FUNDACRUZ

II Encuentro Técnico Fundacruz

Santa Cruz de la Sierra, 9 y 10 de Agosto de 2010

Eficiencia de uso de nutrientes y mejores practicas de manejo para la nutrición de cultivos de grano

Fernando O. García

Instituto Internacional de Nutrición de Plantas

WWW.IPNI.NET

IPNI
INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Temario

- Intensificación y sustentabilidad de los sistemas de producción
  - *Algunos aspectos que hacen al manejo de los sistemas de producción en Santa Cruz*
- Mejores practicas de manejo (MPM) de nutrientes y fertilizantes
  - *Los indicadores funcionales de las MPMs, la eficiencia de uso de los nutrientes*
- Los principios científicos de las MPMs
  - *¿Qué sabemos y que nos falta en Santa Cruz?*
- Conclusiones

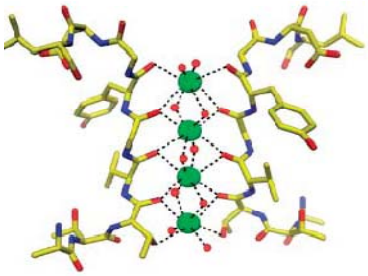
Intensificación productiva sustentable

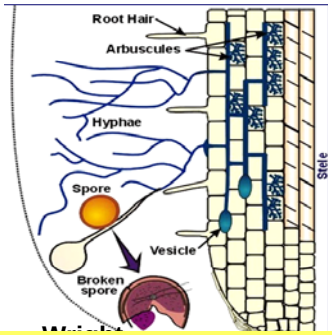
- *Mayor producción por unidad de recurso y/o insumo involucrado en el espacio y el tiempo (kg/ha/año)*
- *Mejorar eficiencias en términos agronómicos, económicos y ambientales*
- *Involucra sistemas y no solamente cultivos*

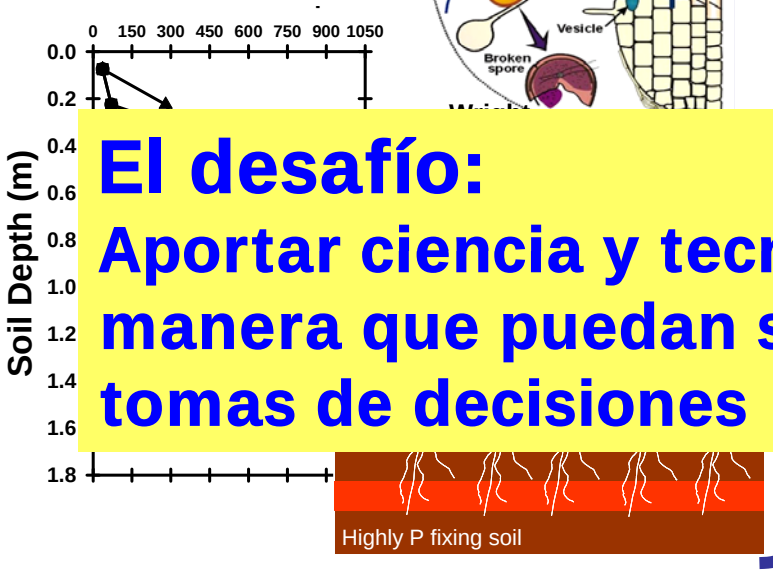
- ***Balance de nutrientes, Nutrición adecuada de cultivos y suelos***
- *Rotaciones*
- *Siembra directa*
- *Genética*
- *Manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas*
- *Practicas de manejo como cultivos de cobertura*

La ciencia jamás ha tenido un complejo mas completo de conocimientos

La industria jamás ha tenido un complejo mas impresionante de tecnologías



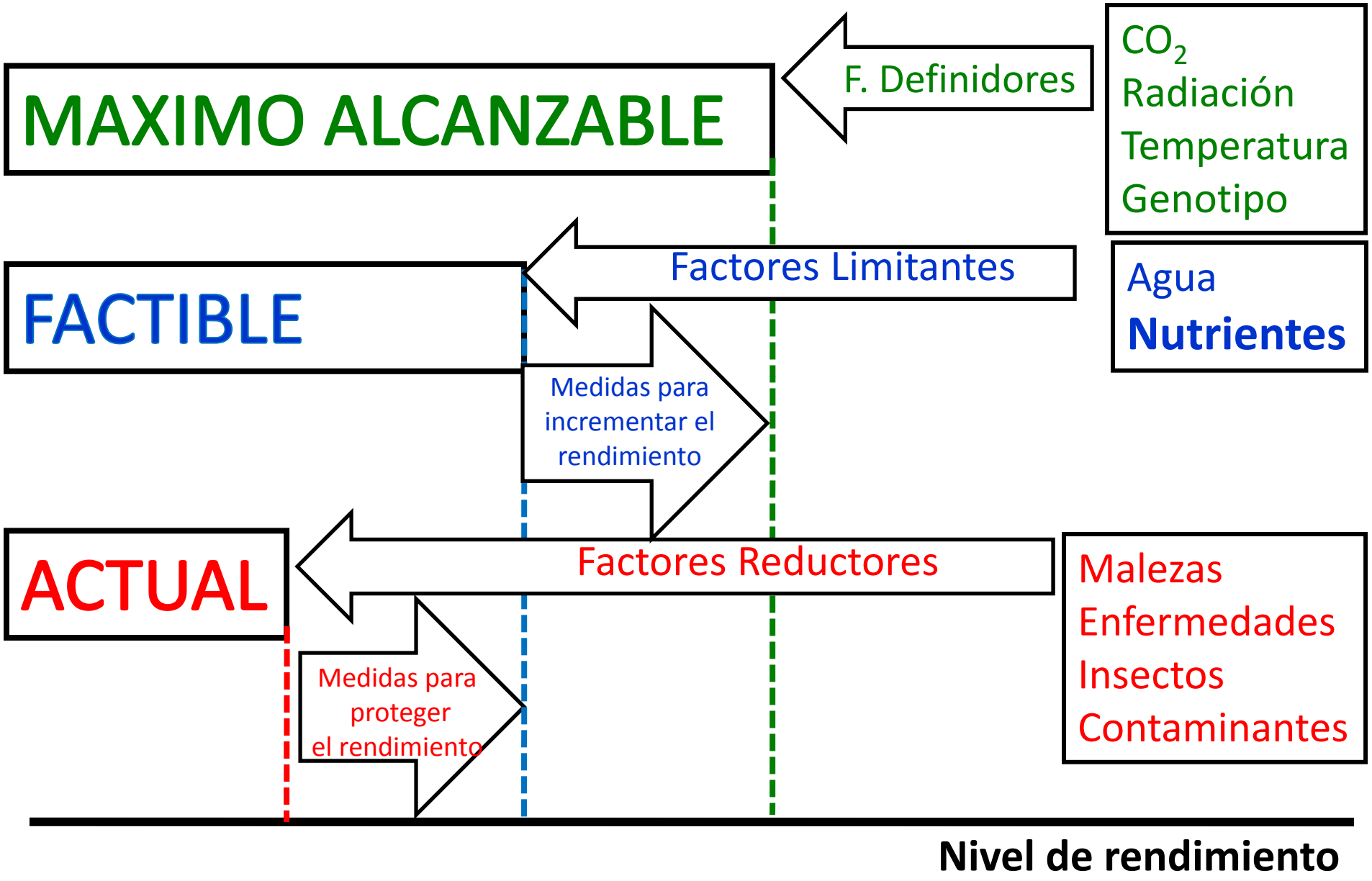




El desafío:

Aportar ciencia y tecnología a la agricultura de manera que puedan ser integradas en apoyo de las tomas de decisiones

