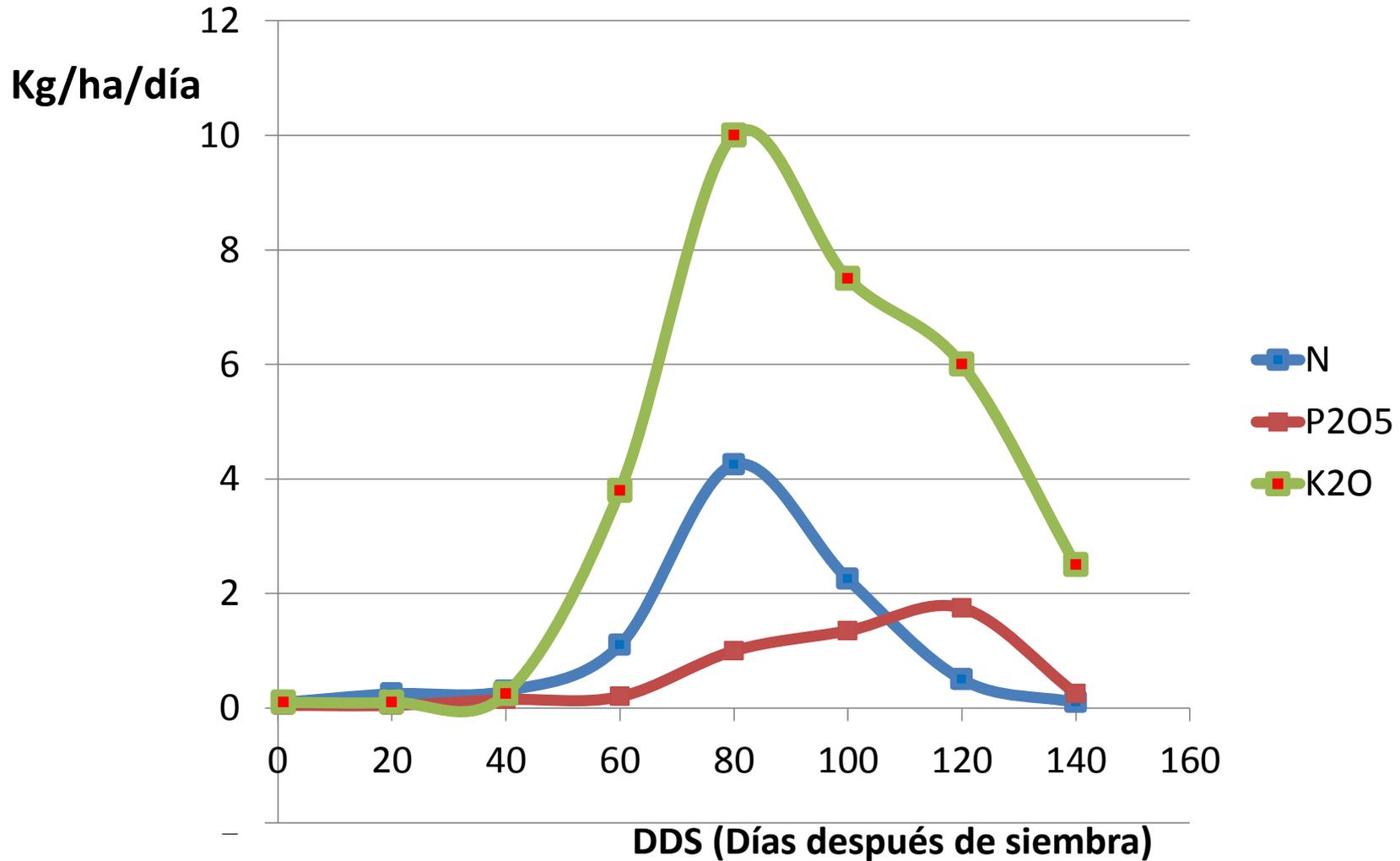


# Tasa de absorción diaria de N por la remolacha

kg N/ha/día



# Tasa de absorción diaria de nutrientes de la zanahoria



# DEFICIENCIA DE MANGANESO EN TRIGO



Comienzan a desaparecer los síntomas con aplicación de sulfato de Mn por fertirrigación con pivote.



