

Tendencias en fertilización de maíz - Ajuste final de la nutrición en cereales de invierno



Ing. Agr. (MSc.) Gustavo N. Ferraris

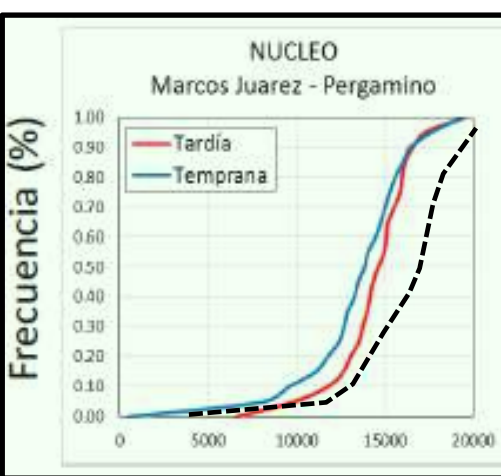
INTA EEA Pergamino



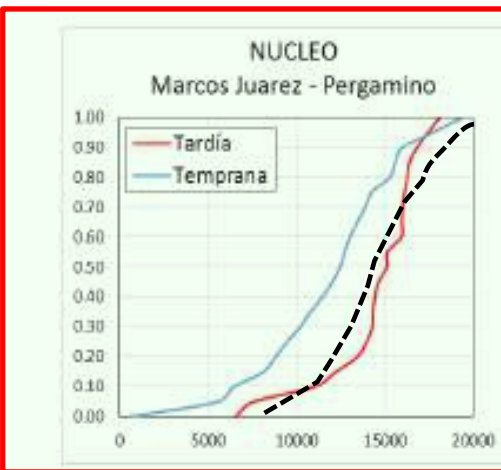
Hoja de Ruta

1. El marco global. Escenarios hídricos según fecha de siembra.
2. Interacciones entre Manejo y Fertilización.
3. Nitrógeno: Dosis - Momentos - Riesgo de pérdidas.
4. Fósforo: Estrategias de corto y mediano plazo.
5. Trigo: Decisiones en post-emergencia para balancear rendimiento y calidad.

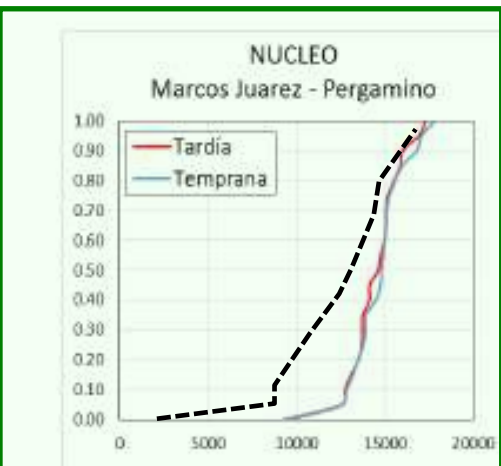
Escenario El Niño – La Niña con señal muy fuerte en la región.



Normal



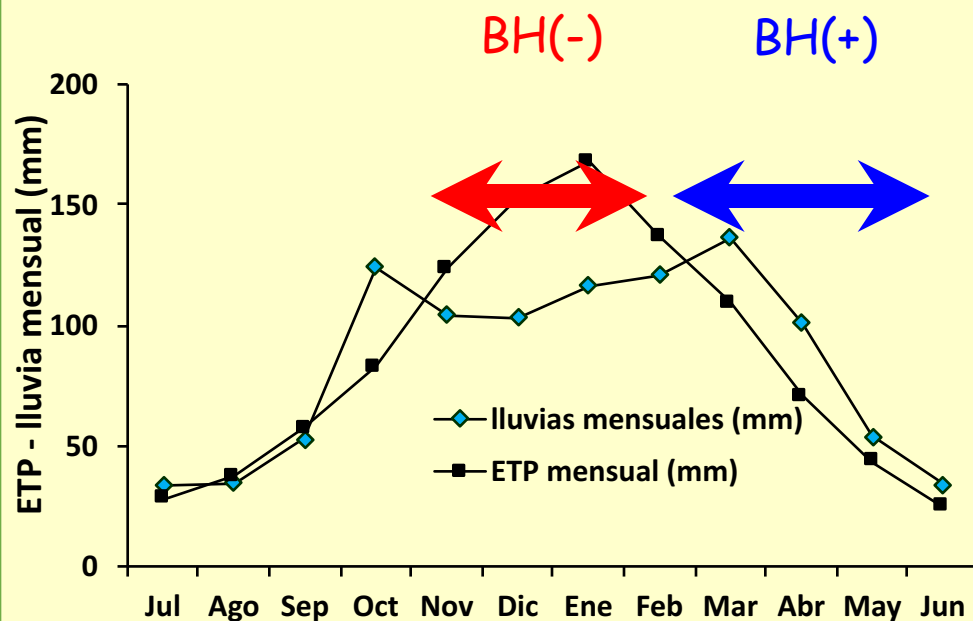
La Niña



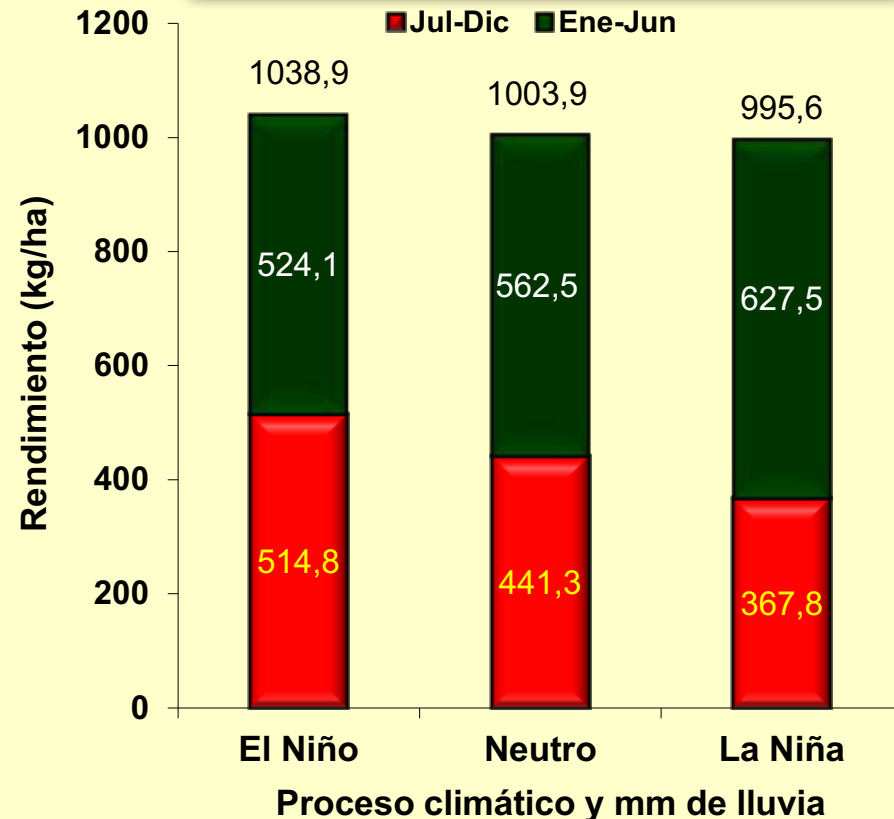
El Niño

Distribución de Precipitaciones y Evapotranspiración

Balance hídrico medio 1964-2013



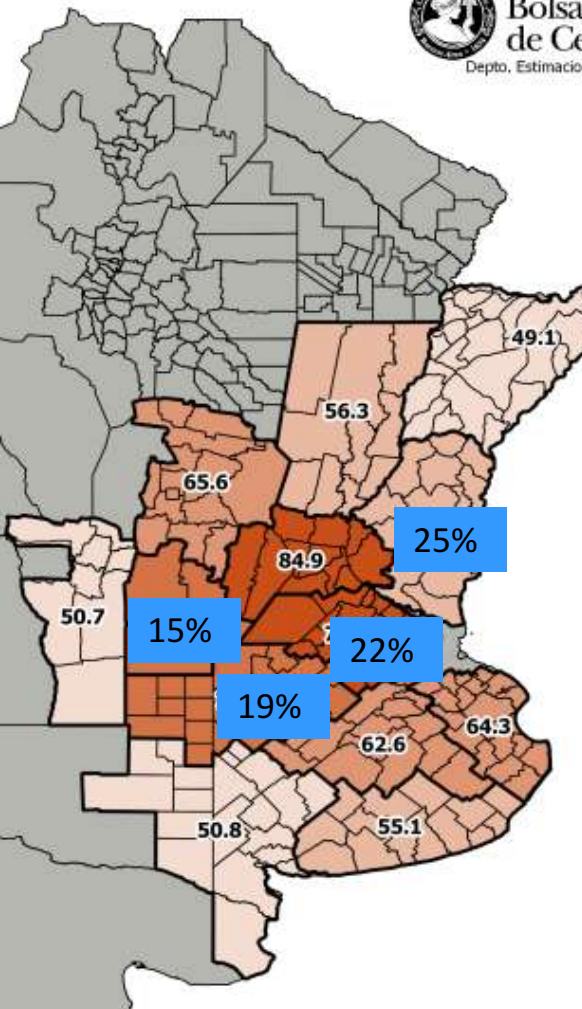
Lluvias según ENSO 1964-2013



Atlas global Brechas de Rendimiento www.yieldgap.org

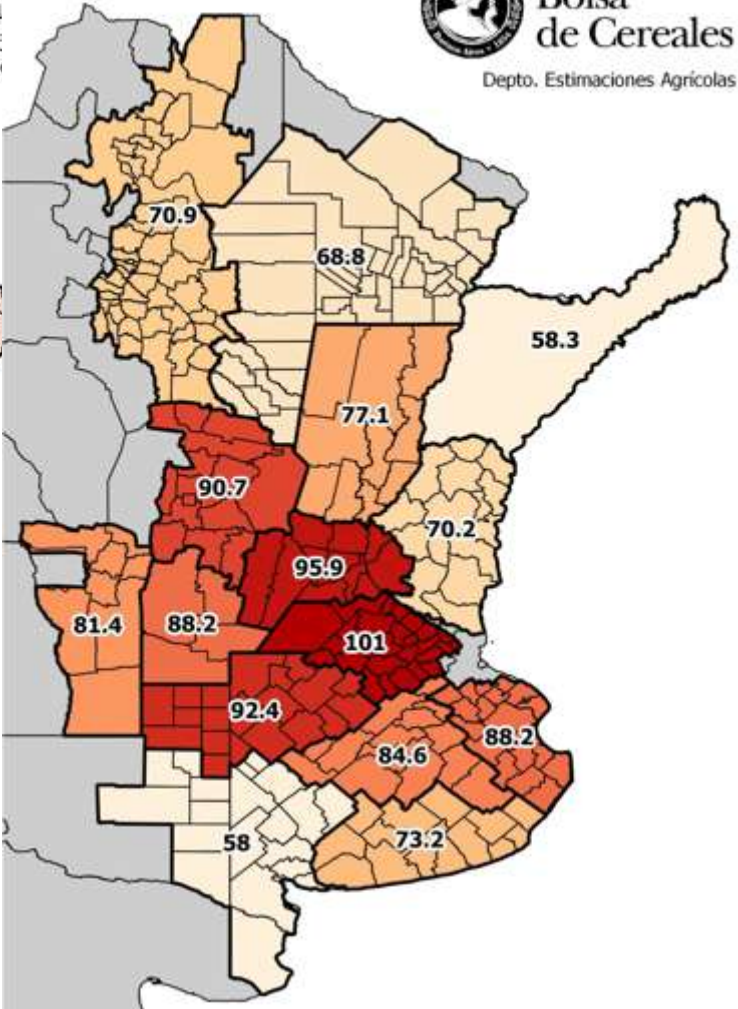
Rendimientos zonales Maíz Temprano campaña 2016/17

* Maíz con destino grano comercial
* Datos al 23-05-18



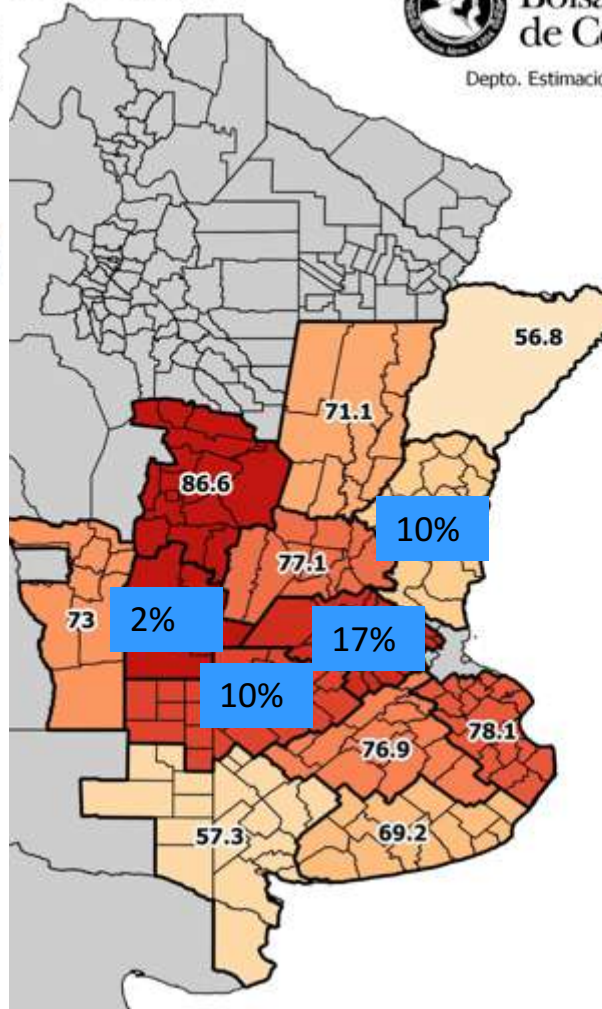
Rendimiento Maíz Temprano 2016/17 (qq/Ha)

* Maíz con destino grano comercial
* Proyección al 13-07-17



Rendimiento Maíz Tardío 2016/17 (qq/Ha)