Fixen, 2006

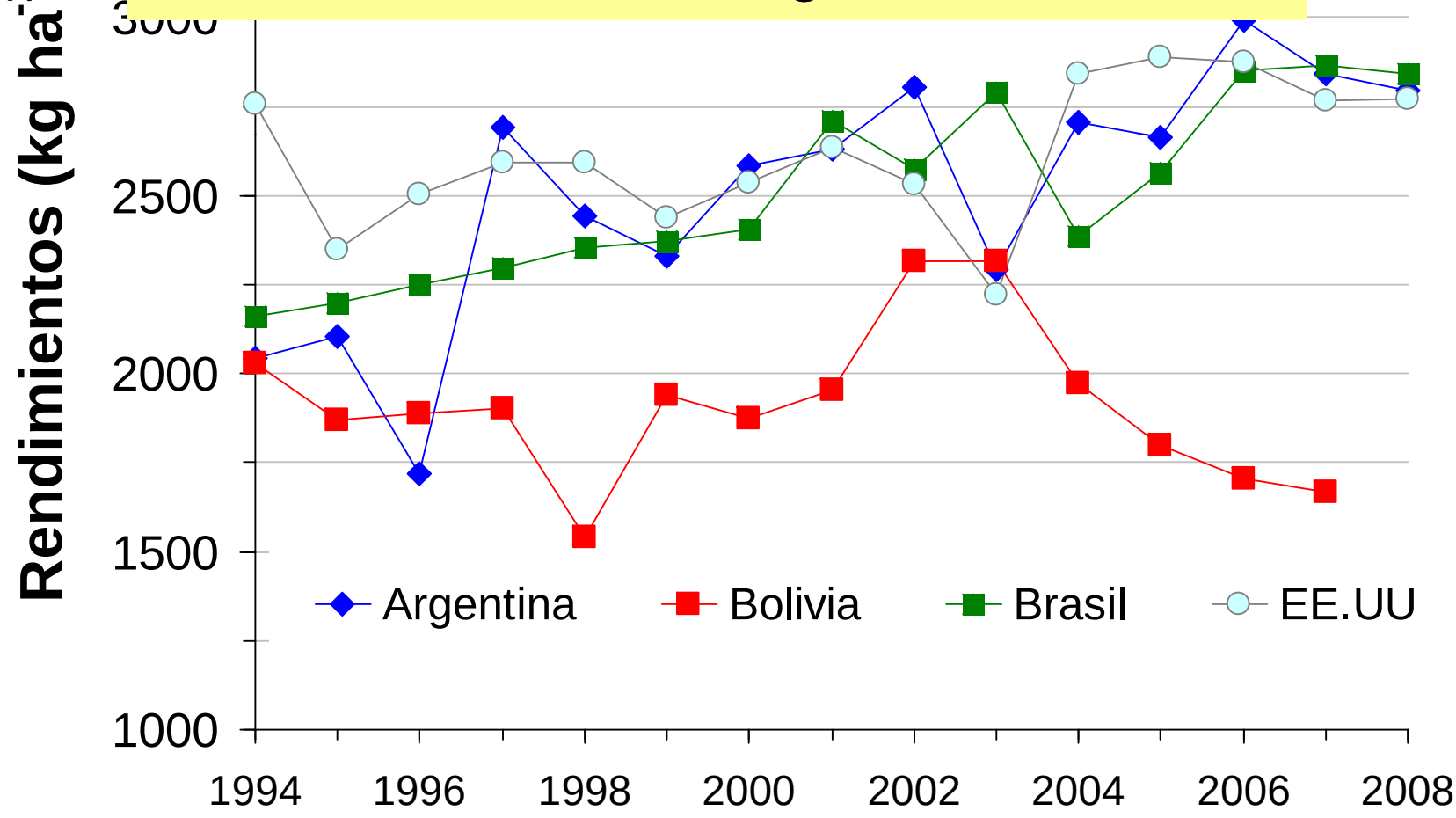


Adaptado de Van Ittersum y Rabbinge, 2001

Rendi EE.UU.

Tasas de crecimiento anuales (1994-2008)

Argentina	*+60 kg/ha/año*
Bolivia	*+0 kg/ha/año*
Brasil	*+50 kg/ha/año*
EE.UU.	*+21 kg/ha/año*



Siembra Directa **Rotaciones** **Fertilidad**

↓

Residuos: Cobertura, cantidad y calidad

↓

Materia orgánica

↓

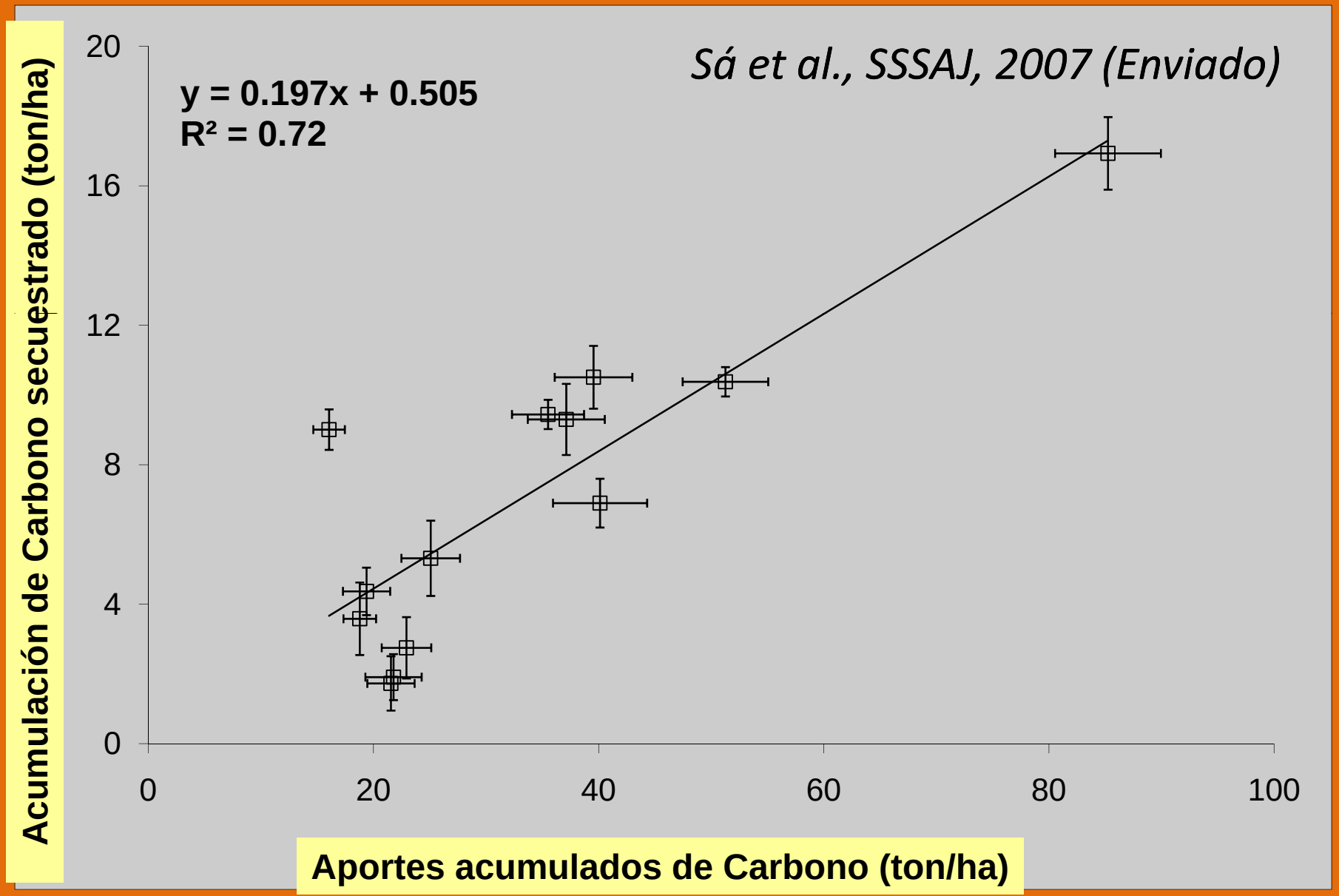
Suelo "vivo"