Desaparición completa de los síntomas.



# Secuencia corrección deficiencia de Mn



DIA 1



DIA 10



DIA 20

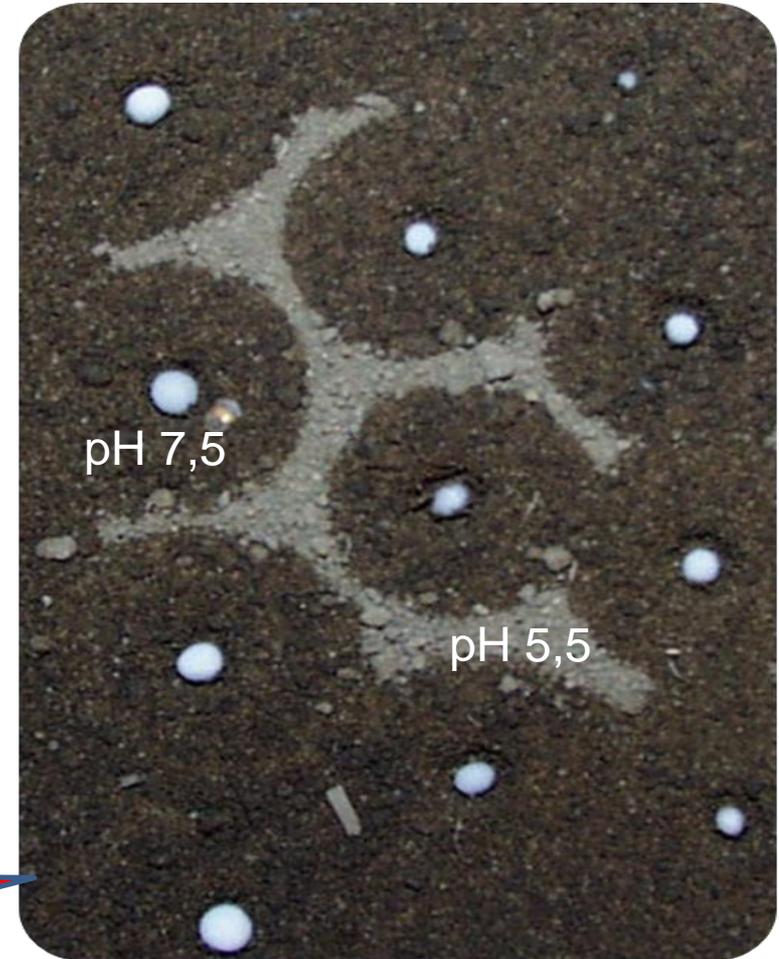
## FERTILIZACION CONVENCIONAL

PERDIDAS POR  
VOLATILIZACION DE  
UREA TAMBIEN  
OCURRE EN SUELOS  
ACIDOS.



Pérdidas medidas en  
suelo trumao con pH 6,0  
fue del 12% del N  
aplicado. (Vidal,  
Chamorro, 2004)

Por fertirriego no  
se generan  
pérdidas por  
volatilización



# Ensayo de aplicación N convencional vs fertirriego en un pivote de 35 has Maíz Silo (Tesis R. Arriagada, 2012)

	Convencional	Fertirriego
Fertilización (kg N/ha)	306	250
Extracción total Maíz (kg N/ha)	295	354
Eficiencia Fertilización (%)	47	82
Rendimiento (ton MS/ha)	32,6	34,4
<b>Utilidad extra por fertirrigación en 35 has. (\$)</b>		<b>\$5.750.000.-</b>

Eficiencia de uso de N en función del método de aplicación y rendimiento en maíz silo regado con pivote central (Vidal, 2011).