* Maíz con destino grano comercial
* Proyección al 13-07-17

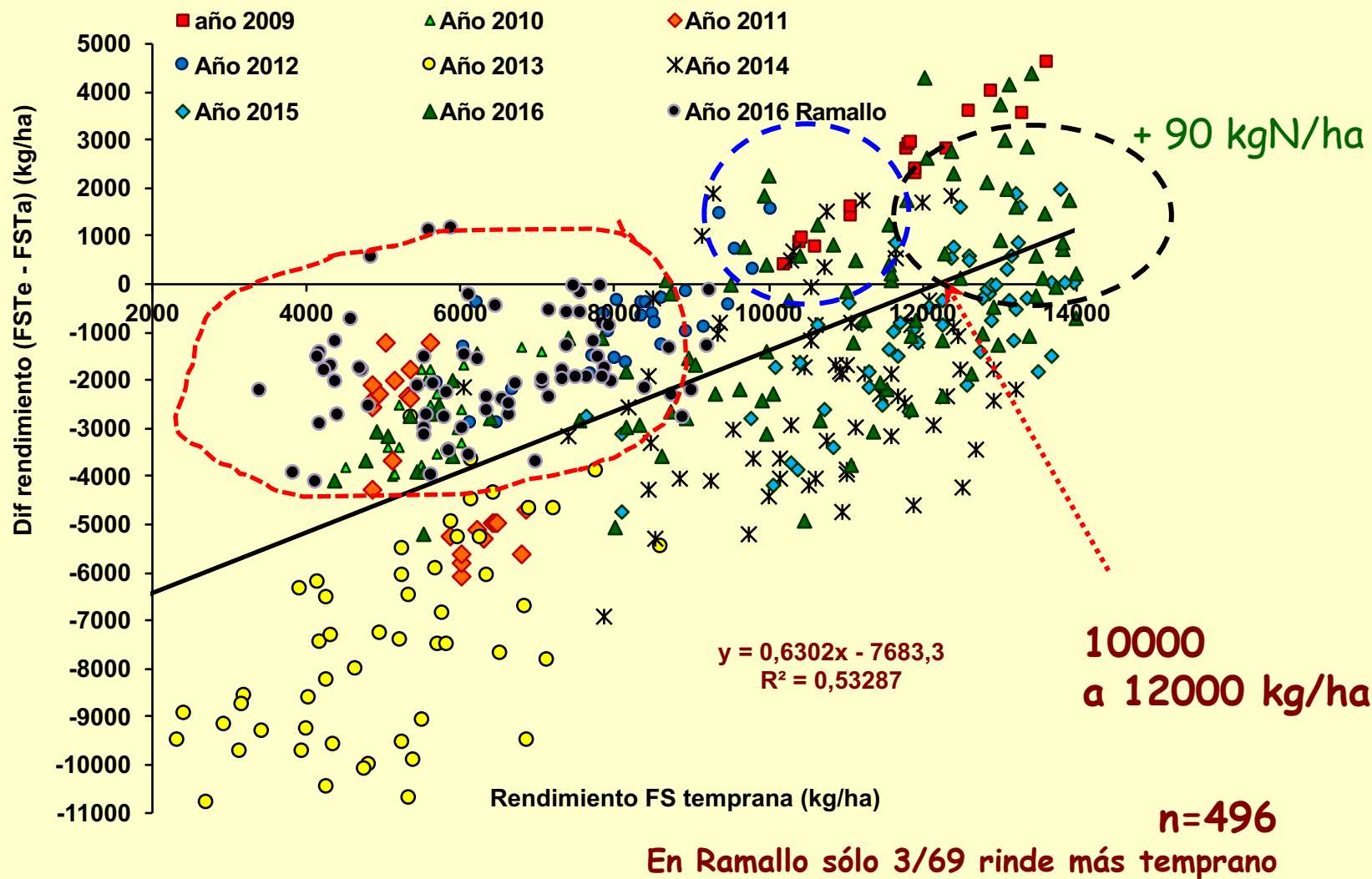


Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

Temprano vs tardío según potencial de rendimiento Campañas 2009/10 a 2016/17



Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

Brechas de Rendimiento en Maíz. Campañas 2016/17

- ✓ Escenario El Niño - La Niña con señal muy fuerte en la región.
- ✓ Fecha de siembra y Presencia de napa con gran impacto en los rendimientos.
- ✓ Siembras tardías con adaptación en el tramo bajo y medio de la curva de rendimientos.
- ✓ Necesidad de mejora en el sistema de tardíos desde floración en adelante:
 - Velocidad de secado
 - Vuelco, inserción y sanidad de espiga
 - Estructura de planta
 - Fortaleza de caña y raíces
 - Cosecha y mercados.

Ferraris et al., 2016

Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

Brechas de Rendimiento en Maíz. Campañas 2016/17

Ensayos: 2016/17 - Ferré - Junín - San Antonio de Areco
 Ensayos: 2016/17 - Fontezuela 1, Fontezuela 2, SA de Areco 1, SA de Areco 2
 Sin restricciones de PS. Libre de otras adversidades

	Densidad	Fert Base	Fert V6	Funguicida	Foliar
Baja					
T1	60000	PN			
T2	60000	PN	N		
T3	60000	PN		Si	
T4	60000	PN			Si
T5	60000	PN	N	Si	Si
Alta					
T10	80000	PN	N	Si	Si
T9	80000	PN	N	Si	
T8	80000	PN	N		Sí
T7	80000	PN		Si	Si
T6	80000	PN			

Ferraris et al., 2016

Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

Factores de Producción y Rendimientos Potenciales

Ensayo Brechas x tecnologías
2015/16 - 2017/18

Factores	Temprano	Tardío	Segunda
Genética	15,5 %	10 %	8 %
Doble P	5-7 %	0-2 %	0-2 %
Refertiliz N	10-15	5-7 %	20 %
SANIDAD	6,3 %	8,0 %	6,2 %
DENS (óptimo)	8,0 %	3,8 %	1,2 %
DENS (mínimo)	9,3 %	2,5 %	-1,8 %
Azufre + Zinc	7,7 %	3,5 %	7,6 %
BRECHA TOTAL	30 %	20 %	35 %

Genética: R. Máx vs R. Medio

P: P 20 (s) vs P40 (s)

N: 60 (s) vs 60 (s) + 60 (V6)

Densidad: 60 vs 80 mil plantas

Sanidad y S + Zn: Con vs Sin

El rendimiento alcanzable al poco tiempo es el óptimo

Limitantes nutricionales

Azufre



Fósforo

Nitrógeno



Zinc



Potasio



Deficiencia de Nitrógeno: Síntomas



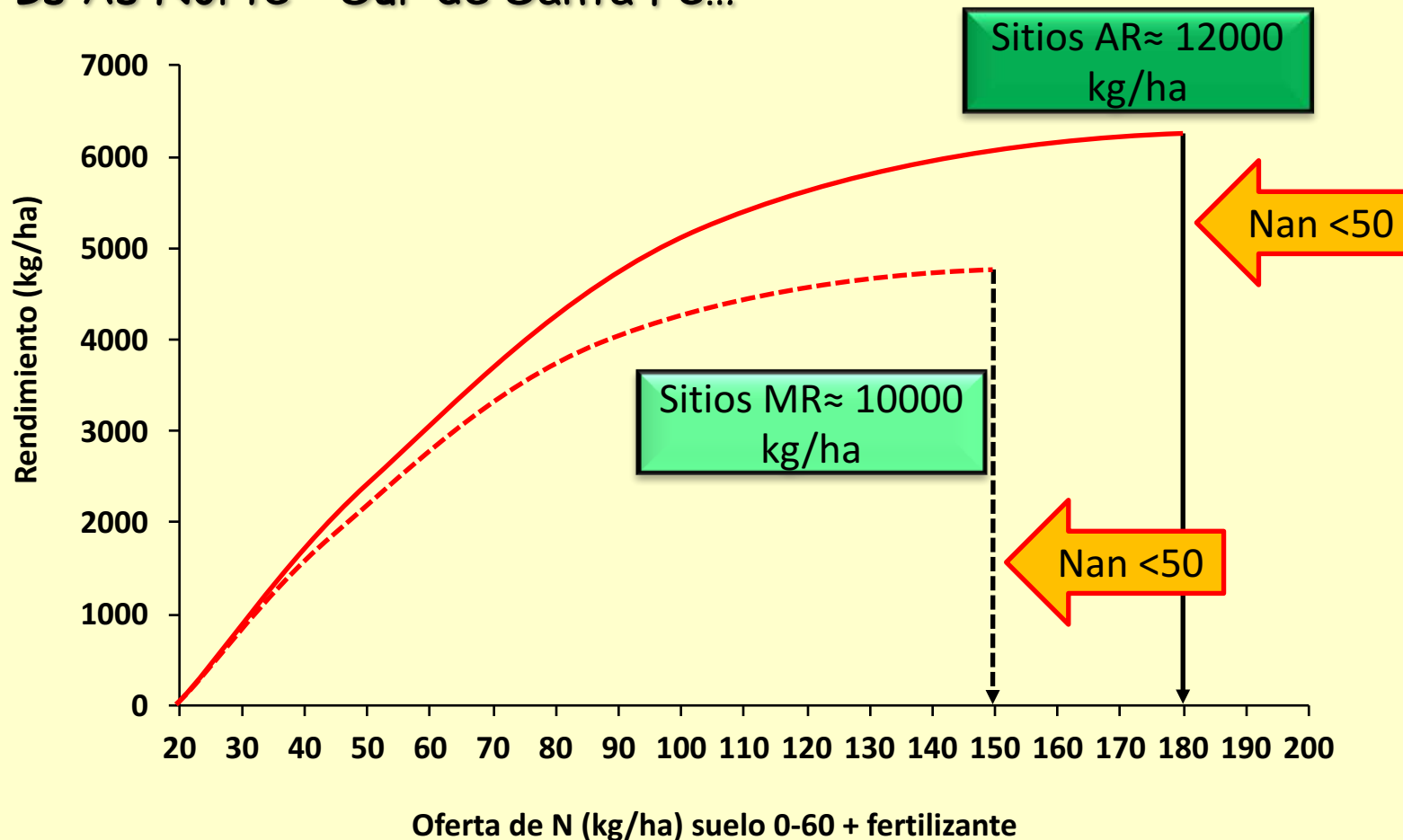
Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

Como utilizar el dato de Nan?

Bs As Norte - Sur de Santa Fe...



Ferraris y col. Experimentos 2006/07 a 2016/17

Rangos de Nan (mg kg ⁻¹)				
Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
< 35	35-50	50-65	65-80	80 +

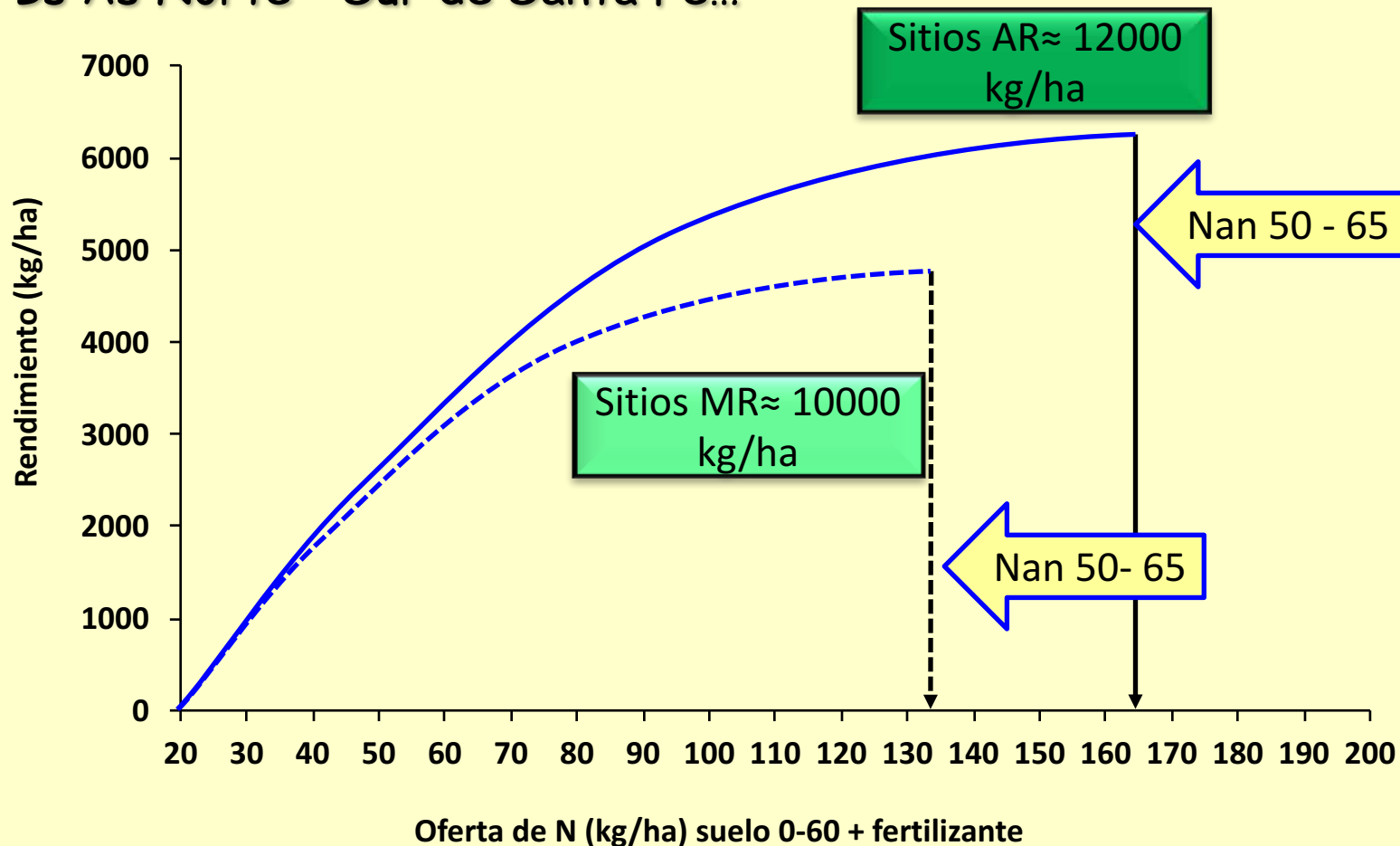
Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino



Como utilizar el dato de Nan?

Bs As Norte - Sur de Santa Fe...



Ferraris y col. Experimentos 2006/07 a 2016/17

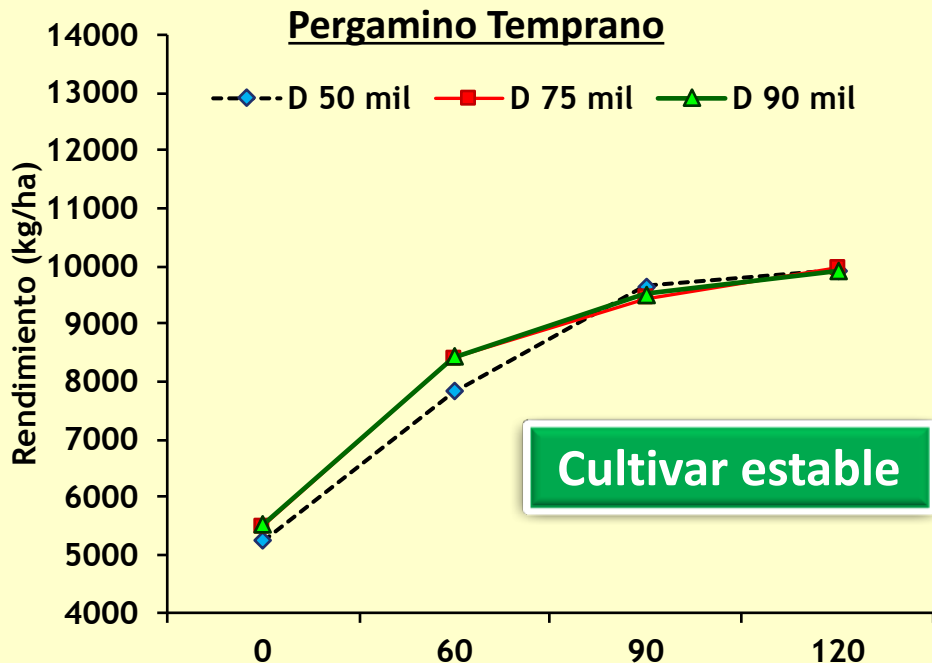
Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino

Rangos de Nan (mg kg ⁻¹)				
Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
< 35	35-50	50-65	65-80	80 +