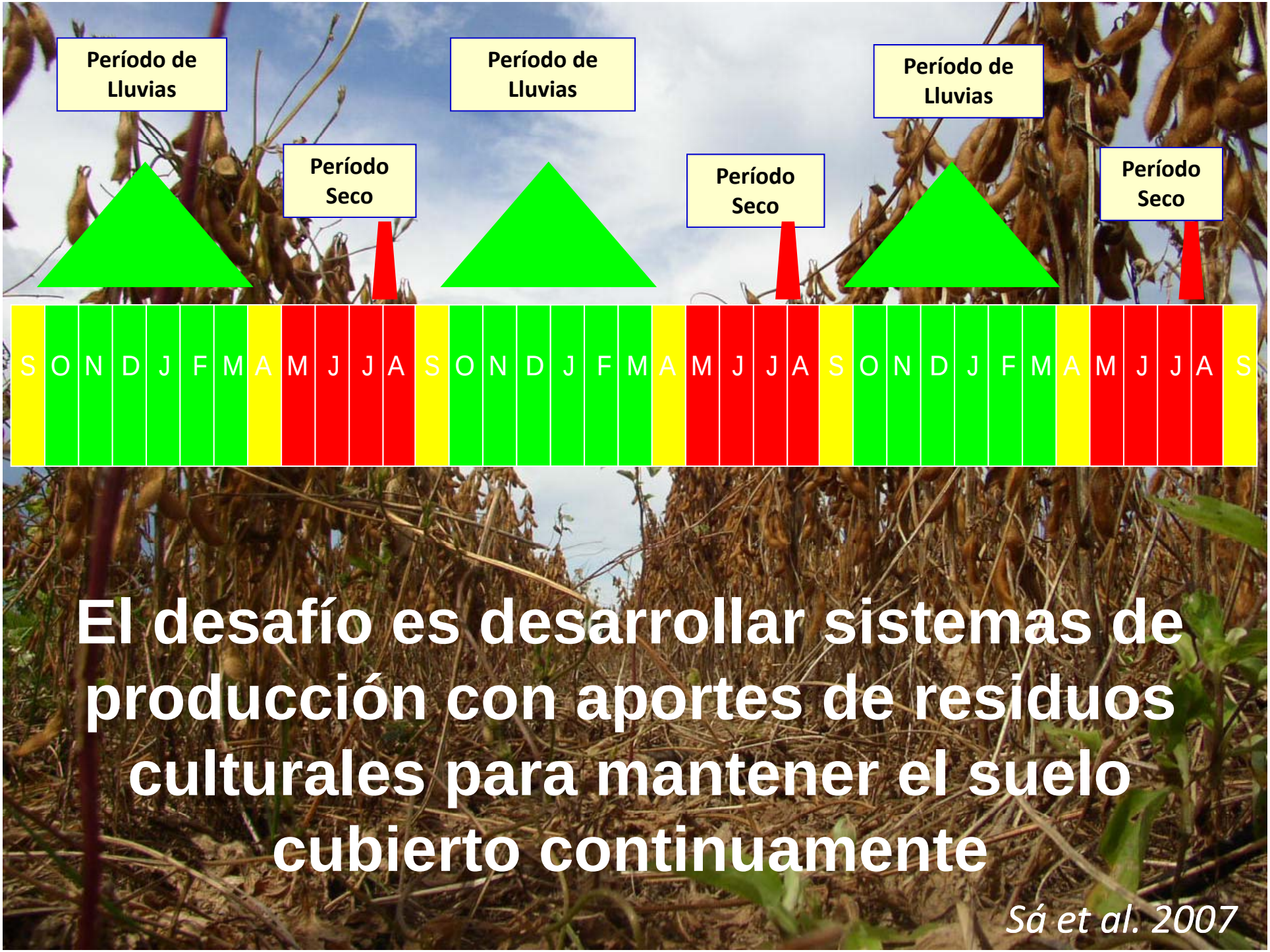
↓

Sustentabilidad

IPNI

Aportes acumulados de Carbono y acumulación de Carbono secuestrado





El desafío es desarrollar sistemas de producción con aportes de residuos culturales para mantener el suelo cubierto continuamente

Sá et al. 2007

Tasa de secuestro de C en suelos tropicales y subtropicales de Brasil

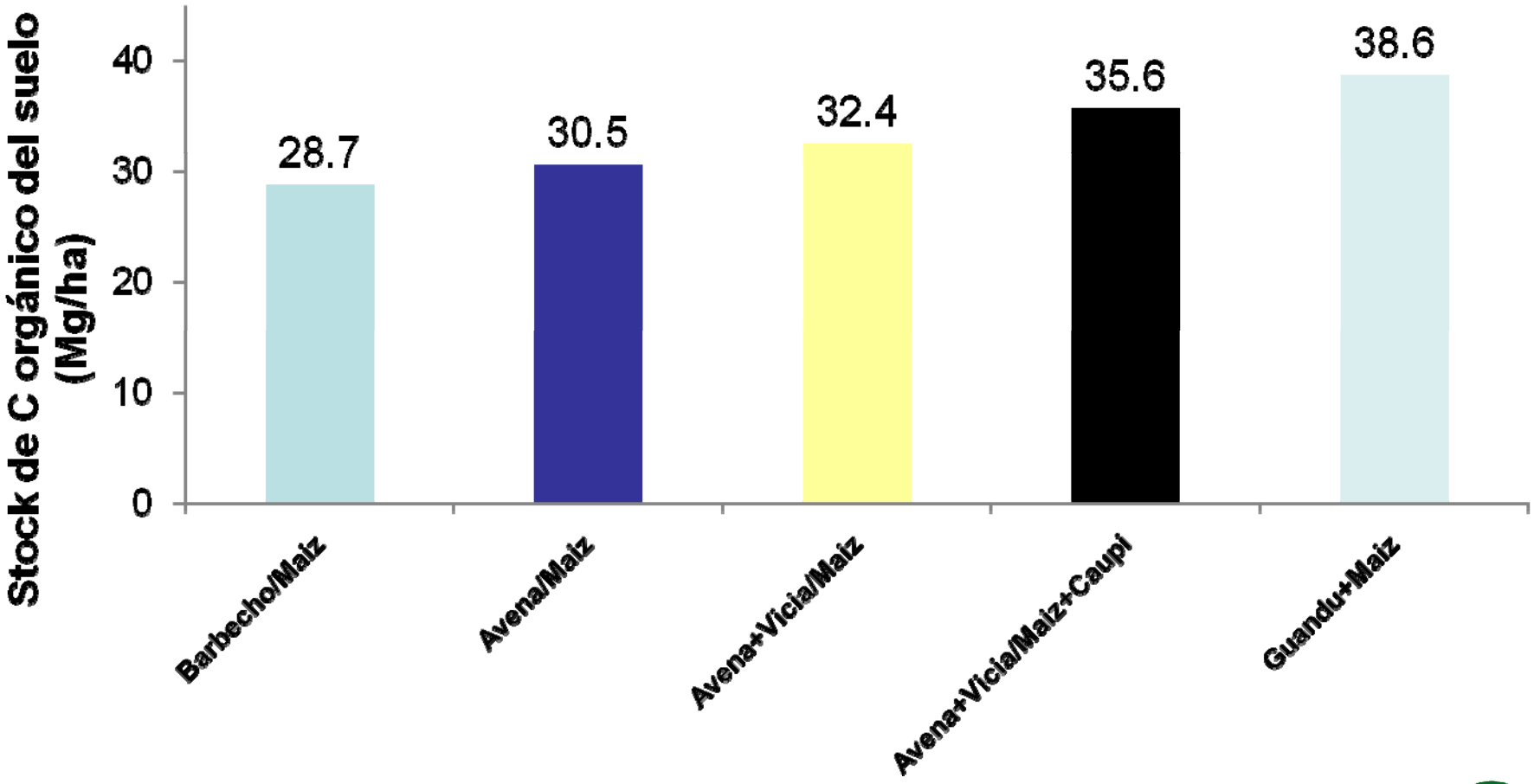
Fuente: T. Amado y C. Bayer (datos no publicados), citado por Bayer et al. (2010)