Sistema de Aplic. fertilizante	N base Kg/ha	N postsiembra Kg/ha	Total N Kg/ha	Rto.m.s t/ha
Convencional	130	240	370	23
Fertirriego (monitoreo)	30	225	255	25

Ingreso extra por hacer fertirrigación: \$176.000/ha  
 Ingreso extra en el pivote (87,5 has) = \$15.400.000.-

# Melipilla

Igual Fecha de siembra



Fertirrigación con Pivote  
200 qq/ha  
Costo/qqm producido = \$ 6.000



Fertilización Convencional  
145 qq/ha  
Costo/qqm producido= \$9.000.-



Daño a las plantas por  
aplicación excesiva de  
fertilizantes



# Dosis máxima de fertilizantes a aplicar por fertirriego

$$\text{Dosis (kg/ha)} = \text{Riego/ha (m}^3\text{)} \times (\text{CE umbral} - \text{CE agua}) \times 0,64$$

Ej. **Frejol**

Riego de 20 mm = 200 m<sup>3</sup>/ha

CE umbral cultivo = 1,0 dS/m

CE agua de riego = 0,50 dS/m

$$\text{Dosis (kg/ha)} = 200 \text{ (m}^3\text{/ha)} \times (1,0 - 0,5) \times 0,64$$

$$\text{Dosis max (kg/ha)} = \mathbf{64 \text{ kg/ha/riego}}$$

Ej. **Maíz**

Riego de 20 mm = 200 m<sup>3</sup>/ha

CE umbral cultivo = 3,5 dS/m

CE agua de riego = 0,50 dS/m

$$\text{Dosis (kg/ha)} = 200 \text{ (m}^3\text{/ha)} \times (3,5 - 0,5) \times 0,64$$

$$\text{Dosis max (kg/ha)} = \mathbf{380 \text{ kg/ha/riego}}$$



# CE (dS/m) umbral de algunos cultivos

Cultivo	CE (dS/m)
Frejol	1,0
Zanahoria	1,1
Alfalfa	2,2
Maíz	3,5
Avena	3,8
Trigo	4,0
Maravilla	4,0
Raps	5,5
Remolacha	6,5
Cebada	7,5



# Intercepción agua maíz

*(Irrifer, 2014)*

<b>Pivote</b>	<b>Nº Hojas Maíz</b>	<b>Lámina aplicada de agua (mm)</b>	<b>Agua interceptada (mm)</b>	<b>Agua que llega al suelo (mm)</b>	<b>Intercepción por cultivo</b>
<b>Pivote 1</b>	10	25	1.5	23.5	6 %
<b>Pivote 2</b>	12	30	3.8	26.2	13 %
<b>Pivote 3</b>	14	36	12.5	23.5	35 %