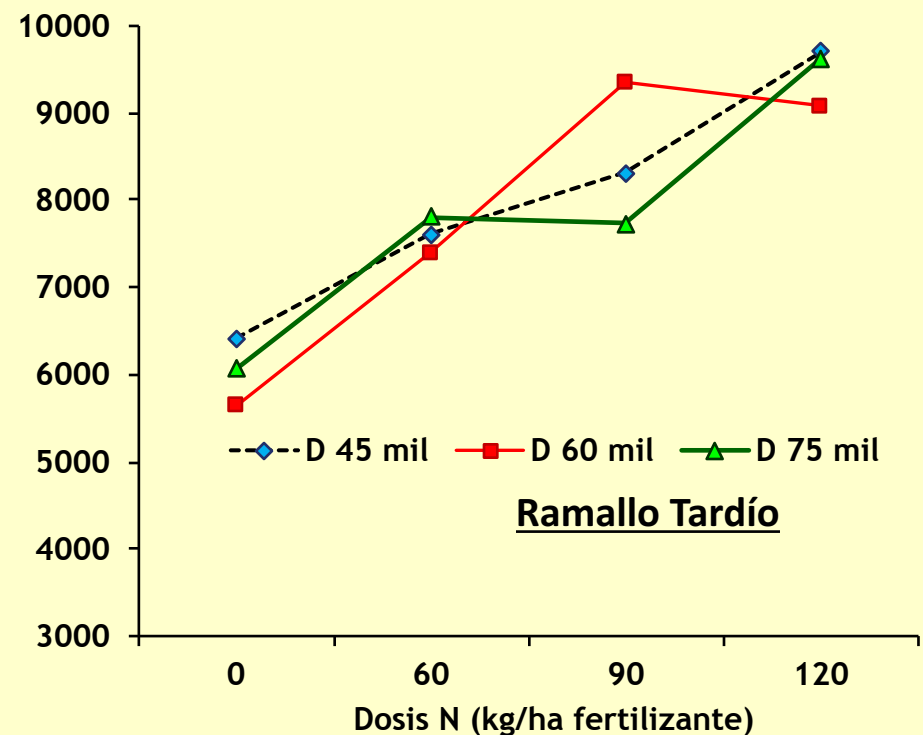
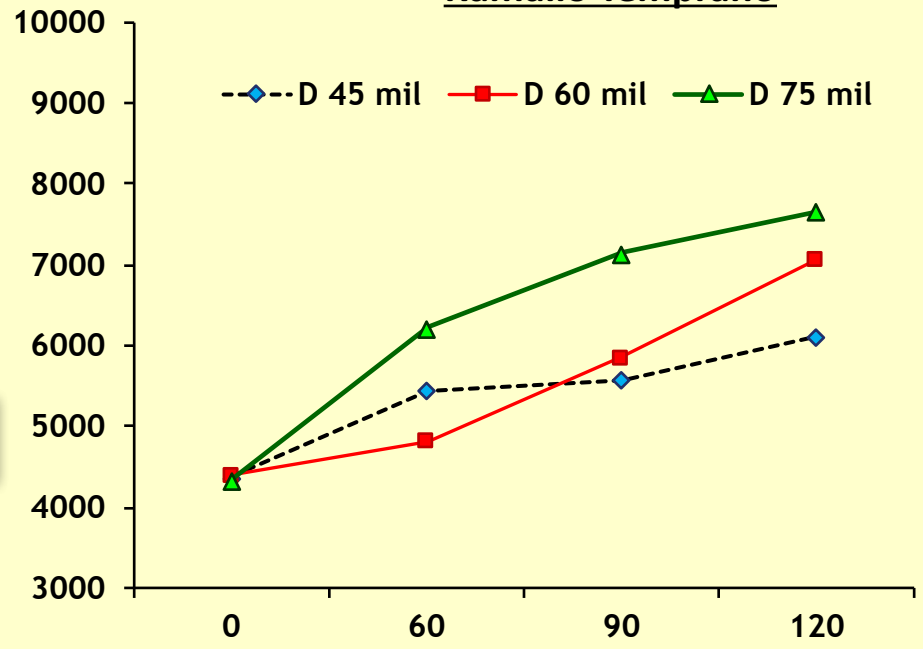


Pergamino Temprano



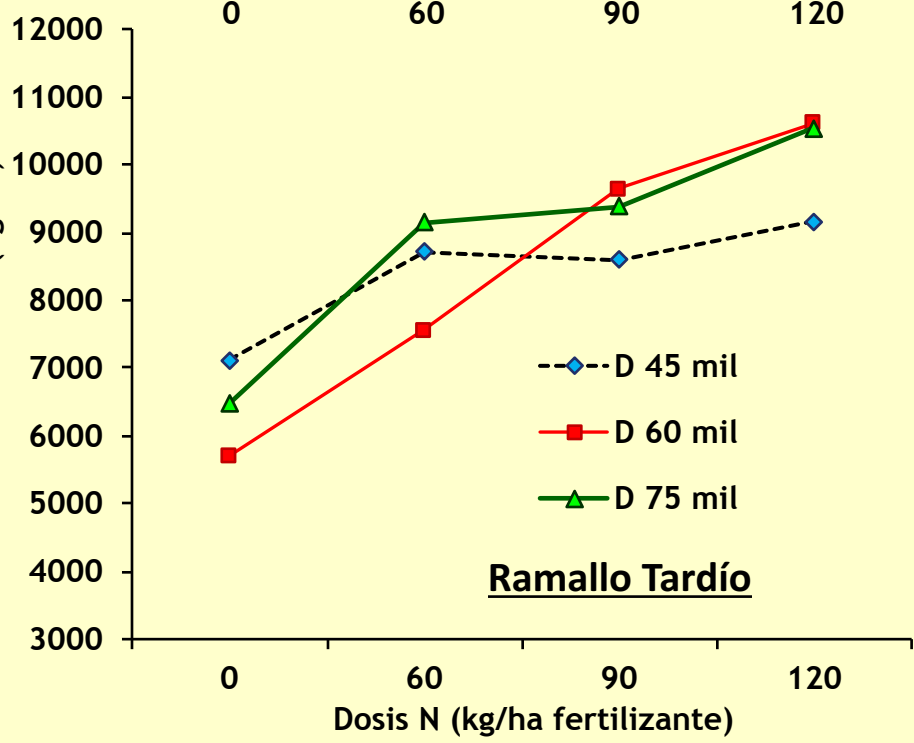
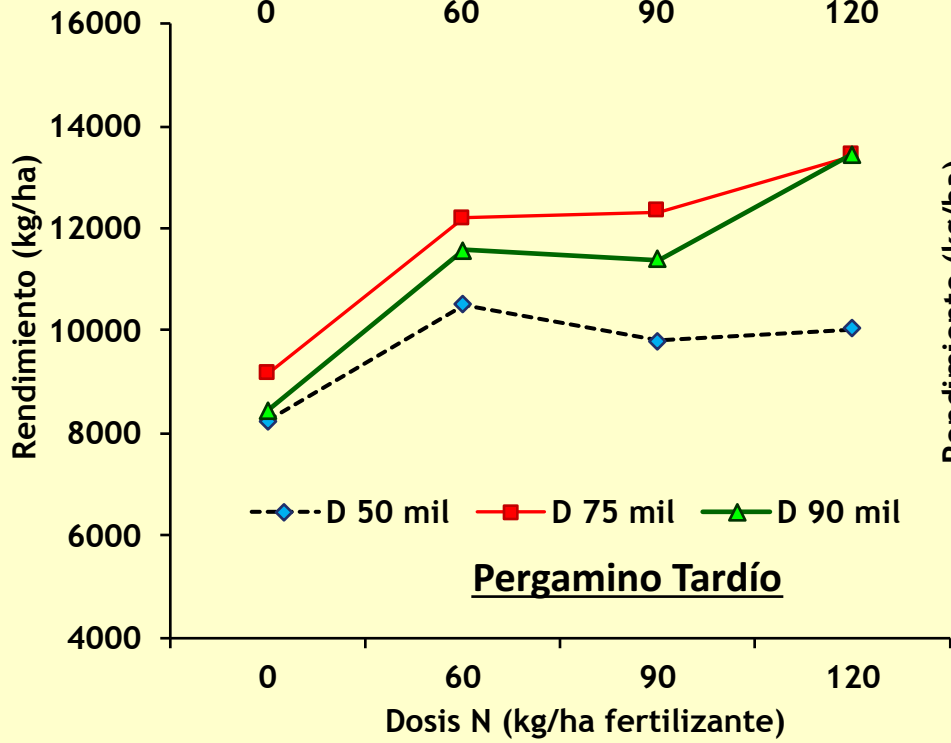
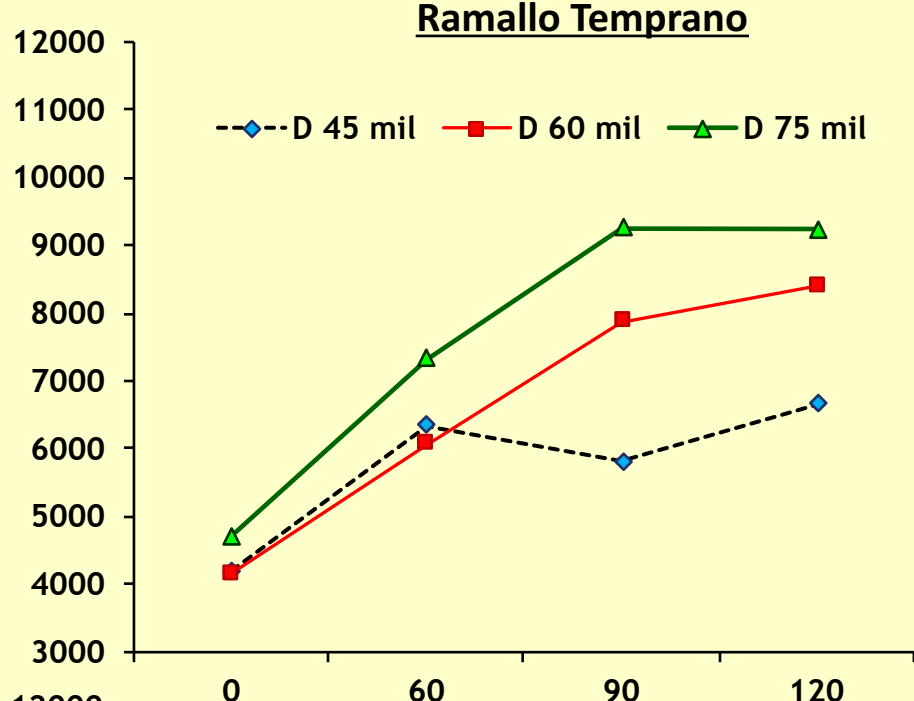
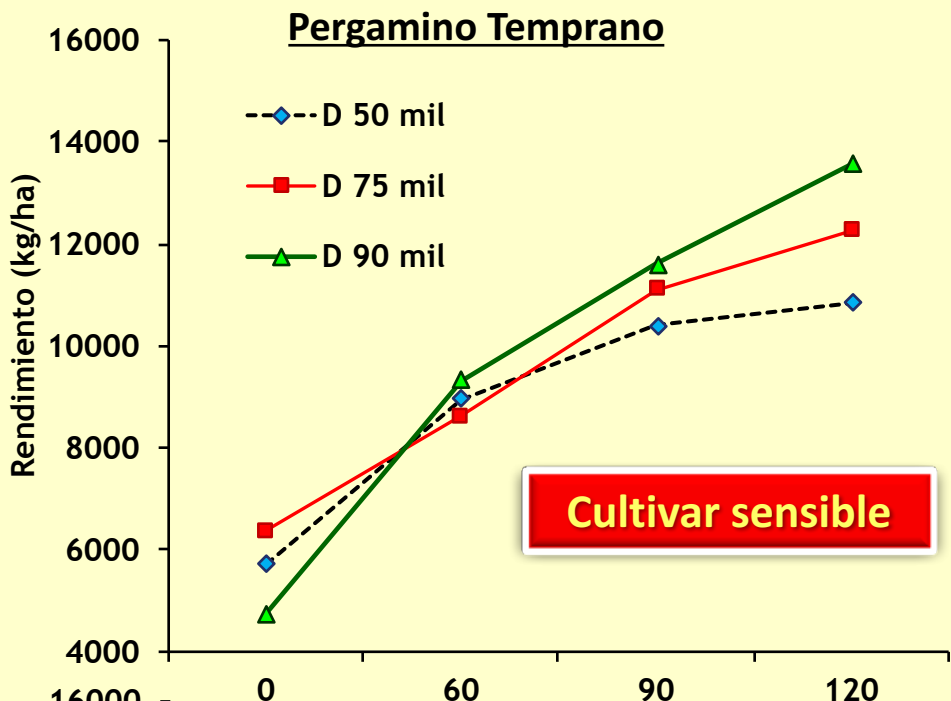
Ferraris et al., 2016

Ramallo Temprano



Ramallo Tardío

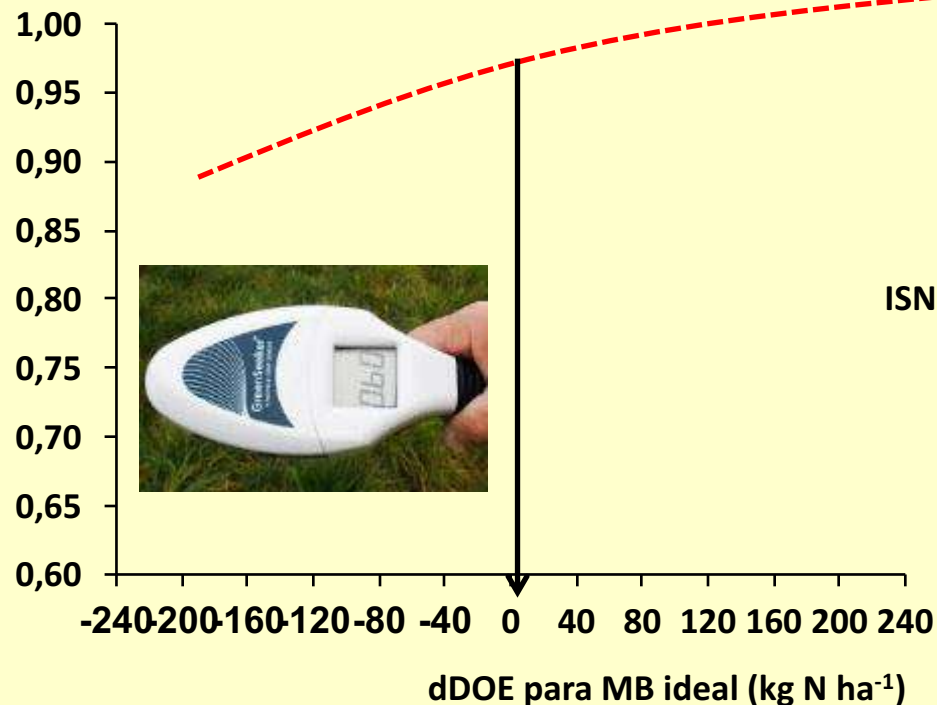
Dosis N (kg/ha fertilizante)



La discusión no termina a la siembra

El productor precavido usa N a la siembra pero presta atención a lo que sucede en el ciclo

ISN (GS – NDVI)



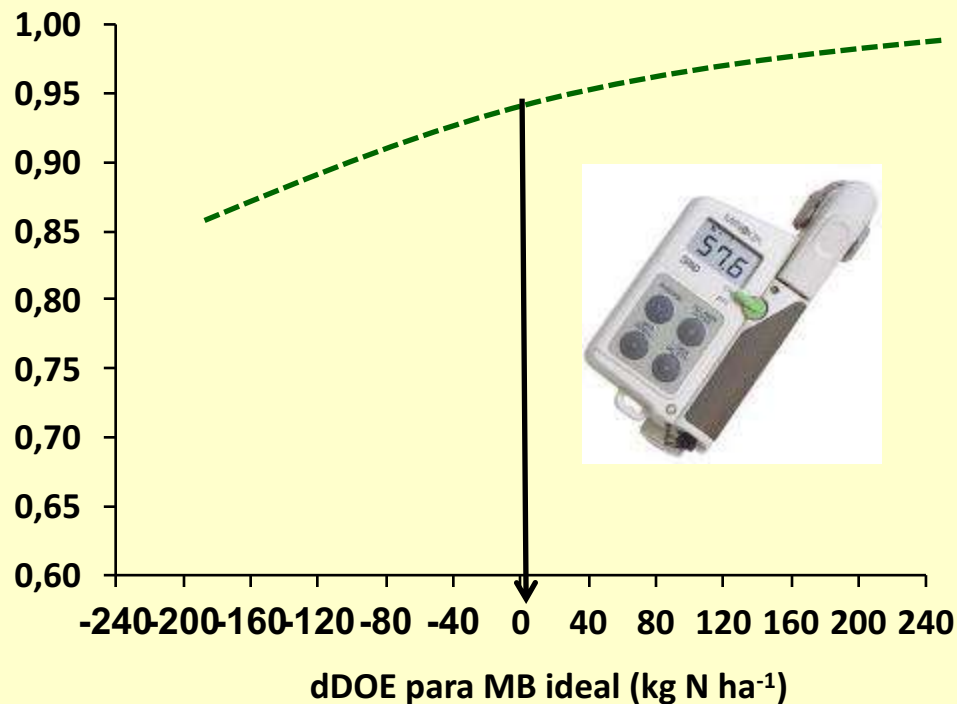
ISN (respecto de lectura máxima)= 0,95-0,96

Valor para decidir refertilización: 48,5 (V5);
47,5 (V7); 45,1 (V10) y 42,0 (R1).

Rango 45 a 50 según cultivar y clima.