Región	Manejo	Tasa de secuestro de C estimada
		Mg C ha^{-1} $año^{-1}$
Subtropical (Sur)	Monocultura/Rotación de cultivos tradicionales	0,12±0,06
	Rotación de cultivos intensiva	0,36±0,09
Tropical (Cerrados)	Monocultura/Rotación de cultivos tradicionales	0,03±0,07
	Rotación de cultivos intensiva	0,42±0,06

IPNI

Stocks de C orgánico del suelo (0-17.5 cm) medidos al 19º año desde el establecimiento de cinco rotaciones en la Estación Experimental Agronómica de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul en Eldorado do Sul (RS, Brasil)

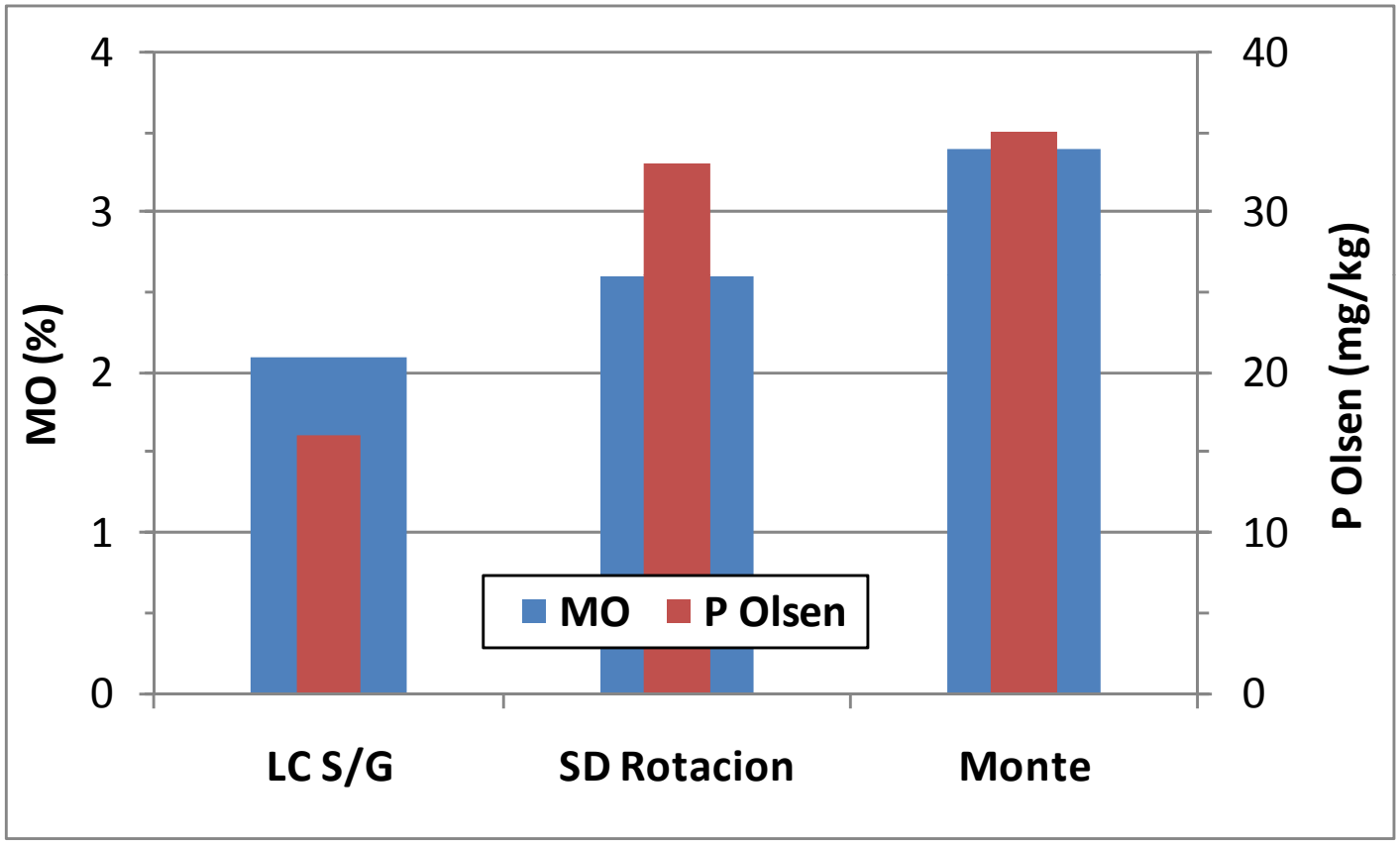
Fuente: Vieira et al. (2009)



IPNI

Efectos de sistema de manejo en materia orgánica y P Olsen

Fuente: Presentación del Ing. Agr. Edward Peña en el evento Vidas 2007 de Fundacruz



Sistemas en rotación de cultivos bajo SD incrementan la MO y el P Olsen respecto de Monocultivo bajo LC

ABONOS VERDES - COBERTURAS

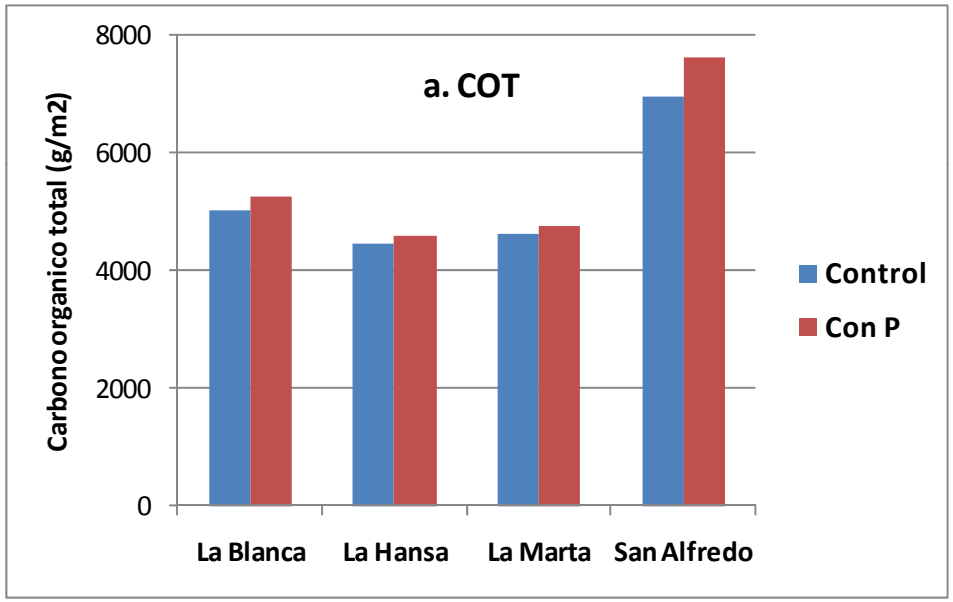
MUCUNA CENIZA
(*Mucuna pruriens*)

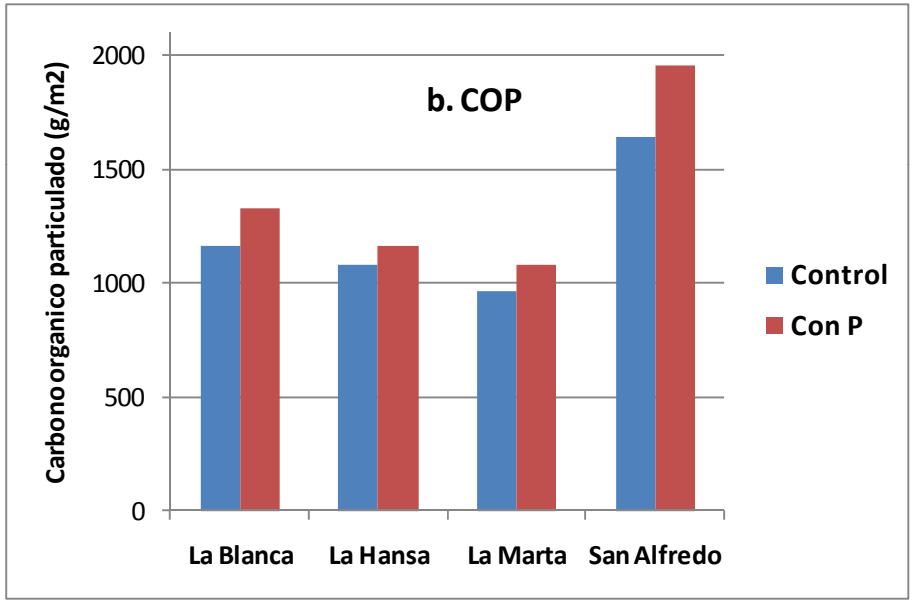
GUANDÚ
(*Cajanus cajan*)