# Aspersores Dentro de la Canopia



# Errores en fertirrigación con pivote



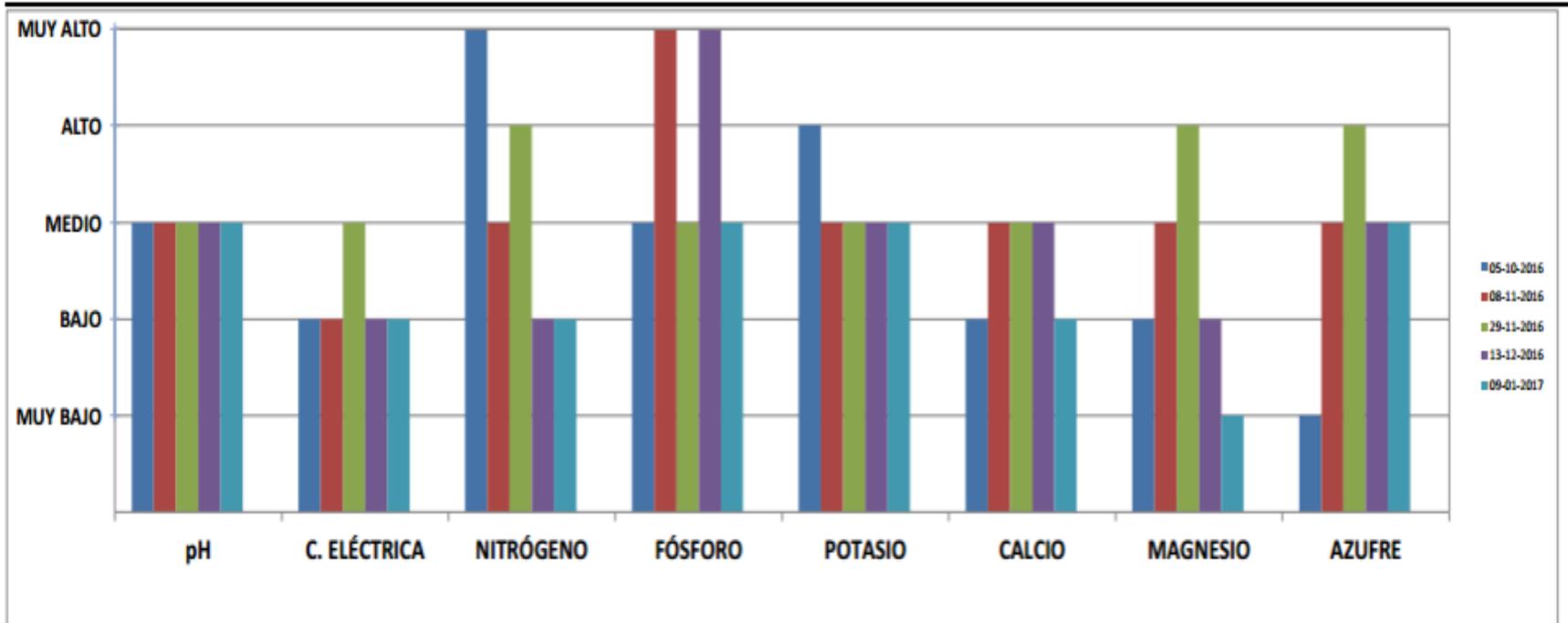
# Servicio Monitoreo Nutricional

- Fertilizante más adecuados a utilizar.
- Evitar y corregir desequilibrios
- Optimizar la nutrición en periodos menores a 10 días.
- Asegurar que la nutrición no sea un factor limitante de la producción