ISN (respecto de lectura máxima)= 0,95-0,96

ISN (Spad)



Respuesta a N y Medición de clorofila

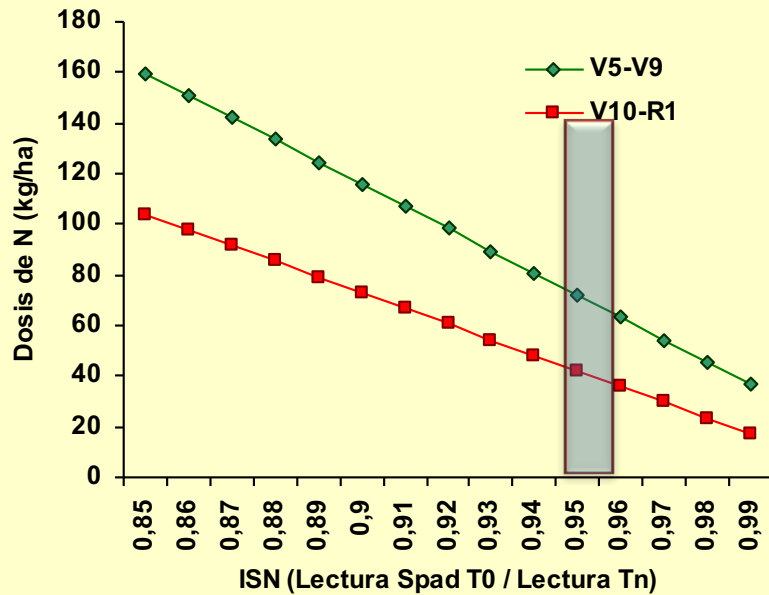
La precisión (R^2) mejora si:

Se determina el ISN en lugar de una lectura directa.

Si no se agrega N a la siembra.

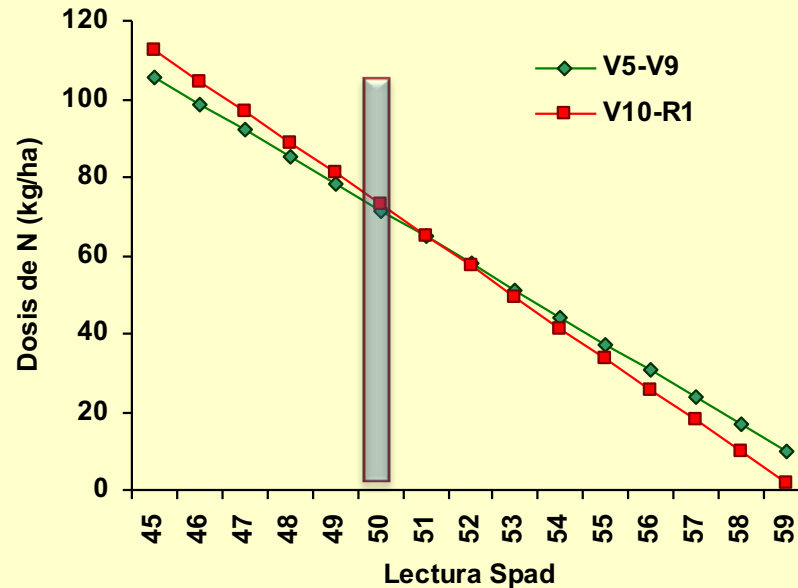
Si la medición se realiza en estadíos más avanzados.

Scharf et al., 2006.
Sobre 66 experimentos de dosis de N en EEUU



Dosis N= 907 - 879 × ISN Spad
R2 = 0,528 Entre V5 y V9

Dosis N= 631 - 620 × ISN Spad
R2 = 0,656 entre V10 y R1

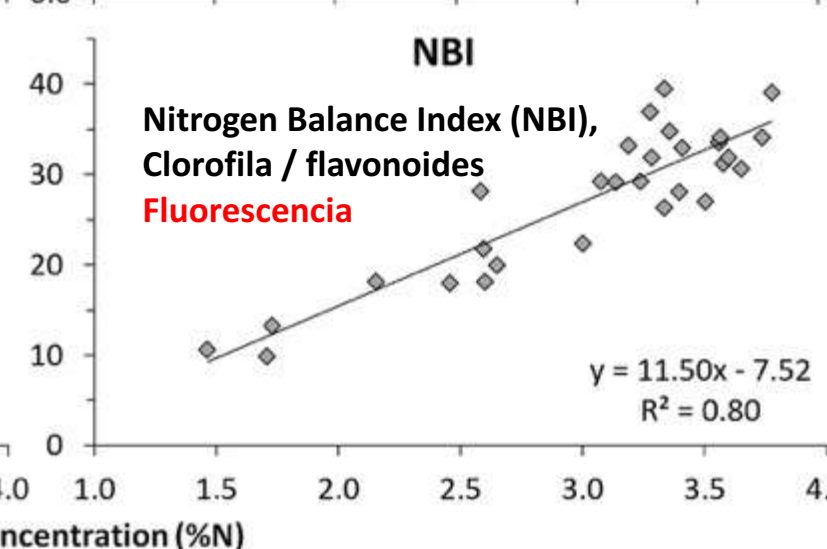
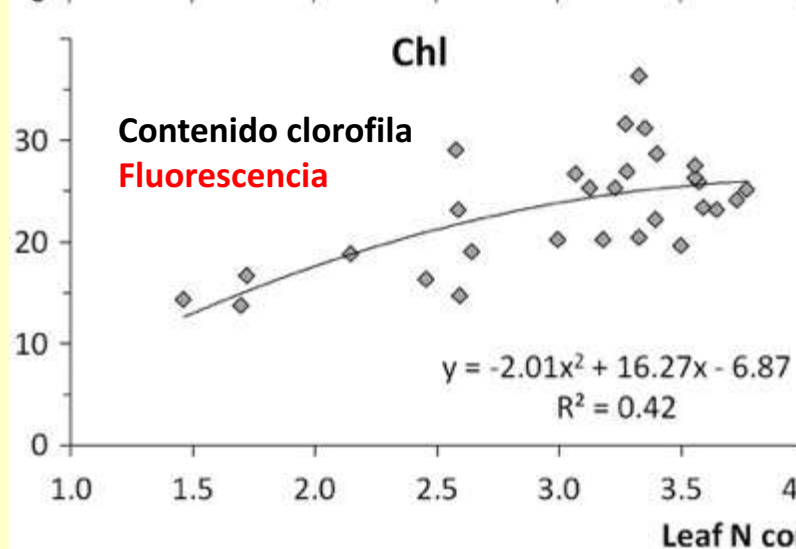
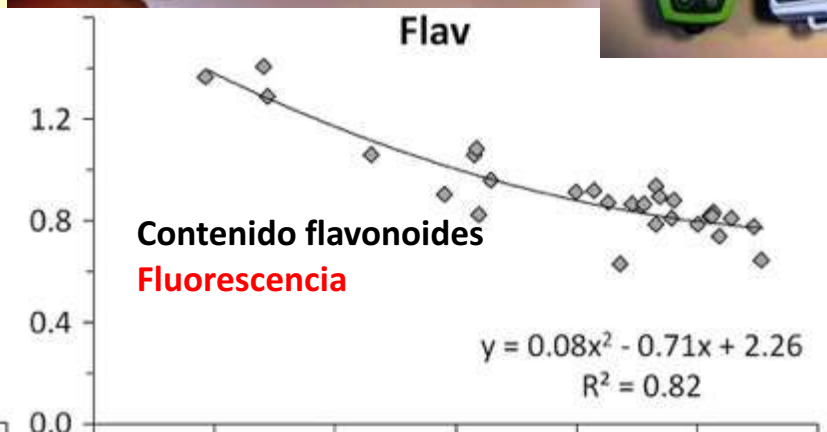
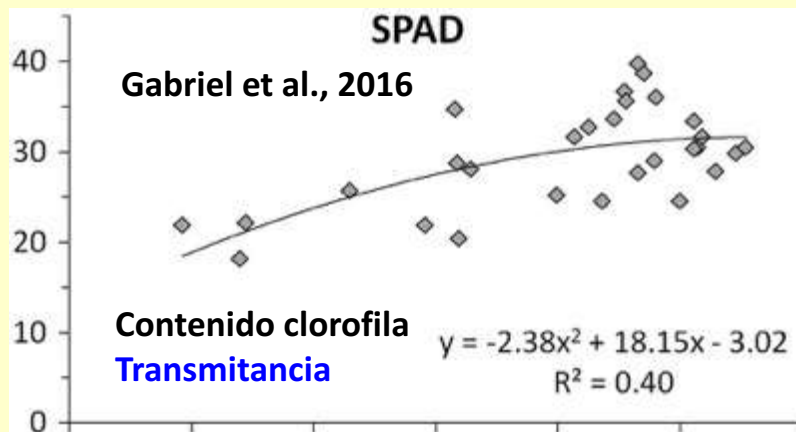


Dosis N= 413 - 6,83 × Lectura Spad
R2 = 0,35 Entre V5 y V9

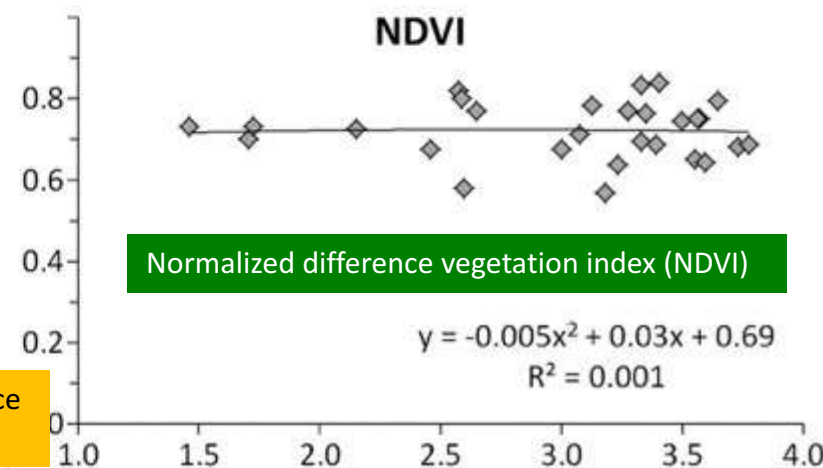
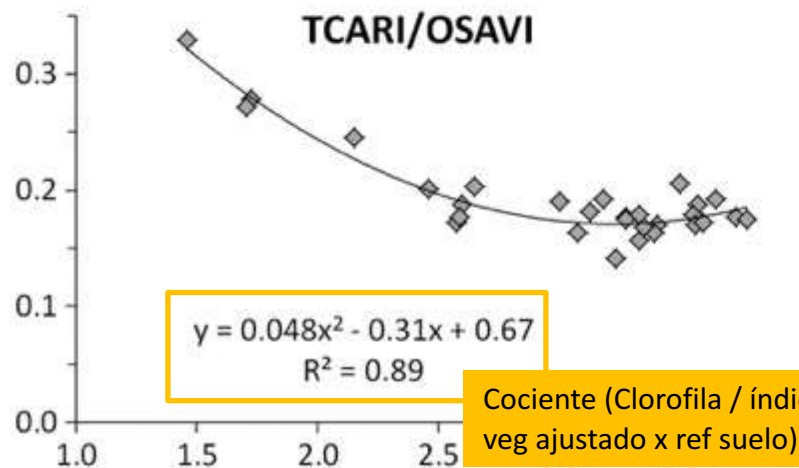
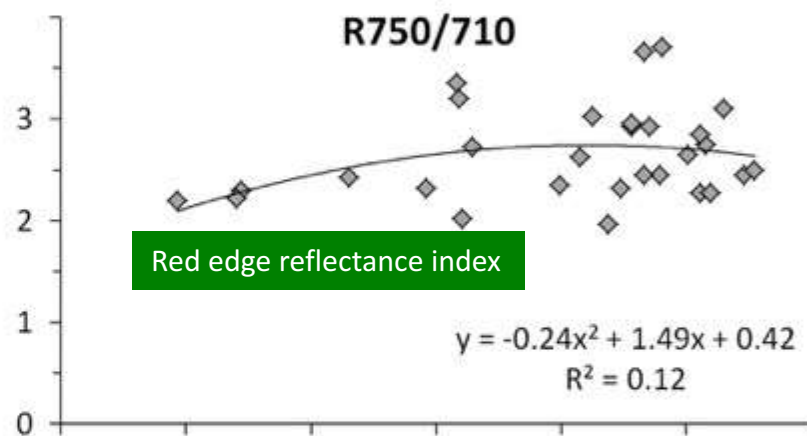
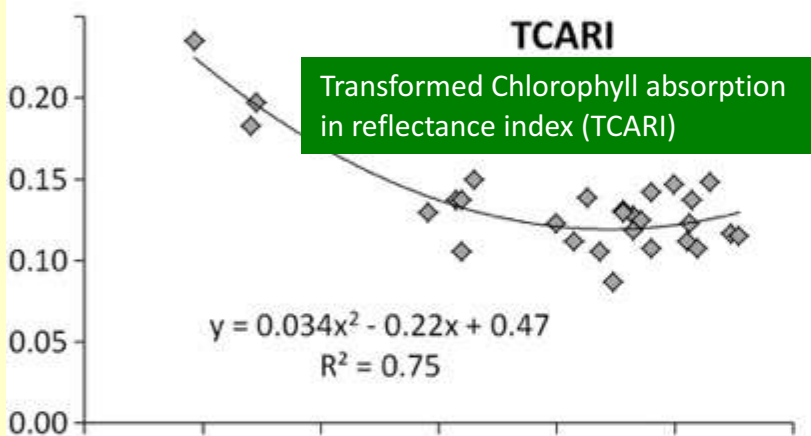
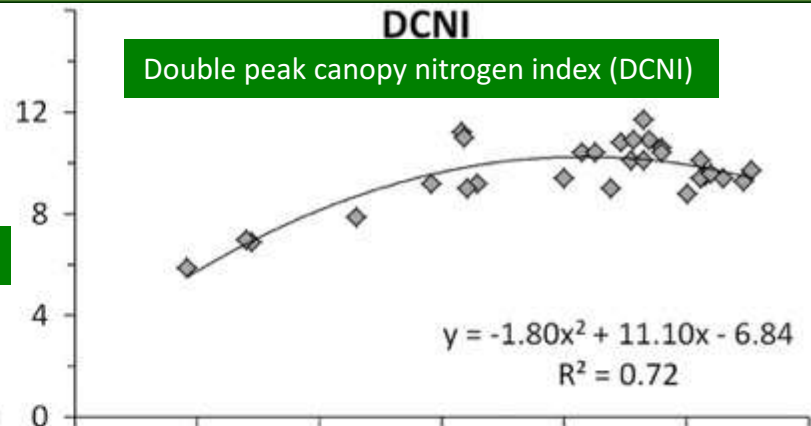
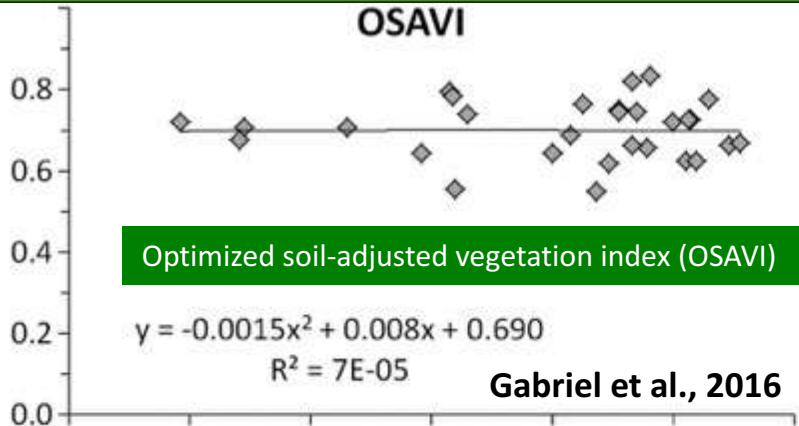
Dosis N= 468 - 7,9 × Lectura Spad
R2 = 0,51 entre V10 y R1



Sensores: SPAD y Dualex® Scientific



Satélites: Paso diario, alta resolución, es el futuro. Permitirán monitoreo diario.