Brachiaria y mileto como coberturas en zona Norte de Santa Cruz

Efecto de la fertilización fosfatada sobre la acumulación de C orgánico

Fuente: Ciampitti et al. (2010) – Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe





La fertilización fosfatada durante seis años incremento el ***C orgánico total en 3055 kg/ha*** *y el* ***C particulado en 1678 kg/ha*** *a 0-20 cm, en promedio para los cuatro sitios evaluados*

Suelos Afectados por Sales

- **Suelos Salinos**
  - Suelos con sal – Exceso de NaCl, Na_2SO_4, $CaCl_2$, etc.
  - Crecimiento vegetal disminuido - Stress por falta de agua
  - Efecto osmótico y toxicidad por exceso de sal
  - CE > 4.0 (dS/m o mmhos/cm)
  - pH menor a 8.4
  - 20% de los suelos del Norte con > 4 dS/cm (M.S. Viera, 2009, Datos PIEN)
  - 8% de los suelos del Este con > 4 dS/cm (M.S. Viera, 2009, Datos PIEN)

- **Suelos Sódicos o Alcalinos**
  - Contenido de Sodio en exceso, >15% de la capacidad de intercambio (PSI >15)
  - Materia orgánica dispersa
  - pH muy elevado (8.5-10)
  - Pobre estructura del suelo
  - 9% de los suelos del Norte con pH > 8 (M.S. Viera, 2009, Datos PIEN)

Corrección de Suelos Salinos

- Identificar la causa del problema de sales
- Establecer un buen drenaje interno
- **Mantener el suelo cubierto con cultivos y/o aportes de residuos**
- Regar con excesiva cantidad de agua (libre de sodio y sales) a través del perfil del suelo para lixiviar las sales por debajo de la zona radicular
- 15 cm de agua para remover el 50% de las sales, 30 cm para remover el 80% y 60 cm de agua para remover el 90%
- Bajo irrigación, la corrección se puede realizar en forma relativamente rápida
- Campos cultivados en condiciones de secano, la corrección puede ser muy difícil o imposible

Corrección de suelos alcalinos y salinos/alcalinos

- No es fácil ni rápido
- Se debe identificar y corregir las causas del exceso o acumulación de sal y sodio
- El exceso de sodio debe ser reemplazado
  - **Agregar yeso (sulfato de calcio)**
    - Se disuelve lentamente y el calcio reemplaza al sodio en el complejo de intercambio, y el sodio es lixiviado de la zona radicular
    - La aplicación de yeso es efectiva sólo en suelos sódicos, no así en suelos salinos
  - **Acido sulfúrico y Azufre elemental puede solamente utilizarse para corregir suelos alcalinos si contienen carbonato de calcio libre**
    - El azufre elemental se convierte en ácido sulfúrico por los microorganismos del suelo, el cual reacciona con el carbonato de calcio y forma sulfato de calcio
- Establecer el drenaje interno del suelo
- **Mantener el suelo cubierto con cultivos y/o aportes de residuos**

Problemas de compactación

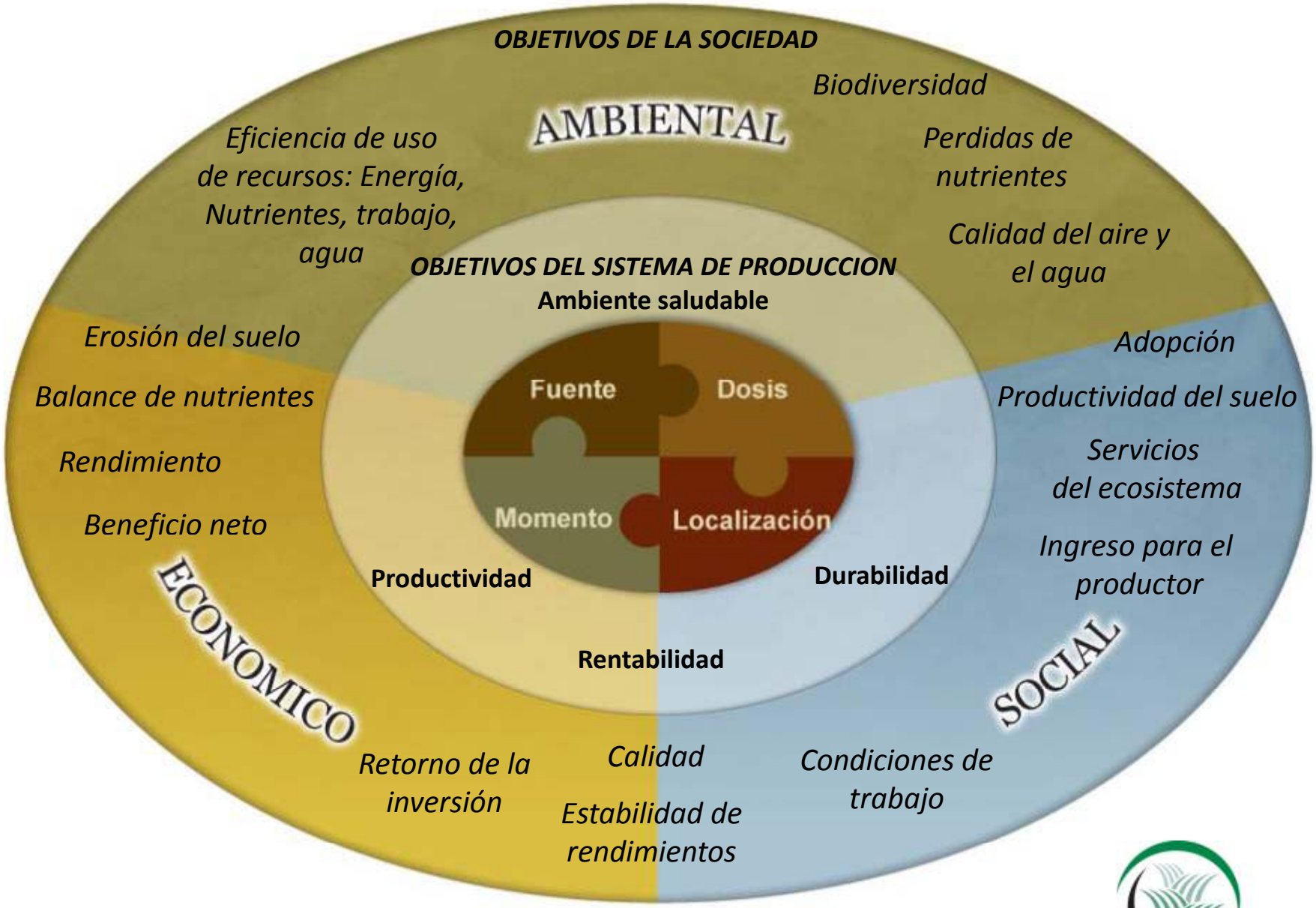
Mantener el suelo cubierto con cultivos y/o aportes de residuos