# Solución de suelo

**CALIFICACIÓN NUTRICIONAL DE SOLUCIÓN DE SUELO**

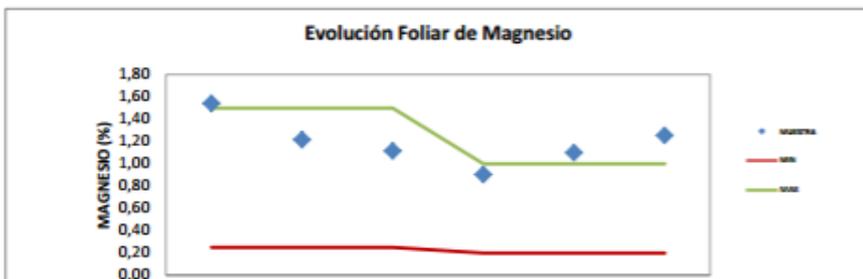
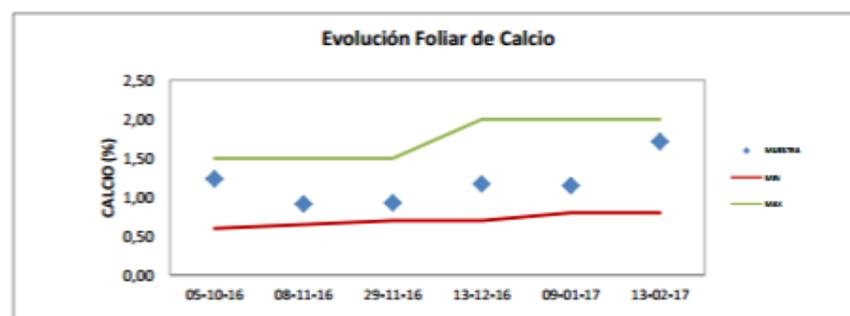
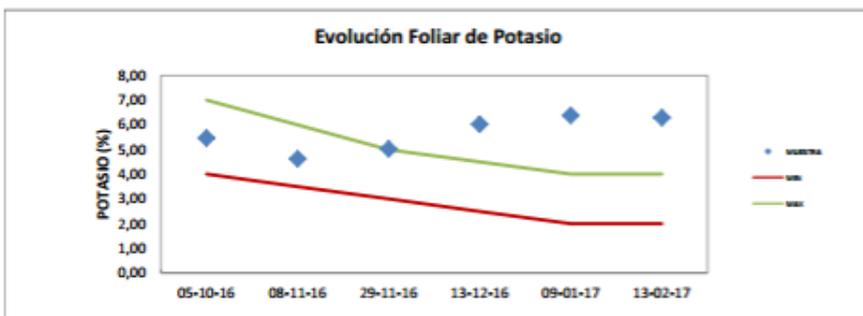
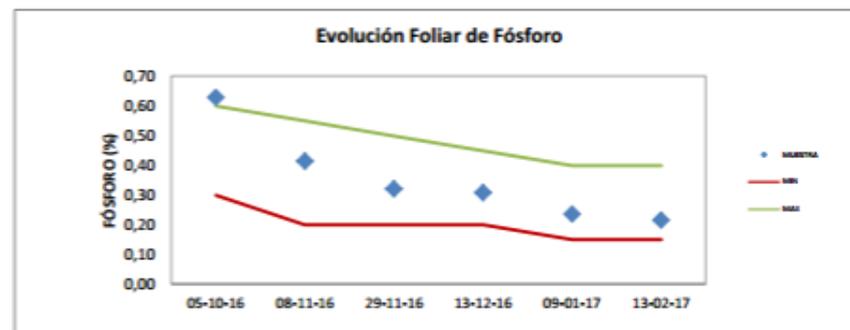
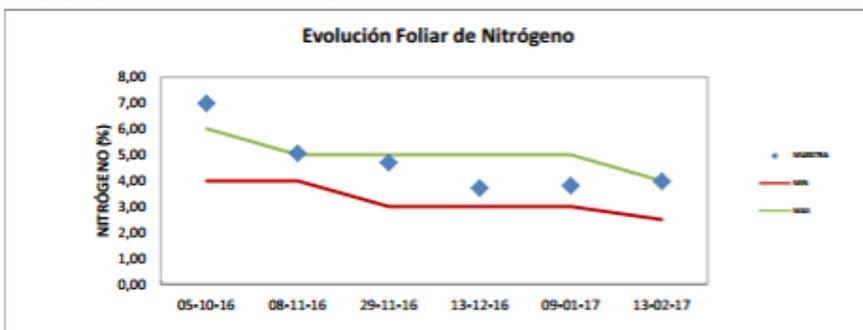