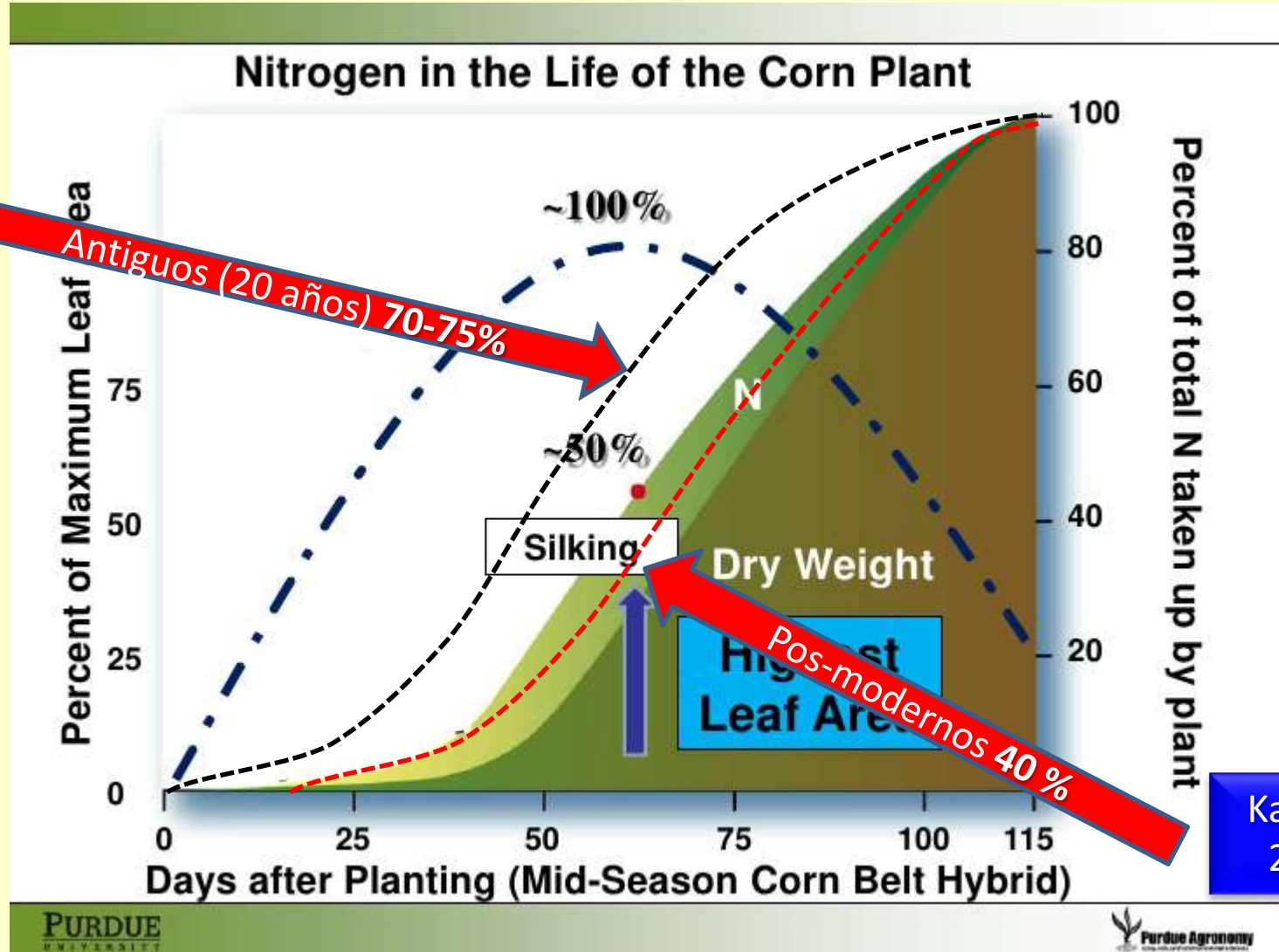
Leaf N concentration (%N)



INTA

Dinámica de absorción de Nitrógeno

3-F24
4-F37
Ax 845
NK Tilcara



Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

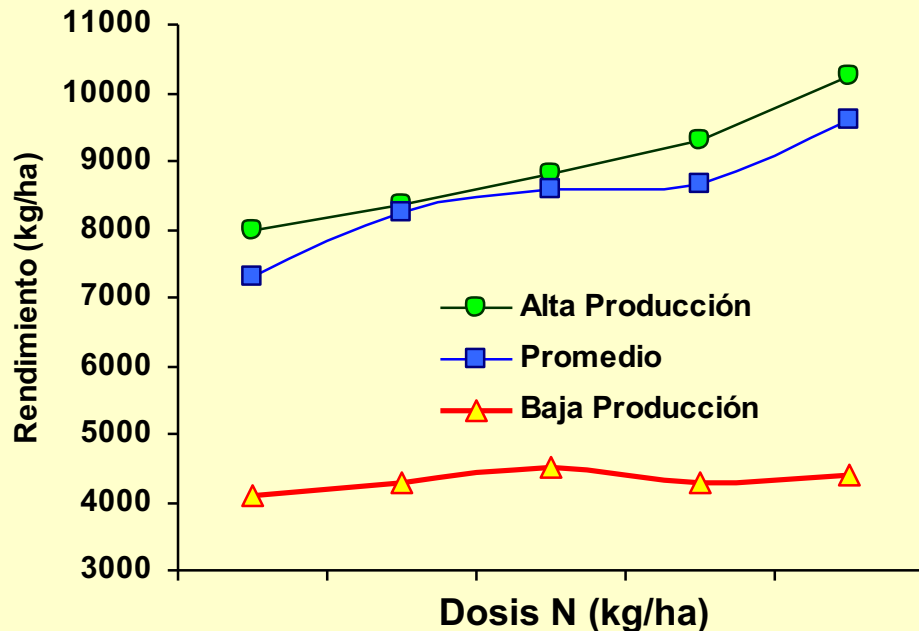
INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

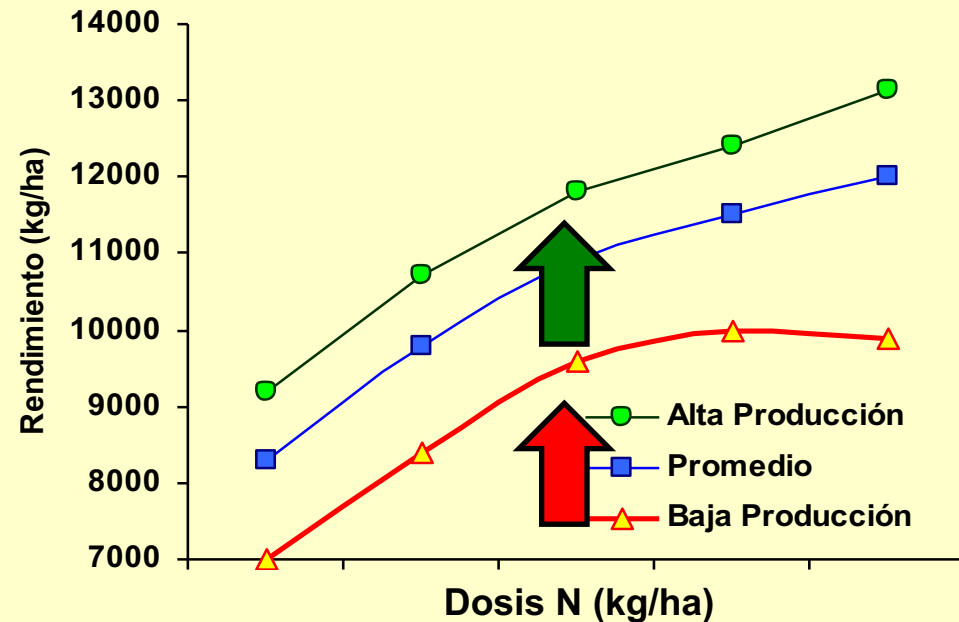
Proceso climático y Respuesta a N

El factor que más afecta la respuesta a N es la condición hídrica

Respuesta en Año seco



Que pasa en años húmedo?



LLuvias de **Octubre** incrementan Respuesta a N en bajos o ambientes con napa, por **lixiviación**.

Lluvias de **Noviembre y Diciembre** incrementan la respuesta en lomas y suelos "con restricciones" costeros, erosionados u overos, por **mayor rendimiento**.

Lixiviación de Nitrógeno

Movimiento de nitrógeno según lluvia excedente (mm de agua libre)
Del N que sale del suelo, el 50% podría ser recuperado por el cultivo

Modelo de Burns 76 modificado (GM 2018).

Estrato cm	N Inicial Kg/ha	Acumulado Kg/ha	100 mm	200 mm
			Acumulado Kg/ha	Acumulado Kg/ha
0-20	120	120	38	19
20-40	20	140	78	40
40-60	10	150	113	62
60-80	5	155	141	82
80-100	5	160	159	102
100-120	0	160	160	119
120-140	0	160	160	133
140-160	0	160	160	145
160-180	0	160	160	154
180-200	0	160	160	159
200-220	0	160	160	160

Experimentos de aplicación tardía de N

Kansas State - Riego

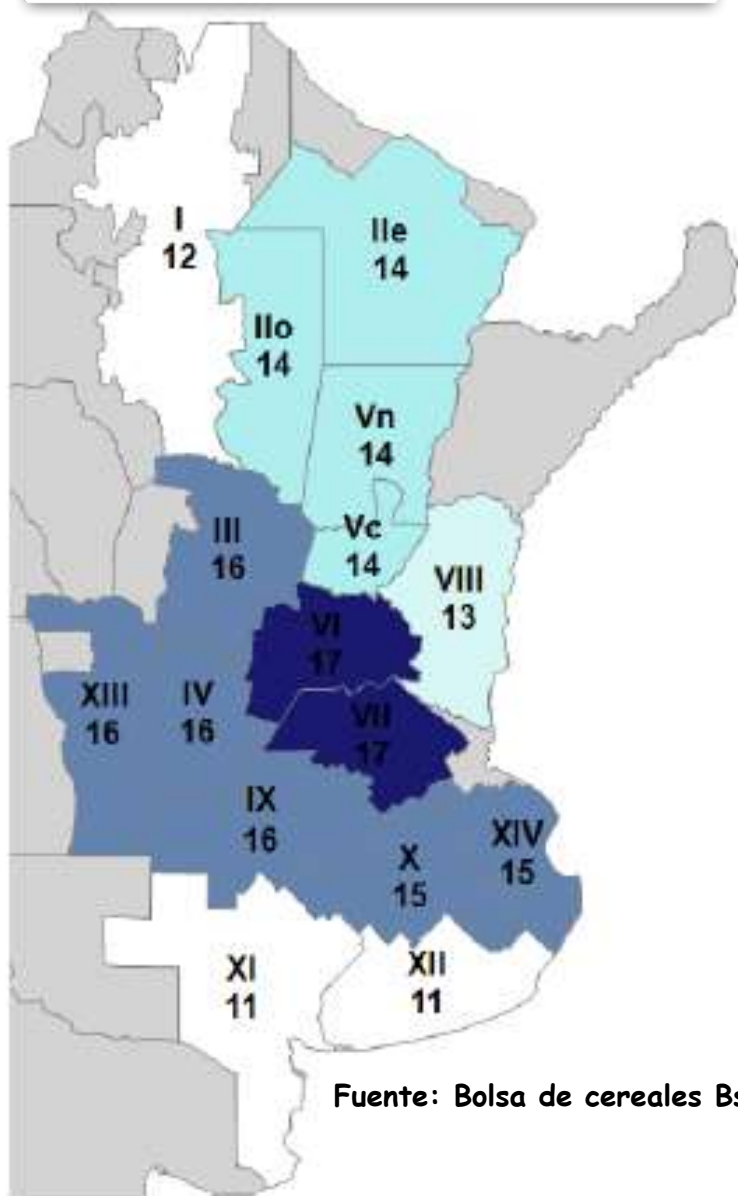
	Starter	Presiembra	V5-V10	V11-VT	VT R2	Total
Preplant	23	181	0	0	0	203
Sidedress	23	0	102	79	0	203
Sidedress Max	23	0	102	79	45	248
Sdress x Sensor	23	0	102	79	30	234
Referencia	23	181	102	79	45	429

	2014	2015
Preplant	16068	11423
Sidedress	17260	12427
Sidedress Max	17009	12302
Sdress x Sensor	18762	12929
Referencia	18076	13494

Aubert et al., 2016

Extracción de fósforo

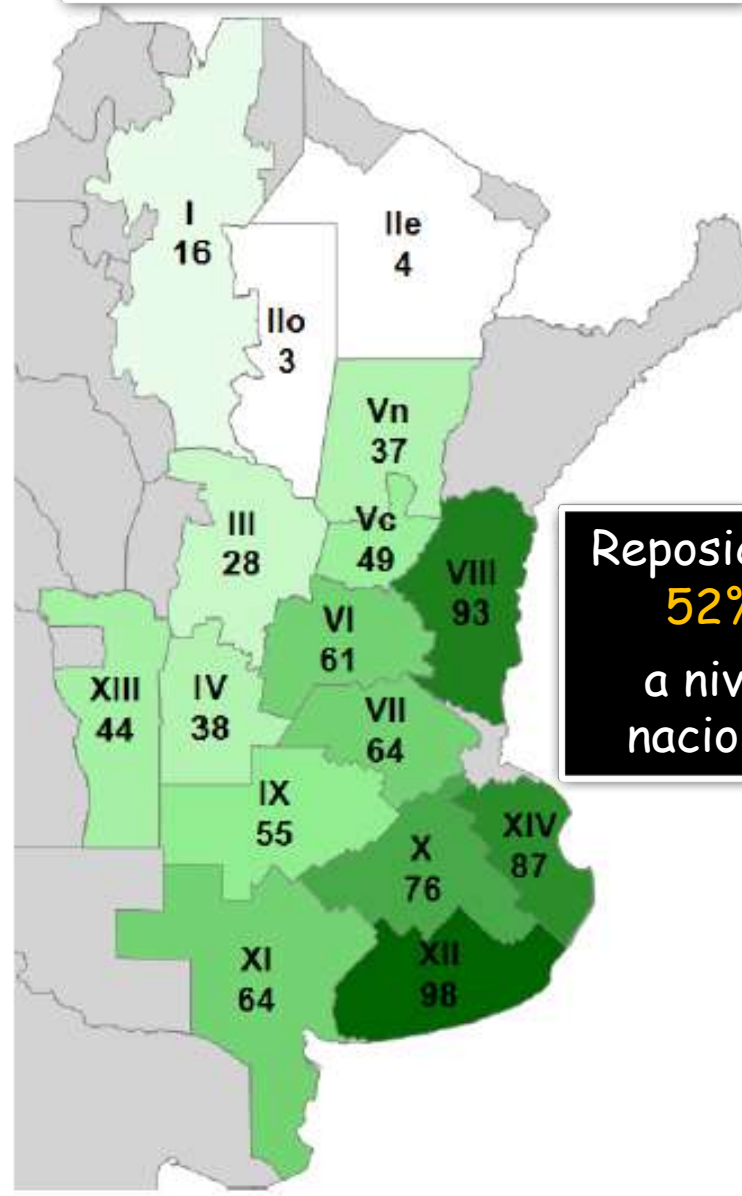
Campaña 2016/17. Seis cultivos
(kg P/ha cosechada)