Las mejores practicas de manejo de los fertilizantes

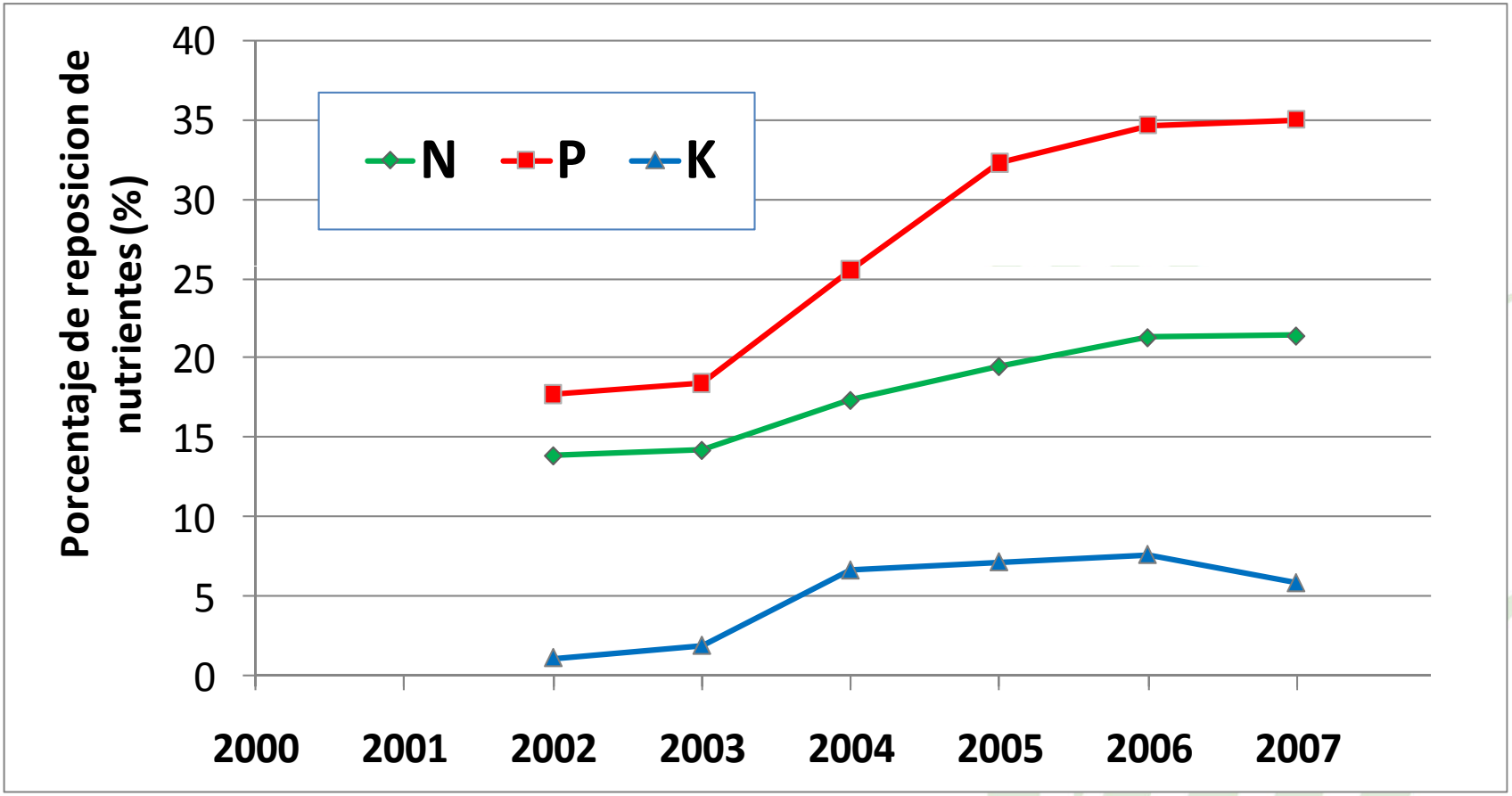
- *Son herramientas utilizadas a nivel de agricultor para el manejo efectivo y eficiente de los nutrientes*

- *Son el medio principal de los agricultores para lograr simultáneamente los objetivos agronómicos, económicos y ambientales*

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

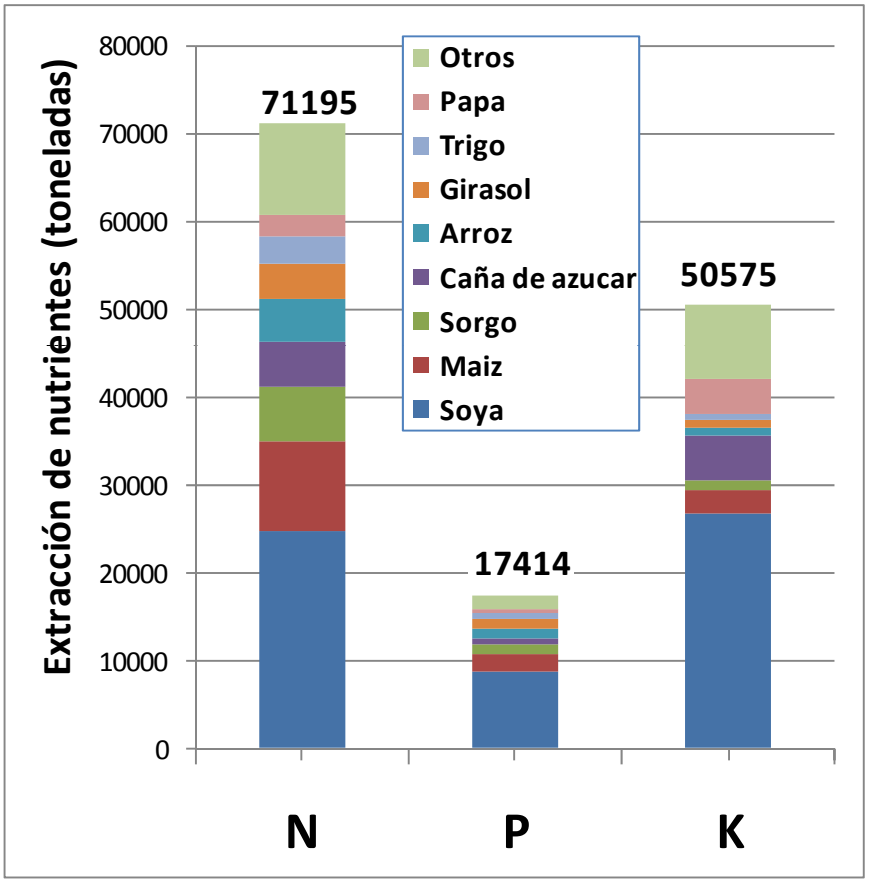


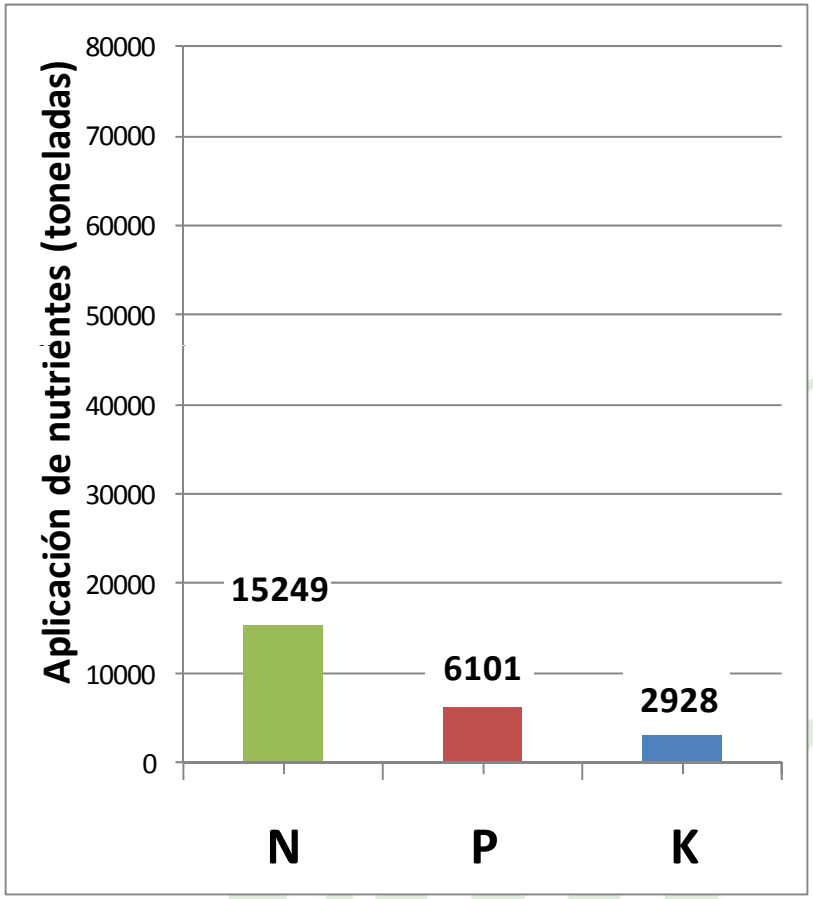
Balance de Nutrientes en Bolivia 2002-07