# Evolución foliar de nutrientes

EMPRESA: AGRICOLA RUIZ QUIROZ LTDA  
RUT: 79726510-1

Especie Vegetal: REMOLACHA

## EVOLUCIÓN DE MACROELEMENTOS

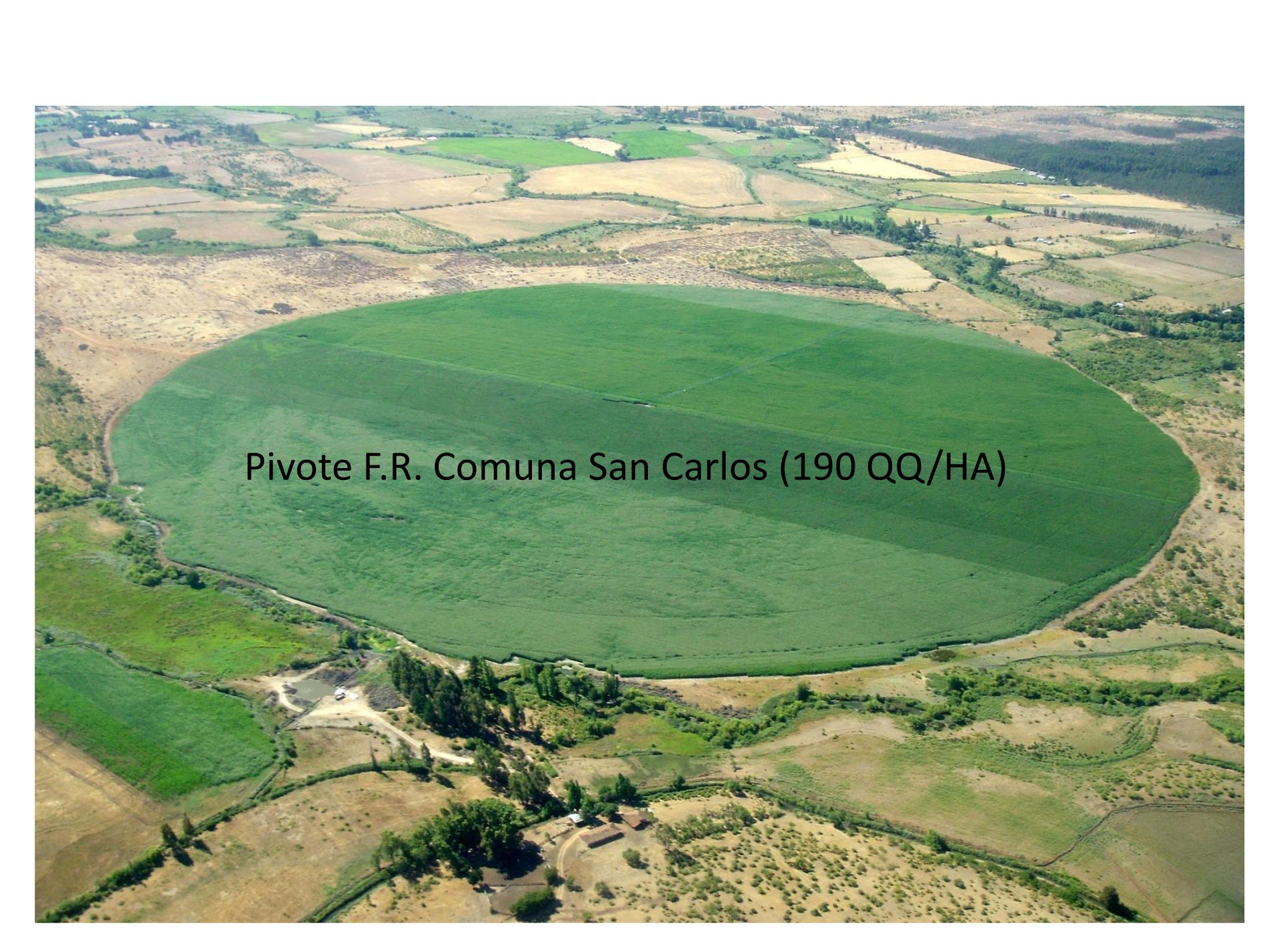


# Diciembre 2015 Agrícola RQ



Rendimiento 180 ton/ha 16% pol.





Pivote F.R. Comuna San Carlos (190 QQ/HA)

# Estudio de casos

## Perfil del suelo



# Análisis de suelo

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>	<b>Categoría Normal</b>
<b>pH</b>		<b>6,3</b>	6,0-7,0
<b>Mat. Orgánica</b>	%	<b>1,1</b>	2,0-8,0
<b>Nitrógeno</b>	ppm	<b>4</b>	20-60
<b>Fósforo</b>	ppm	<b>9</b>	>20
<b>Potasio</b>	ppm	<b>35</b>	120-200
<b>Calcio</b>	cmol/kg	<b>1,0</b>	4,0-8,0
<b>Magnesio</b>	cmol/kg	<b>0,30</b>	0,5-1,0
<b>Azufre</b>	ppm	<b>2</b>	16-30
<b>Hierro</b>	ppm	<b>20,0</b>	>5
<b>Manganeso</b>	ppm	<b>1,6</b>	>3
<b>Cinc</b>	ppm	<b>0,1</b>	>1
<b>Cobre</b>	ppm	<b>0,3</b>	>0,5
<b>Boro</b>	ppm	<b>0,4</b>	0,6-1,5