Fuente: Bolsa de cereales Bs As, 2018

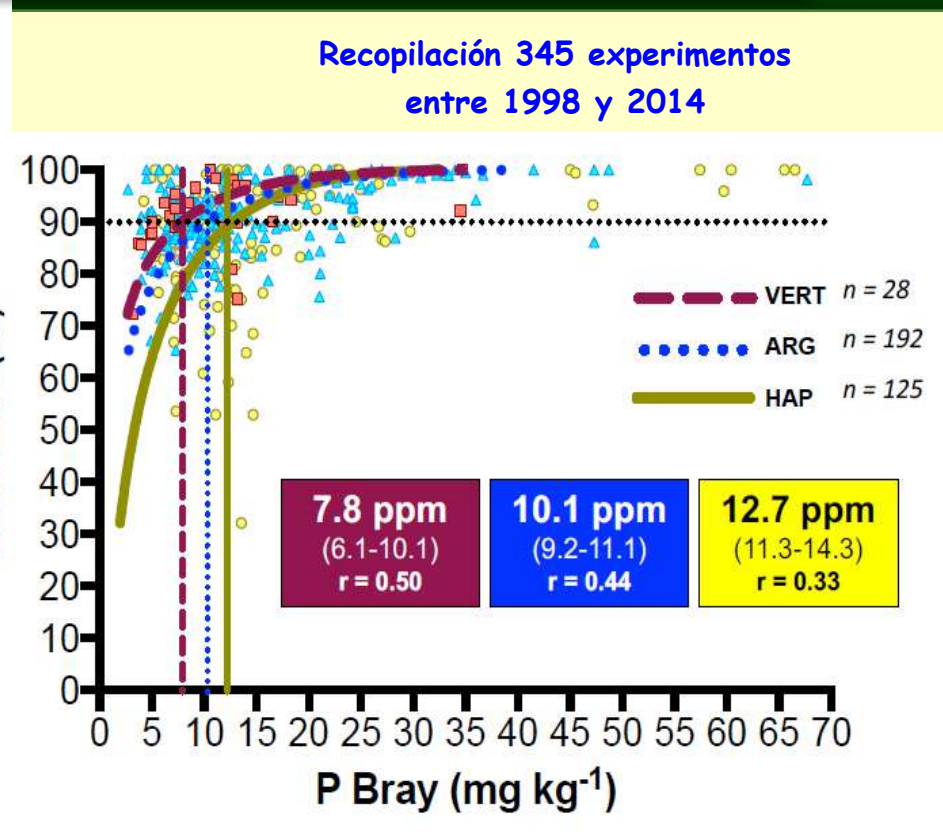
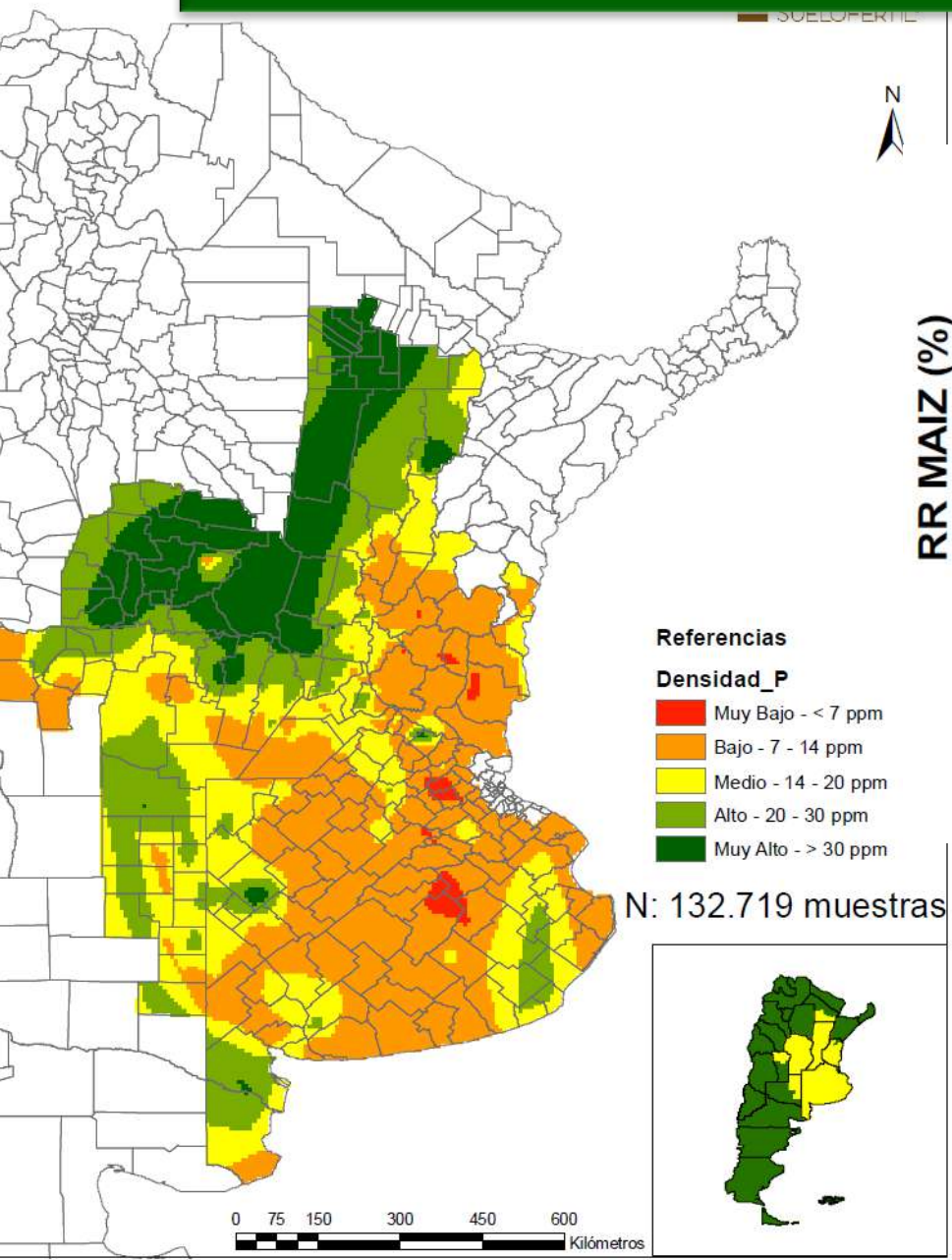
Reposición de fósforo

Campaña 2016/17. Seis cultivos
(% reposición)



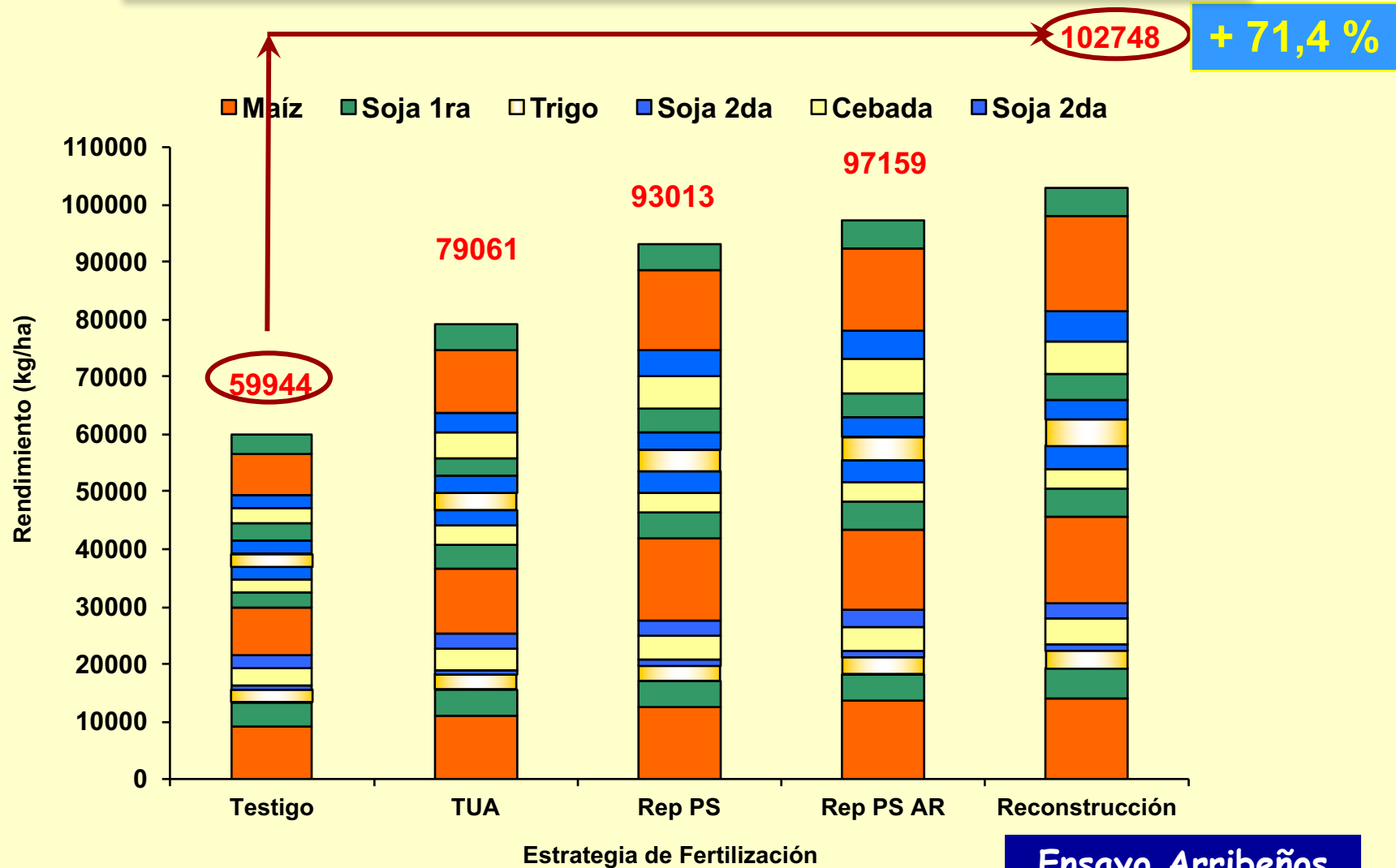
Reposición:
52%
a nivel
nacional

Disponibilidad actual de P en suelo. Más de 30000 muestras en 500 localidades. Interpolado con ARC - GIS



**Cuanto pierdo si no fertilizo?
> 10% si P en suelo < 10,1 ppm**

Rendimientos acumulados luego en doce secuencias, diecisiete cultivos.



Ferraris et al, 2018

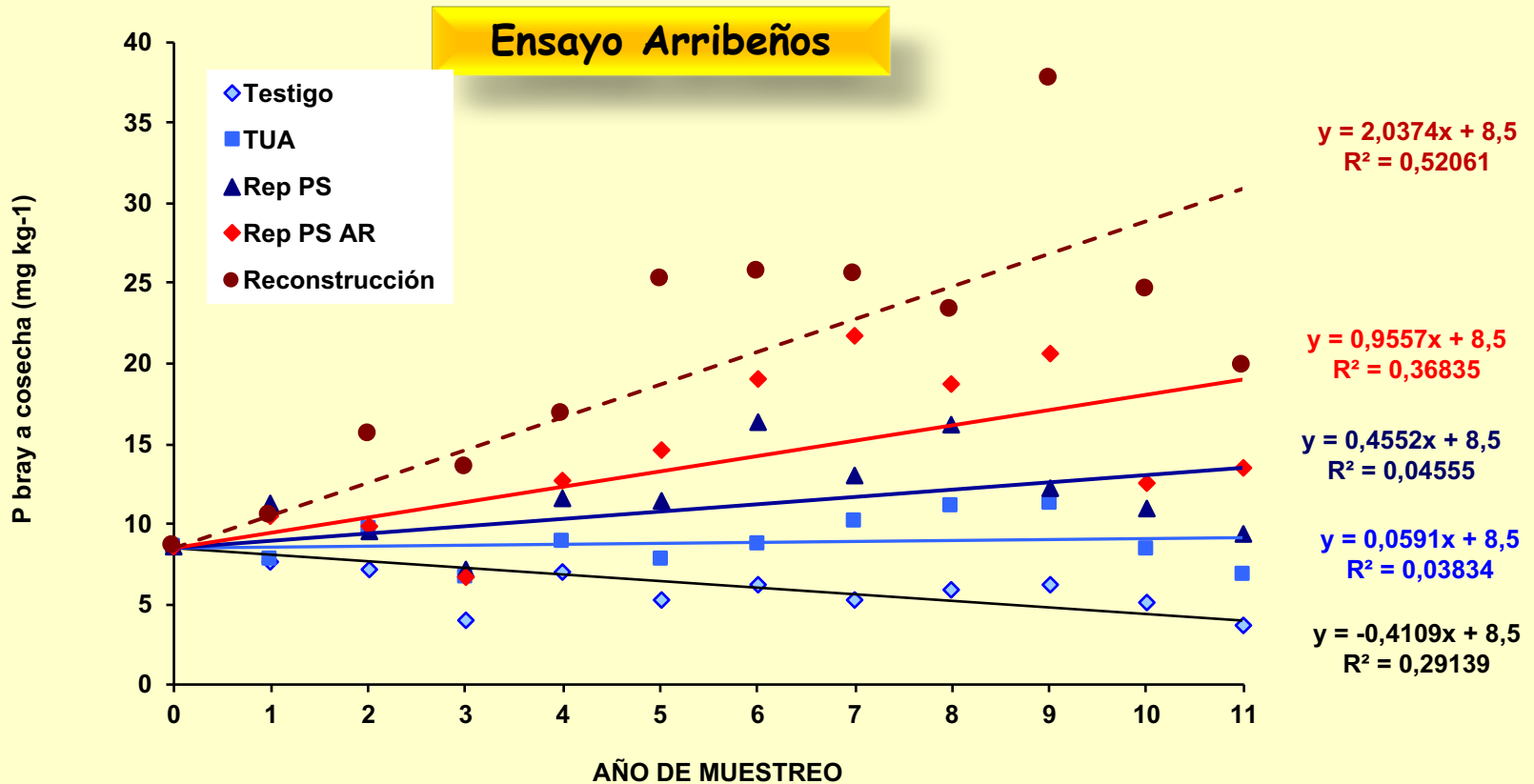
Ensayo Arribeños

Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

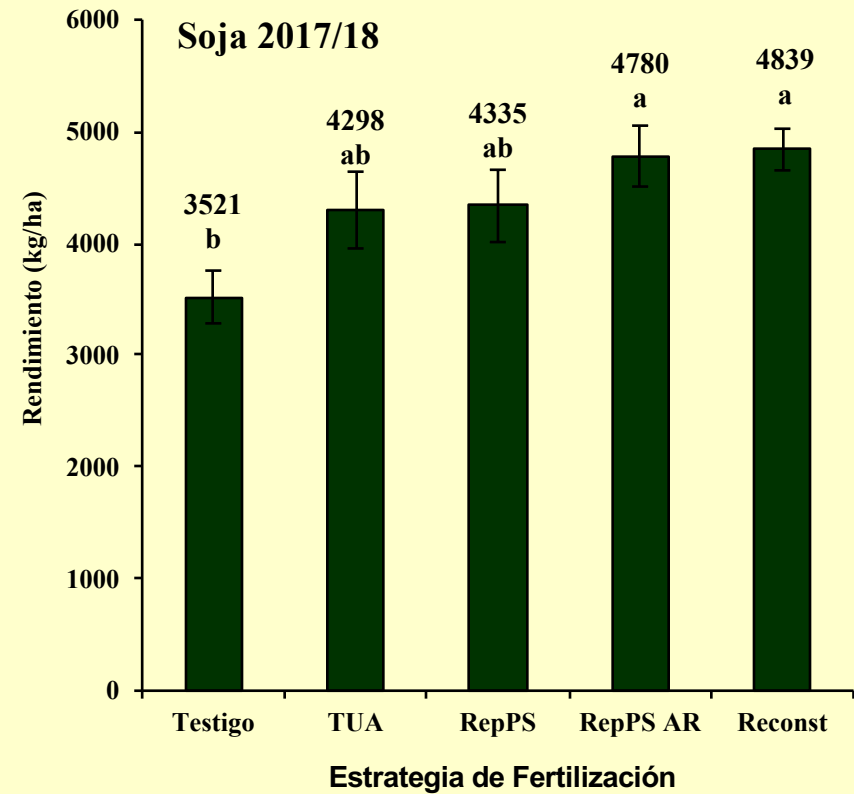
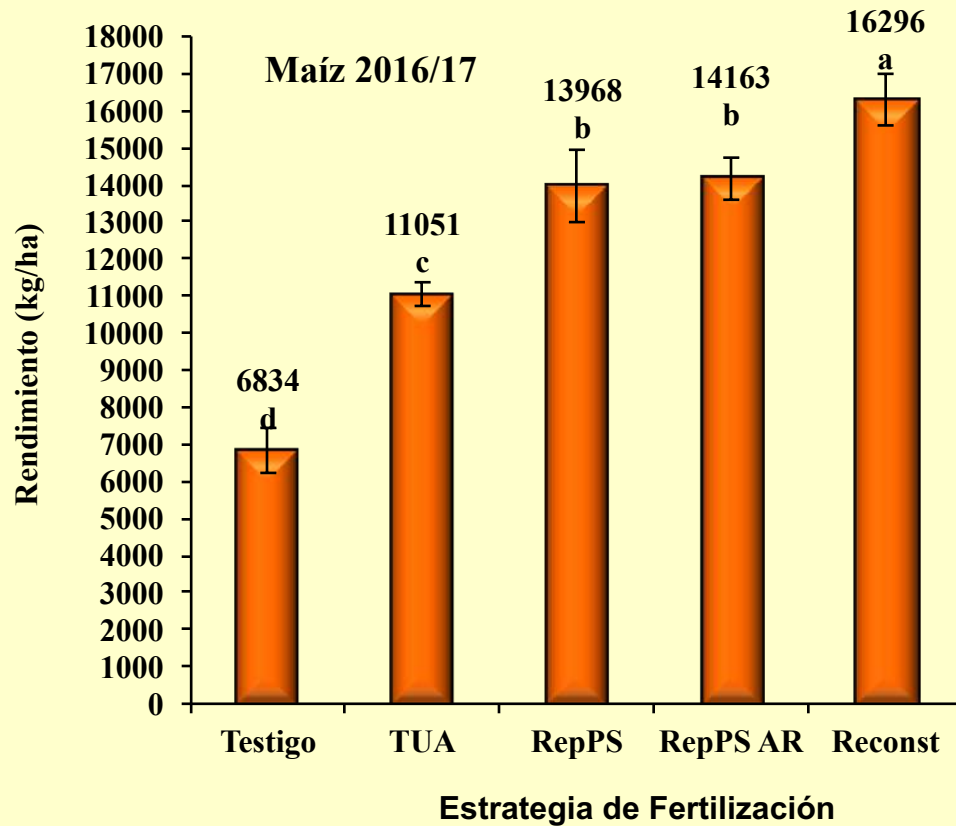
Cambios en los niveles de fósforo en el mediano plazo