IPNI

Balance de Nutrientes en Bolivia 2007





La reposición de los nutrientes extraídos por los cultivos en 2007 fue del 21%, 35% y 6% para N, P, y K , respectivamente

IPNI

Red de Ensayos Exploratorios Fundacruz

Resultados económicos de la fertilización fosfatada

Campaña	Respuesta	Costo P	Ingreso	Margen Bruto
	kg/ha	U$/ha	U$/ha	U$/ha
Soya Invierno (8 ensayos)	366	58	103	45
Soya Verano (11 ensayos)	470	58	132	74
Maíz Invierno (4 ensayos)	1035	58	186	128

Precios considerados: 280 U$/t de soya; 180 U$/t de maíz
2889 U$/t de P (650 U$/t de MAP)

Índices agronómicos para la eficiencia de uso de nutrientes

Adaptado de Dobermann, 2007; Snyder y Bruulsema, 2007

Índices	Cálculos	Rango de referencia para cereales Ej. Para N y P
Eficiencia Agronómica	EA = (kg ∆rendimiento del cultivo / kg de nutriente aplicado)	• 10-30 kg/kg N (>25 en sistemas bien manejados, a bajo nivel de N utilizado o en suelo) • 30-50 kg/kg P (según disponibilidad en suelo)
Eficiencia aparente de Recuperación	ER = (kg de nutriente absorbido / kg de nutriente aplicado)	• 0.3-0.5 kg/kg N (0.5-0.8 en sistemas bien manejados, a bajo nivel de N utilizado o en suelo) • 0.15-0.30 kg/kg P
Eficiencia Fisiológica	EF = (kg ∆rendimiento / kg de nutriente absorbido)	• 30-90 kg/kg N (55-65 es un rango óptimo para una nutrición balanceada a altos niveles de rendimiento)
Productividad Parcial de Factor	PPF = (kg de rendimiento del cultivo / kg de nutriente aplicado)	• 40-80 kg/kg N (> 60 en sistemas bien manejados, a bajo nivel de N utilizado o en suelo) • 300-400 kg/kg P en maíz
Balance Parcial del Nutriente	BPN = (kg nutriente removido / kg nutriente aplicado)	• < 1 en sistemas deficientes en el nutriente (mejora de fertilidad) • > 1 en sistemas bien provistos de nutriente

Índices agronómicos para la eficiencia de uso de nutrientes - Ejemplos

BPN y PPF de N y P para los principales cuatro cultivos de grano de Argentina Estimaciones 2007/08

Cultivo	BPN		PPF	
	kg N removido / kg N aplicado	kg P removido / kg P aplicado	kg grano / kg N aplicado	kg grano / kg P aplicado
Maíz	1.14	0.78	87	296
Trigo	0.86	0.61	48	174
Soja	-	5.46	-	1011
Girasol	1.50	1.23	69	201

EA, BPN y PPF de P para soja en los ensayos exploratorios de Fundacruz Santa Cruz de la Sierra – Invierno 2005

Tratamiento	Rendimiento	EA	BPN	PPF
	kg/ha	kg soja / kg P aplicado	kg P aplicado / kg P removido	kg grano / kg P aplicado
P0	2754	-	-	-
P20	3263	25	0.88	163

Las Mejores Prácticas de Manejo de Fertilizantes (MPMF)

• Las MPM en el uso de fertilizantes (dosis, fuente, momento y ubicación) interactúan entre ellas, con las condiciones edafo-climáticas y las otras prácticas de manejo de suelo y de cultivo.

•La combinación adecuada de dosis-fuente-momento-ubicación es específica para cada condición de lote y/o sitio.

•Las MPM no solo afectan al cultivo inmediato, sino frecuentemente a los cultivos subsiguientes en la rotación.

•Las decisiones de implementación de las MPM de fertilizantes impactan la productividad y sustentabilidad del suelo, un recurso finito no renovable sobre el que se basa la producción agropecuaria nacional.

•Las interacciones entre los nutrientes son muy importantes debido a que la deficiencia de uno puede restringir la absorción y la utilización de otros: Importancia de la nutrición balanceada de los suelos y los cultivos.

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

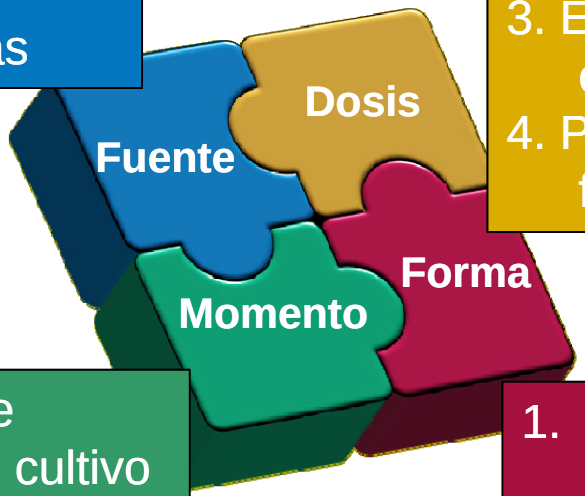
- *Los principios científicos son globales y aplicables al nivel práctico de manejo en el campo*
- *Su aplicación depende del sistema específico de cultivo que se encuentre bajo consideración*

La fuente correcta aplicada a la dosis correcta en el momento y formas correctos

Principios científicos del sistema 4Cs/4Rs: Ejemplos

1. Abastecer formas disponibles
2. Ajustar a las condiciones del suelo
3. Reconocer sinergismos
4. Compatibilidad de mezclas

1. Evaluar abastecimiento de nutrientes del suelo
2. Evaluar todas las fuentes de nutrientes del suelo y del aire
3. Evaluar la demanda de los cultivos
4. Predecir la eficiencia de uso del fertilizante



1. Evaluar los momentos de demanda nutricional del cultivo
2. Evaluar la dinámica de abastecimiento de nutrientes del suelo
3. Reconocer los efectos de factores climáticos
4. Evaluar la logística de operaciones

1. Reconocer la dinámica suelo-raíz
2. Manejar la variabilidad espacial
3. Ajustar las necesidades del sistema de labranzas
4. Limitar el transporte potencial fuera del campo