# Agrícola Sta. Isabel



Rendimiento: 135 ton/ha

Azúcar: 17%

Rendimiento total con bonificación: 147 ton/ha



Fecha: Marzo de 2013





Fecha: Agosto de 2013



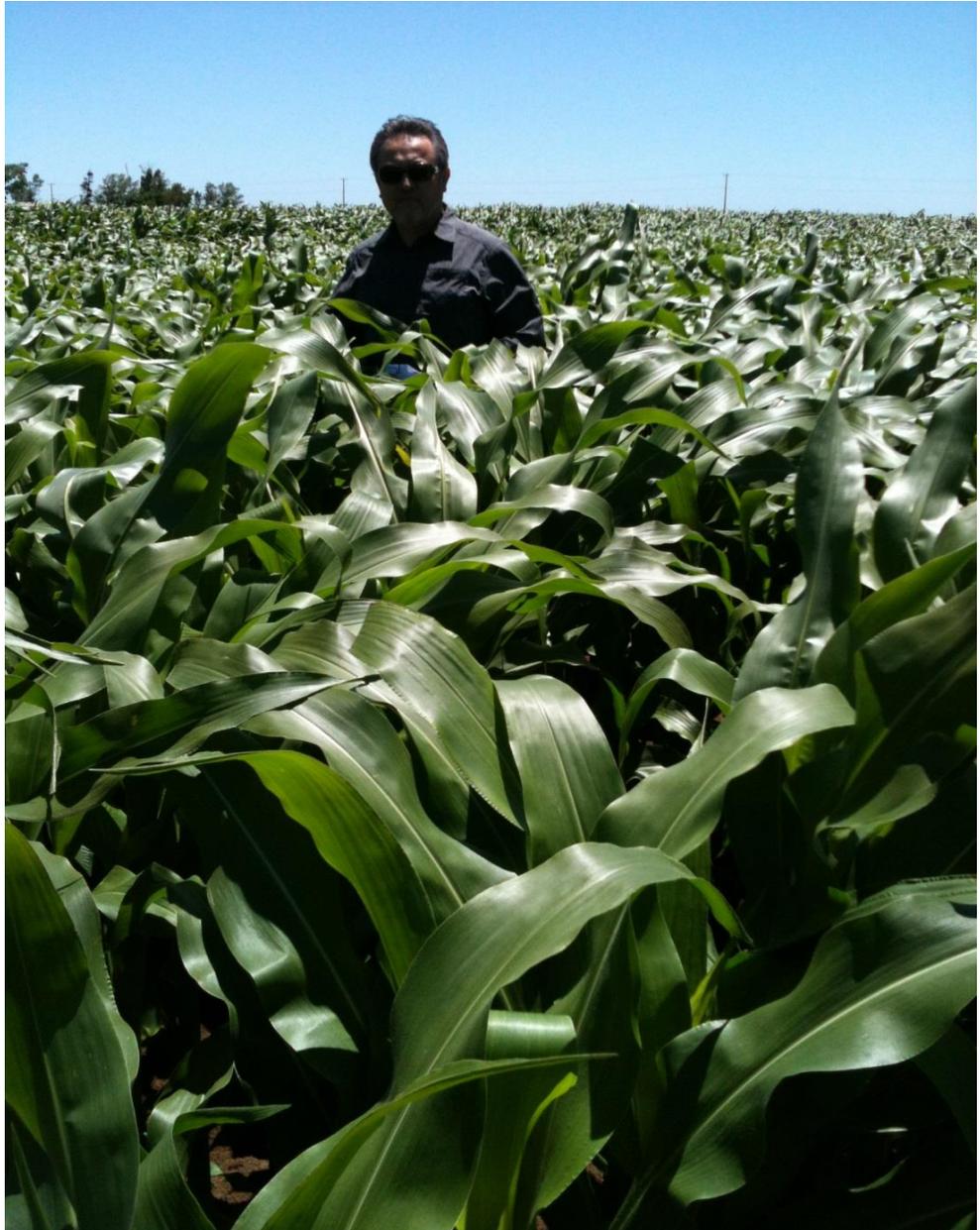
Fecha: Septiembre de 2013



Fecha: Octubre de 2013



Fecha: Diciembre  
de 2013



150 qq/ha



PIVOFERT<sup>®</sup>

*Planilla cálculo para fertirrigar con  
pivote*