Ferraris et al, 2016

Otros cambios: Baja pH, MO aumenta ligeramente, Aumenta N en suelo y grano, S mínimo en tratamiento 2

Rendimientos: Maíz campaña 2016/17. Efecto residual de 10 años previos



Ferraris et al, 2018

Ensayo Arribeños

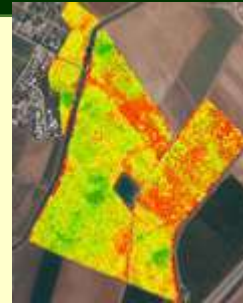
Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

Fertilización por ambiente (variable?) según productividad y nivel de fósforo en suelo

Supuestos:
Concentración de P: 2,5 kg P/ton
5 kgP/ha : + 1 ppm en suelo



Ambientación-
Mapa de Rendimiento

**Zona de Alta
Producción (Ej 13 Ton)**



P bajo

P medio

**Zona de Media
Productividad (Ej 10 ton)**



P bajo

P medio

**Zona de Baja
Productividad (Ej 7,5 ton)**



P medio

P alto

**Subir y
mantener**
Ej: 187 SPT/ha

Mantenimiento
Ej: 162 SPT/ha

**Subir y
mantener**
Ej: 150 SPT/ha

Mantenimiento
Ej: 125 SPT/ha

Mantenimiento
Ej: 93 SPT/ha

Suficiencia
Si P >15 ppm solo
Starter 50 kg/ha

Variedad de nuevas tecnologías

- ✓ Inhibidores de la Ureasa: Previenen volatilización: NBPT, NBPT + NPPT.
- ✓ Inhibidores de lixiviación: DMPP, Nytrapyrin.
- ✓ Impregnaciones: Sobre fuentes de P, Zinc, Accomplish, Boro, solubilizadores.
- ✓ Sobre Urea: Zinc (con buffer), Carbonato de Calcio.

- ✓ Fuentes líquidas y microgranuladas. Amplían la paleta de oferta de P. (merece discusión). No son sólo fertilizantes: transportadores de micronutrientes, rhizobium, hormonas de crecimiento, detoxificadores de herbicidas.

- ✓ Tratamientos biológicos: *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Trichoderma*. Avances en las formulaciones, posibilidad de pre-tratamiento. Efectos moderados sobre el rendimiento pero muy estables en el tiempo.

- ✓ Moléculas con efecto fisiológico no - nutricional: Stimulate, Bioforge Advance, Basfoliar (varios), Smartfoil, Biozyme, Seamaxx, Corn Seed, Grammy Crop, etc. Mejora respecto de años anteriores. Efectos interesantísimos, muy superiores a los que tuvieron en el origen de la tecnología

Trigo. Contexto y Tecnología



Experimentos de la campaña 2017/18

FS 16 de Junio. 3 aplicaciones de insecticida + fungicida
(Z33 + Z65 + Z75)

	Rendimientos (media dos repeticiones)				Promedio Variedad
	T1	T2	T3	T4	
DM Algarrobo	5882,4	6544,1	6205,9	7088,2	6430,1
ACA 360	6060,5	6264,5	6613,0	6802,0	6435,0
Baguette 750	5897,5	6226,5	7092,0	6537,0	6438,3
SY 120	6330,4	7338,2	6518,4	8102,9	7072,5
Buck Saeta	5926,5	6187,5	5702,2	7022,1	6209,6
ACA 908	5352,9	5161,8	5187,5	6161,8	5466,0
MS INTA 415	5834,6	6591,9	5944,9	7018,4	6347,4
DM Ceibo	6301,5	7143,4	6507,4	8000,0	6988,1
MS INTA 615	4683,8	6106,6	5125,0	5650,7	5391,5
Cebada Traveller	5162,0	5952,5	5731,5	5930,0	5694,0
Promedio fert	5743,2	6351,7	6062,8	6831,3	

- Novedad de la campaña SY120. Muy bien DM Ceibo.
- Destacados B750, ACA 360 y DM Algarrobo. También MS 415 y Buck Saeta
- Gran diferencia entre variedades en T1. Más uniformidad en T4.
- T2 vs T1: > Intercepción, NDVI y SPAD en Z41.
- Diferencia visual en todos los tratamientos.

T4
SPT 200 Urea 120 Urea 120 (m) N fol 10 kg
T3
SPT 100 Urea 120 N fol 10 kg
T2
SPT 100 Urea 120 Urea 120 (m)
T1
SPT 100 Urea 120

Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

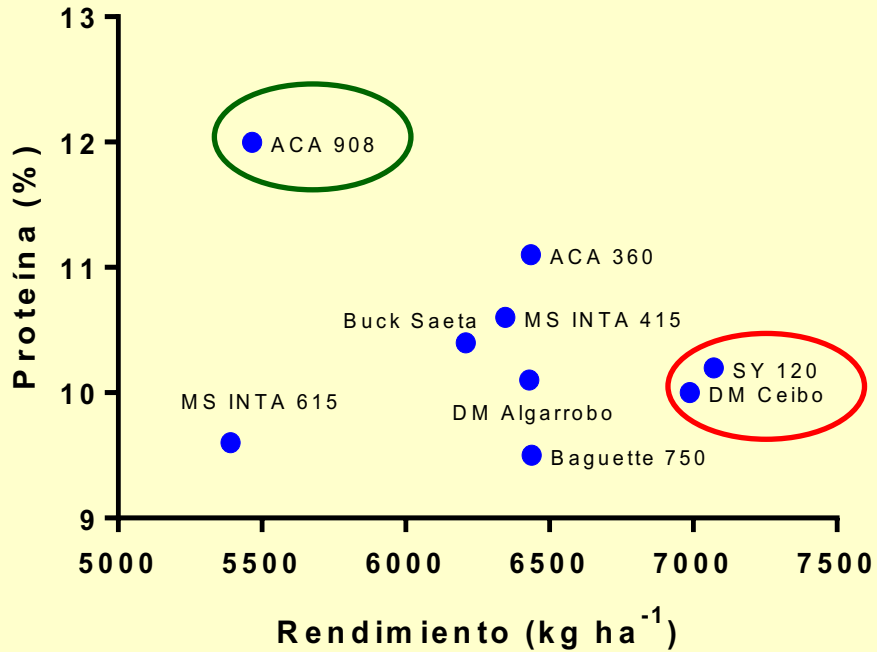


T4

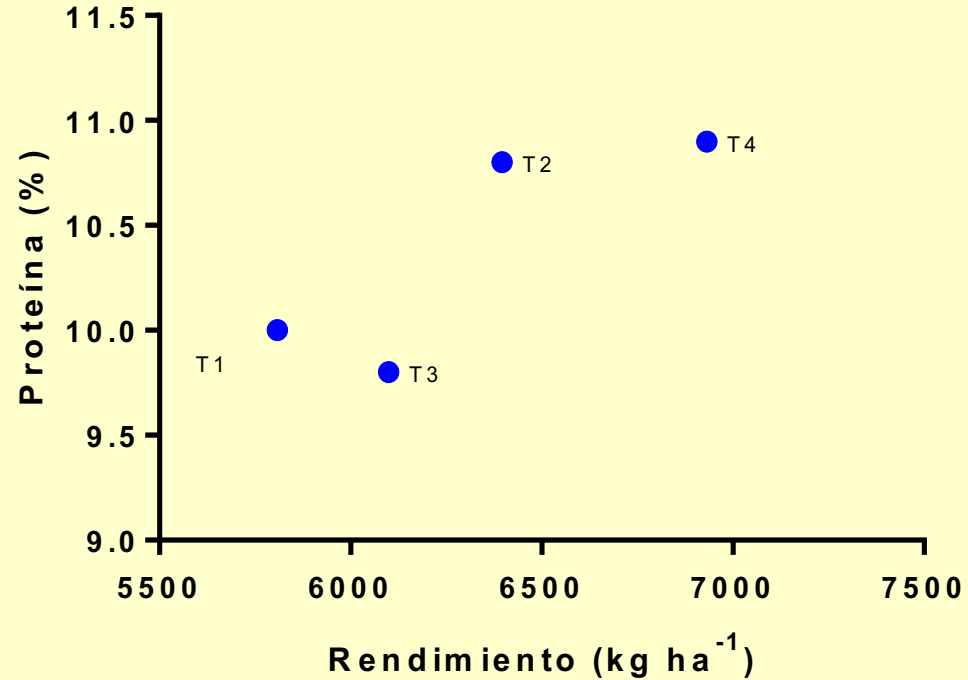
T1

Como armonizar rendimiento y calidad?

Ferraris y Usandivaras, 2018



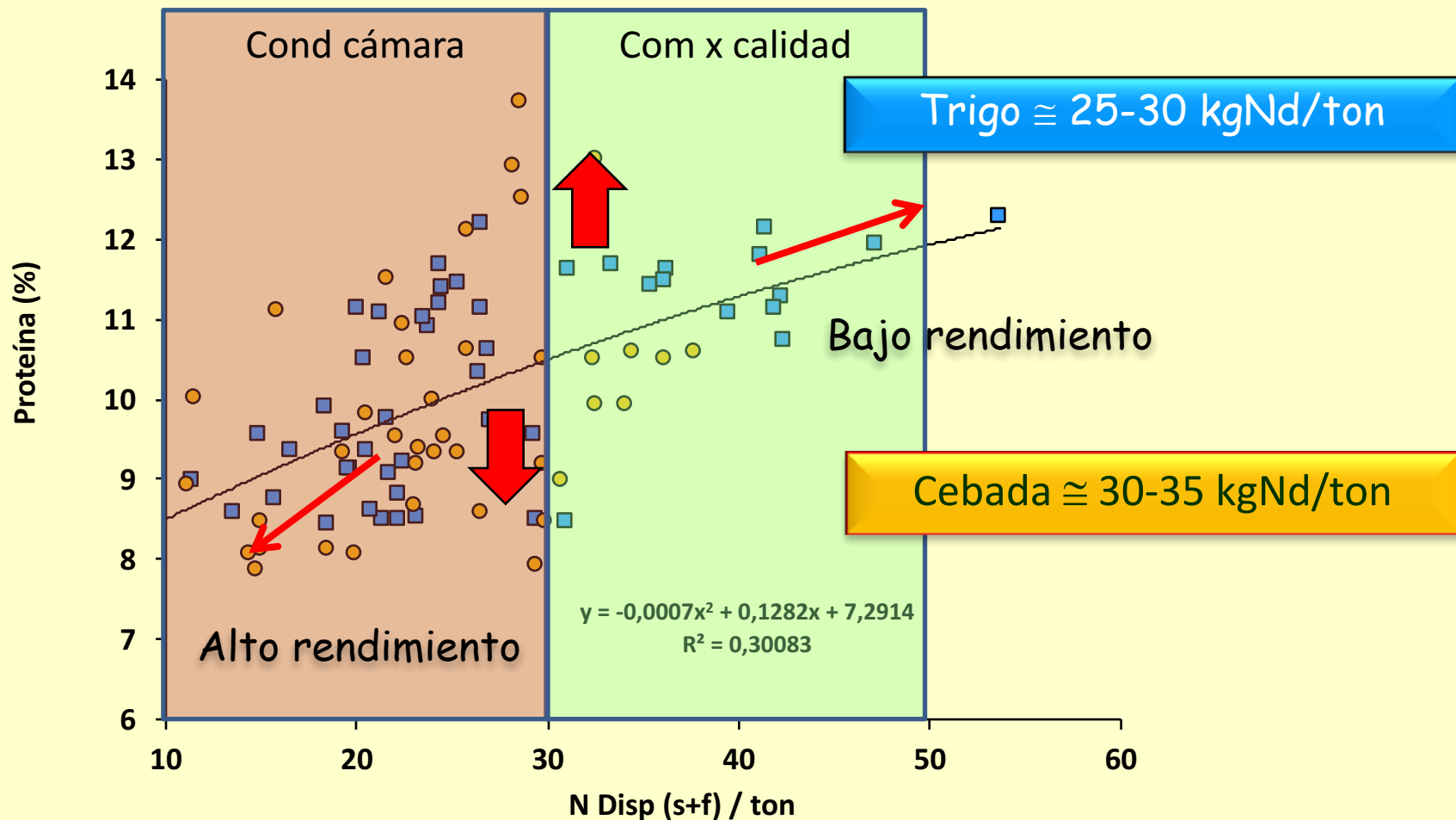
Efecto variedad



Efecto nutrición

Relaciones con la calidad. Ensayos Momentos y Partición

Pergamino. Años 2014 -2015 -2016-2017



Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

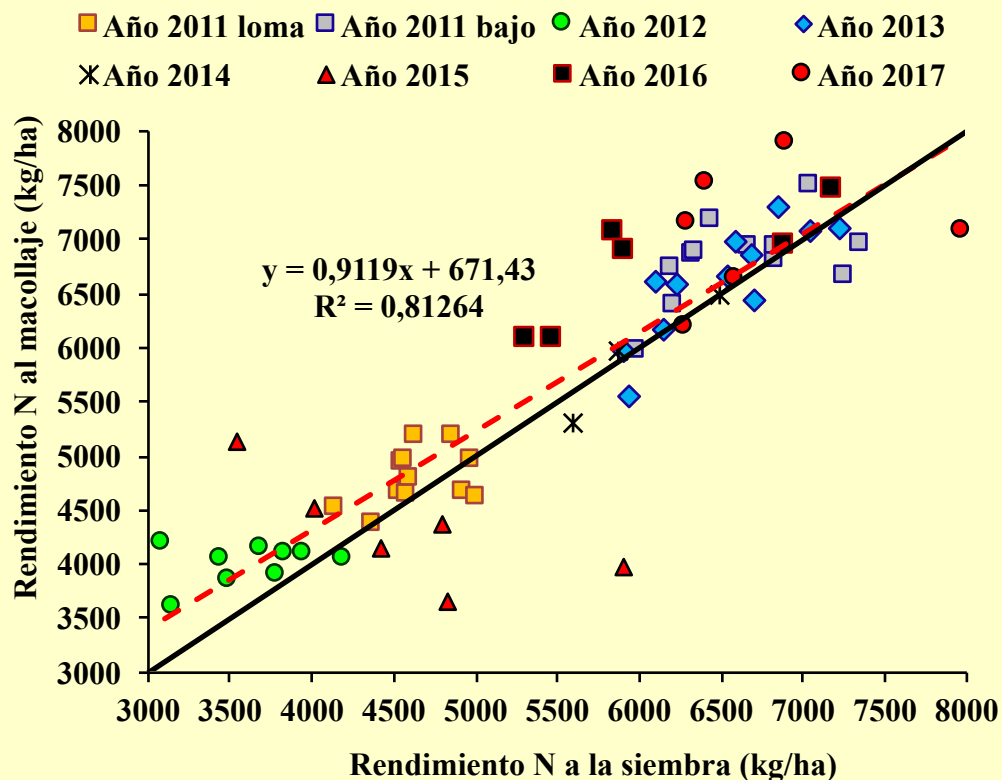
INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

Eficiencia Agronómica de Uso de N según Momento Aplicación

Rendimiento Macollaje vs Siembra. Años 2011 - 2012 - 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017

Ferraris, 2018. 8 experimentos. 74 parcelas



Localidades Pergamino y Ferré.
Dosis N40 - N80 - N120

Macollaje > Siembra 204 kg/ha

Macollaje > Siembra 71,6 % de los casos

EUN media 12,0 vs 15,1 kg grano/kgN

Mayor EUN al macollaje en Dosis bajas. Similar en Dosis altas.

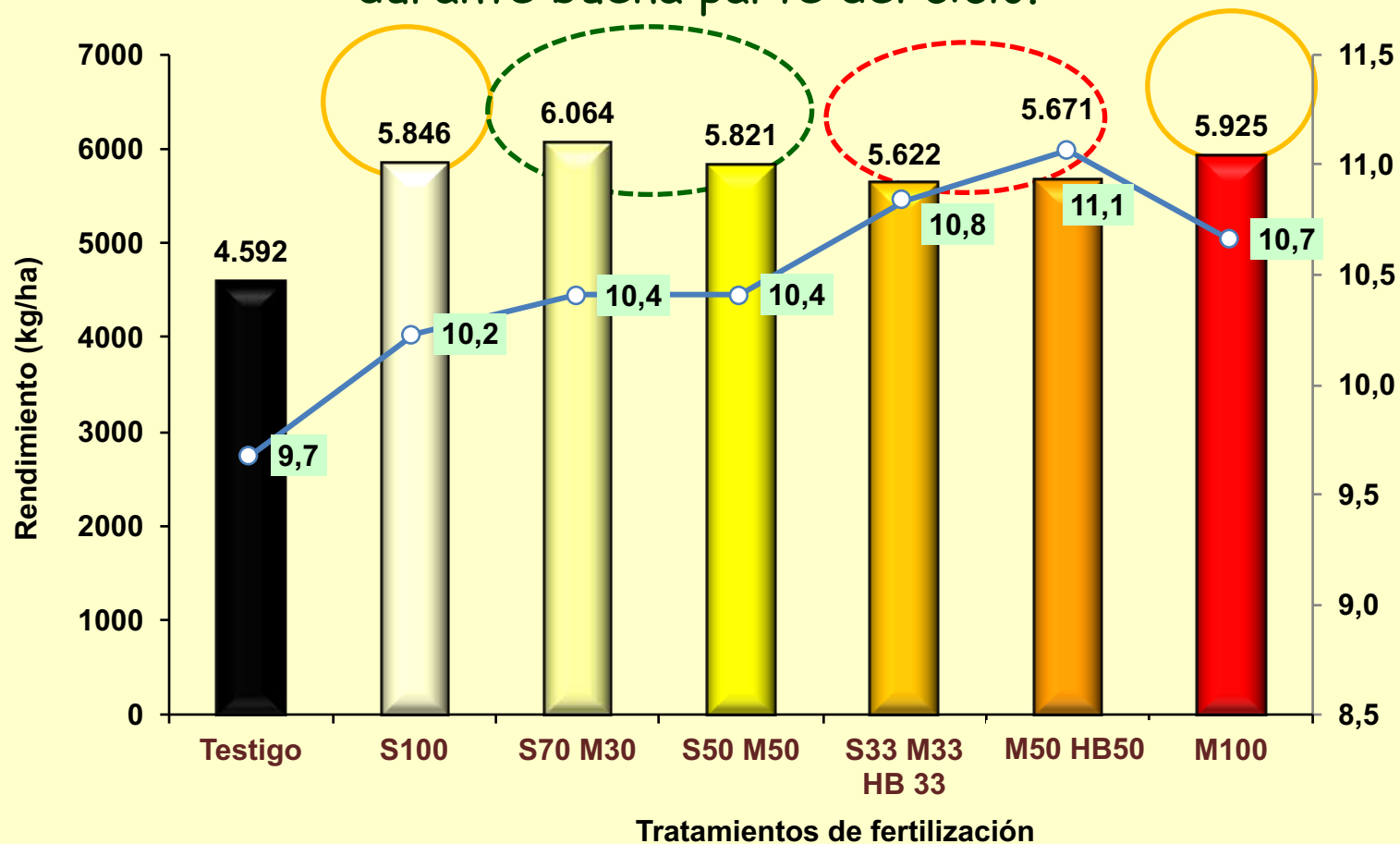
Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

Trigo: Partición de N. 5 años

Los cultivos invernales brindan alternativas de aplicación de N durante buena parte del ciclo.

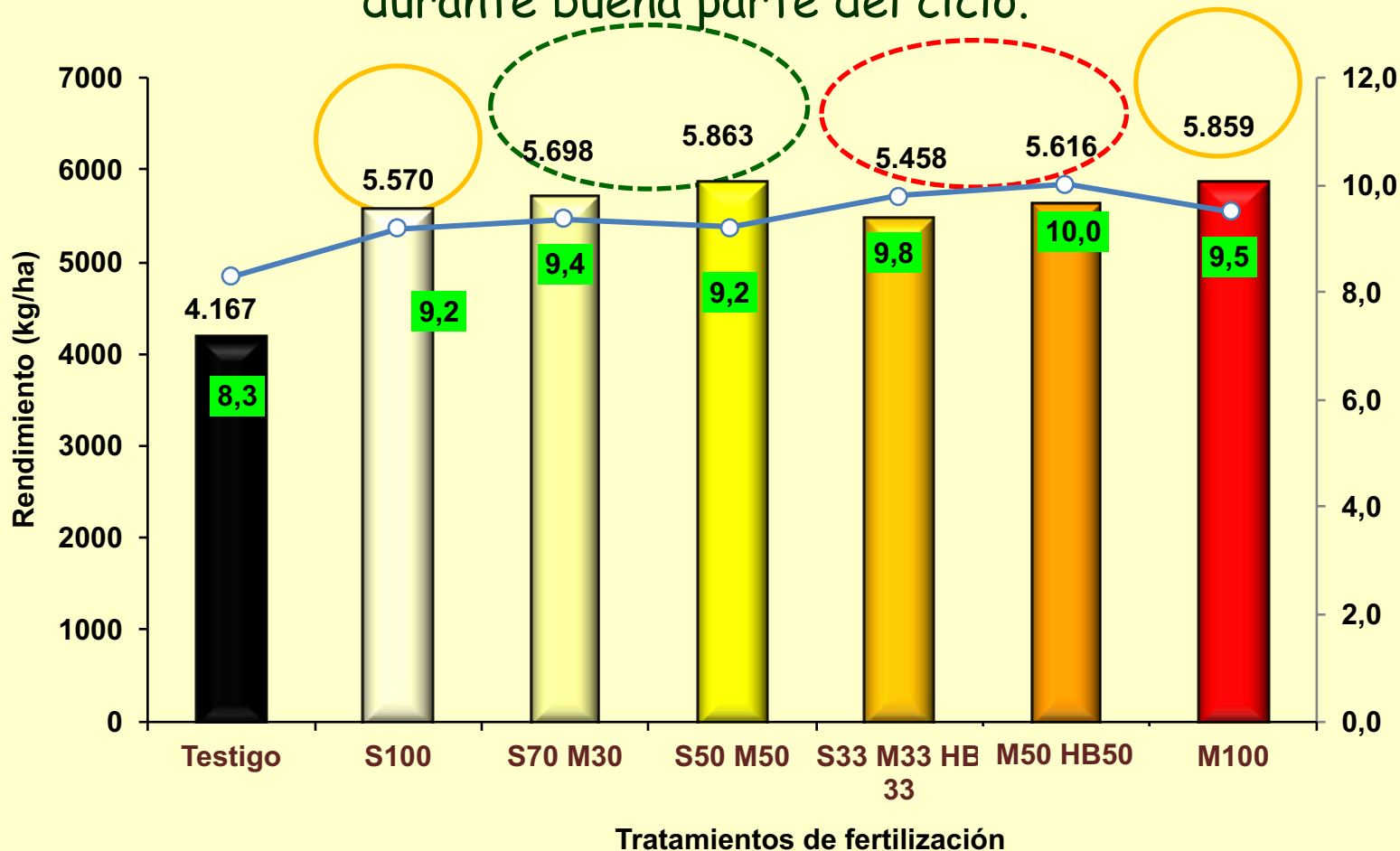


Trigo Pergamino 2013 a 2017.
Variedades GII. Dosis N100

Ferraris, 2018

Cebada: Partición de N. 5 años

Los cultivos invernales brindan alternativas de aplicación de N durante buena parte del ciclo.

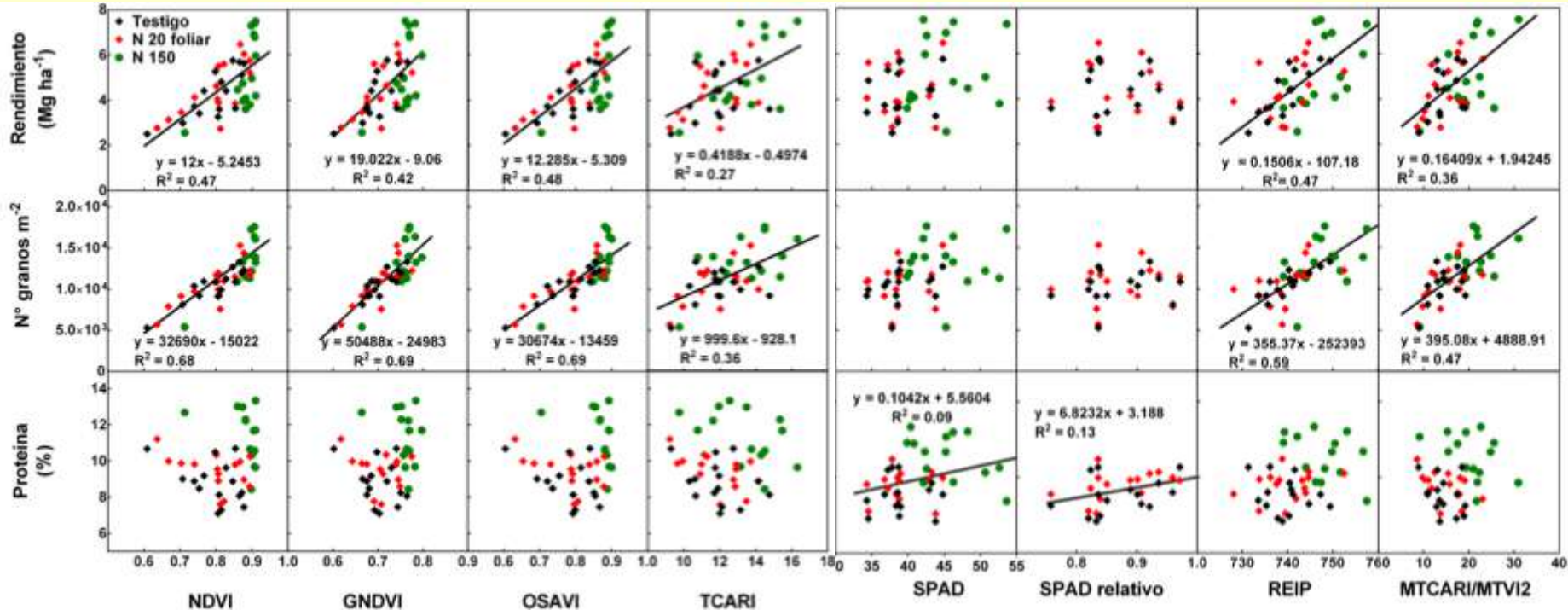


Cebada 2013 a 2017.
Cv Andrea y Traveller. Dosis N100

Ferraris, 2018

Con que herramientas contamos para monitorear el Nitrógeno?

Red de Fertilización en Cebada cervecera. Estimación de rendimiento y calidad



El N es un blanco móvil que debemos continuar monitoreando durante el ciclo.

Boero et al., 2016

Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino

“Nutrición de Maíz”

Valores Spad y proteína esperada



Trigo GII

Rinde	Spad						
	35	37	39	41	43	45	47
4000	9,8	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0
4500	9,5	9,6	9,8	10,0	10,2	10,3	10,5

1% de proteína: 11,2 kgN en grano adicionales en 7000 kg/ha – 6,4 kgN en 4000 kg/ha.
 Eficiencia de 50%: 22 kgN/ha aplicados \cong 50 kg/ha Urea adicionales aplicados. Quien paga?

7000	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Cebada Andreia

Rinde	Spad						
	35	37	39	41	43	45	47
4000	10,4	10,6	10,8	10,9	11,1	11,3	11,4
4500	10,1	10,3	10,4	10,6	10,7	10,8	11,0
5000	9,9	10,0	10,1	10,3	10,4	10,5	10,6
5500	9,6	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,4
6000	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1
6500	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9
7000	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8

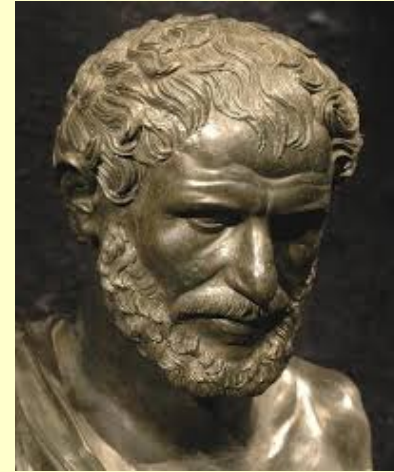
(GM 2018)

Algunas preguntas actuales

El año actual a que se parece? Al año anterior? Vuelve El Niño? Se inunda todo?
Fertilizo como el año pasado? Más o menos?

"No cruzamos un mismo río dos veces"

HERACLITO DE EFESO (535 a. C. - 484 a. C.)



Lo mismo sucede con el maíz:

Cambia el clima, el agua en el suelo, las relaciones de precio, nuestra perspectiva y visión del negocio.

Como podemos manejar "lotes por costumbre" ? Esto no tiene que ver con la evolución de la ciencia y la tecnología en el mundo.

Invernáculos en Sonora y Sinaloa - México



Aqaba, Jordania



97 % menos de uso de agua y energía que los sistemas de riego convencionales



Como podremos avanzar?

En cualquier momento se ponen a producir nuestros cultivos.

Mientras tanto...

Nos estamos preguntando si tenemos que usar N-nitratos (desarrollo de 30 años)?

Necesitamos pensamiento lateral para romper el círculo



Adoptar más rápido las innovaciones de procesos (más conocimiento, menor costo, mayor sustentabilidad).

TODAS LAS TECNOLOGÍAS EN EL CAMPO YA!

Fertilización racional, fertilizantes más eficientes, nuevos genes, robótica, sensores, rotaciones sustentables, cultivos de servicio, insumos alternativos de origen biológico, **Todos juntos!**

De la mano de ello mayor producción y mejor calidad, valor agregado, desarrollo local, arraigo, alimentos terminados.

Debemos generarnos **nuestra propia demanda y nuestro propio trabajo, para poder continuar haciendo lo que hacemos hoy**, ante un mundo que no para de evolucionar.



Muchas gracias por su
atención!

Preguntas?

Ing. Agr. (M.Sc.) Gustavo N. Ferraris
INTA Pergamino

ferraris.gustavo@inta.gob.ar

@GustaFerraris