Necesidades nutricionales de maíz

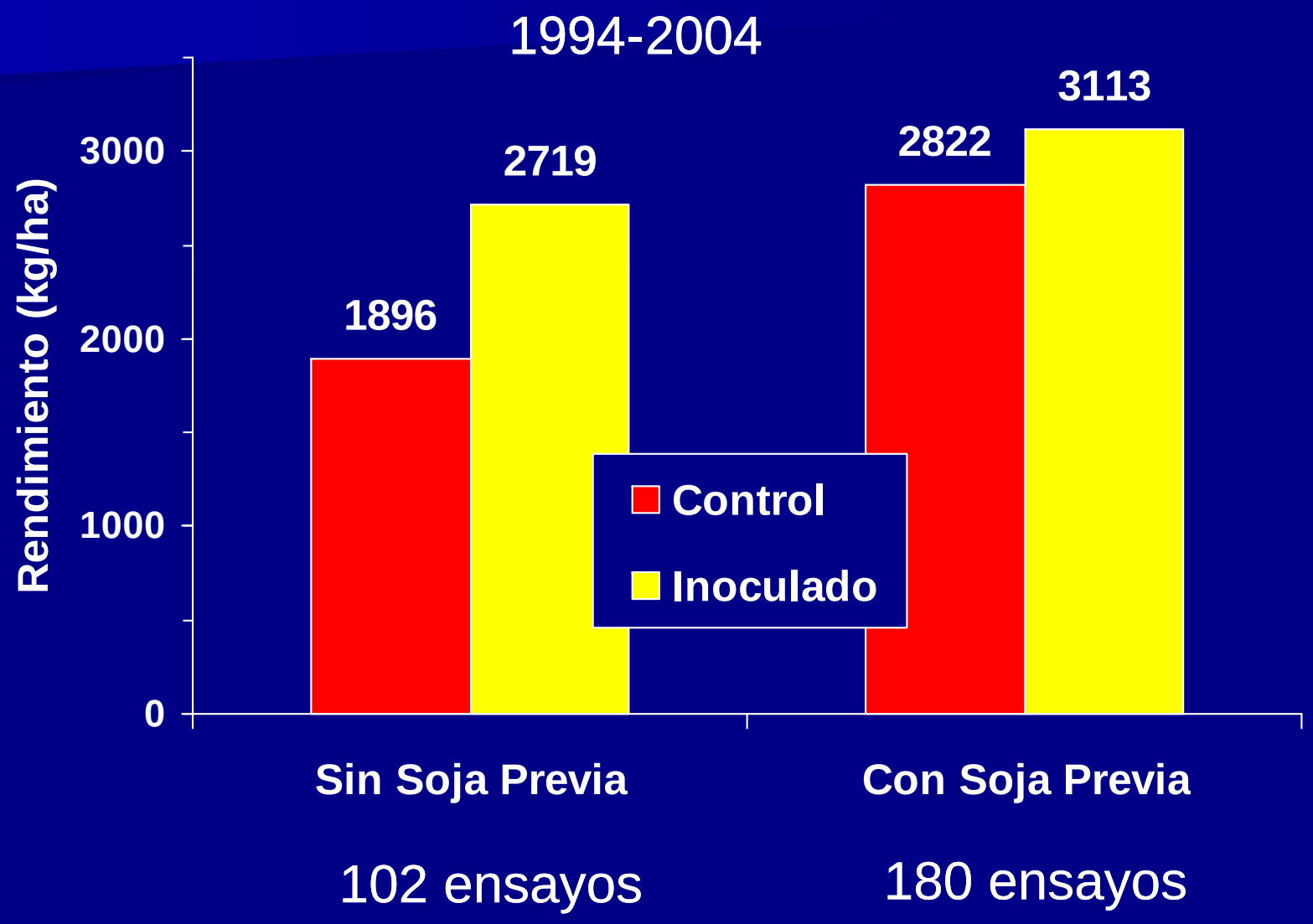
Rendimiento de 10000 kg/ha a 14% de humedad de grano

Nutriente	Requerimiento	Indice de Cosecha	Rendimiento de 10000 kg/ha	
			Necesidad	Extracción
	kg/ton	*%*	*kg*	*kg*
N	22	0.68	193	132
P	4	0.76	35	27
K	19	0.21	167	35
Ca	3	0.07	26	2
Mg	3	0.53	26	14
S	4	0.35	35	12

Fuente: Ciampitti y García (2007) – Disponible en www.ipni.net/lasc

Inoculación de soja

A. Perticari – INTA Castelar-Inocular



102 ensayos

180 ensayos

Inhibidores de la ureasa

Maíz de primera en Rafaela (Santa Fe)

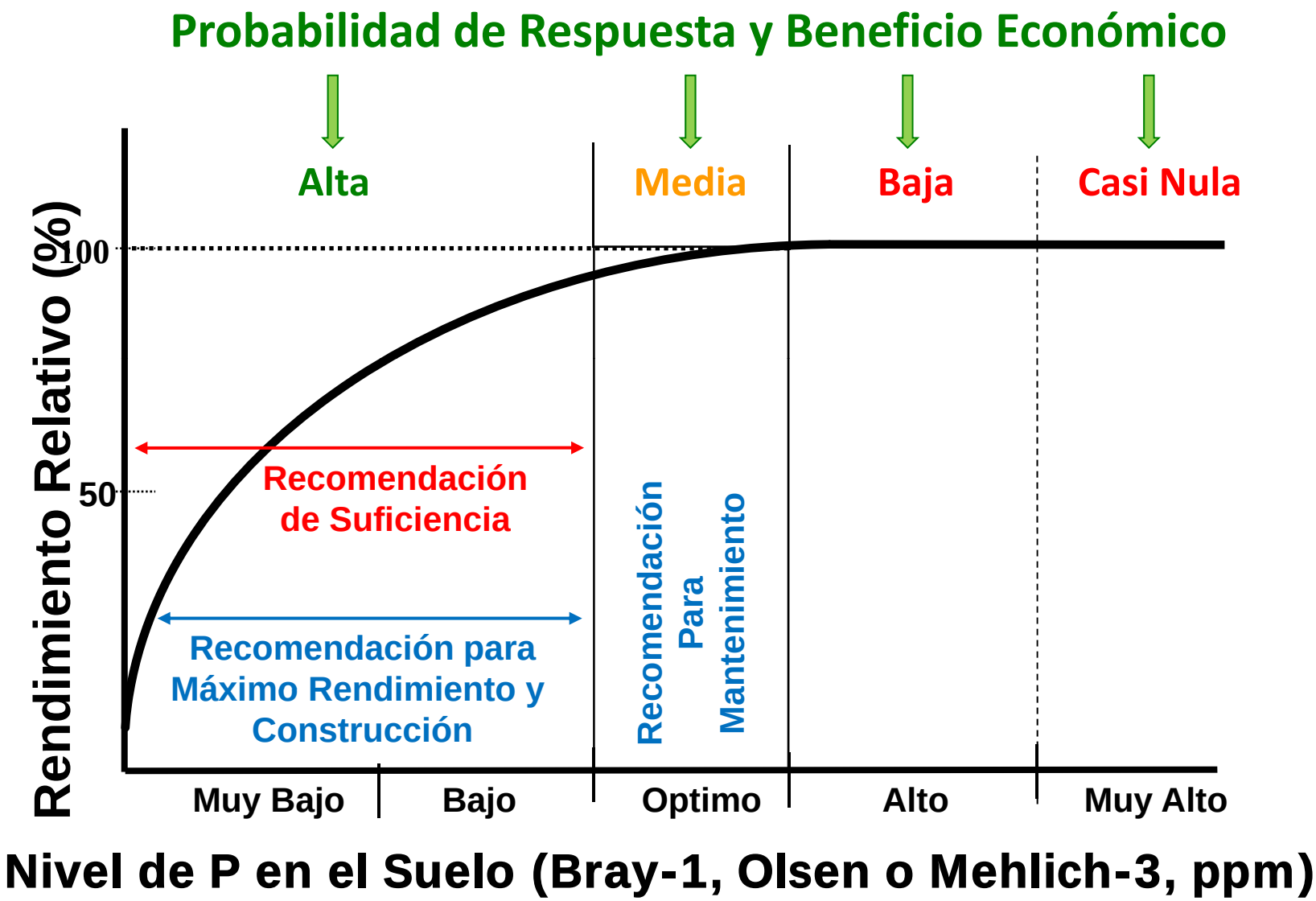
Fontanetto, Bianchini y col., 2007/08

Tratamiento	Perdidas N-NH_3	Rendimiento	Eficiencia agronómica
	%	kg/ha	kg maíz/kg N
Testigo	-	7334	-
Urea 70N	10	8381	15
Urea 140N	25	9623	16
Urea 70N + NBPT	4	9166	26
Urea 140N + NBPT	6	10368	22

¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

- Conocer el nivel de P extractable (Olsen, Mehlich, Bray, resinas) según análisis de suelo
- Decidir
  - Fertilización para el cultivo (Suficiencia), o
  - Fertilización de “construcción y mantenimiento”: Implica mantener y/o mejorar el nivel de P Bray del suelo (Reposición)

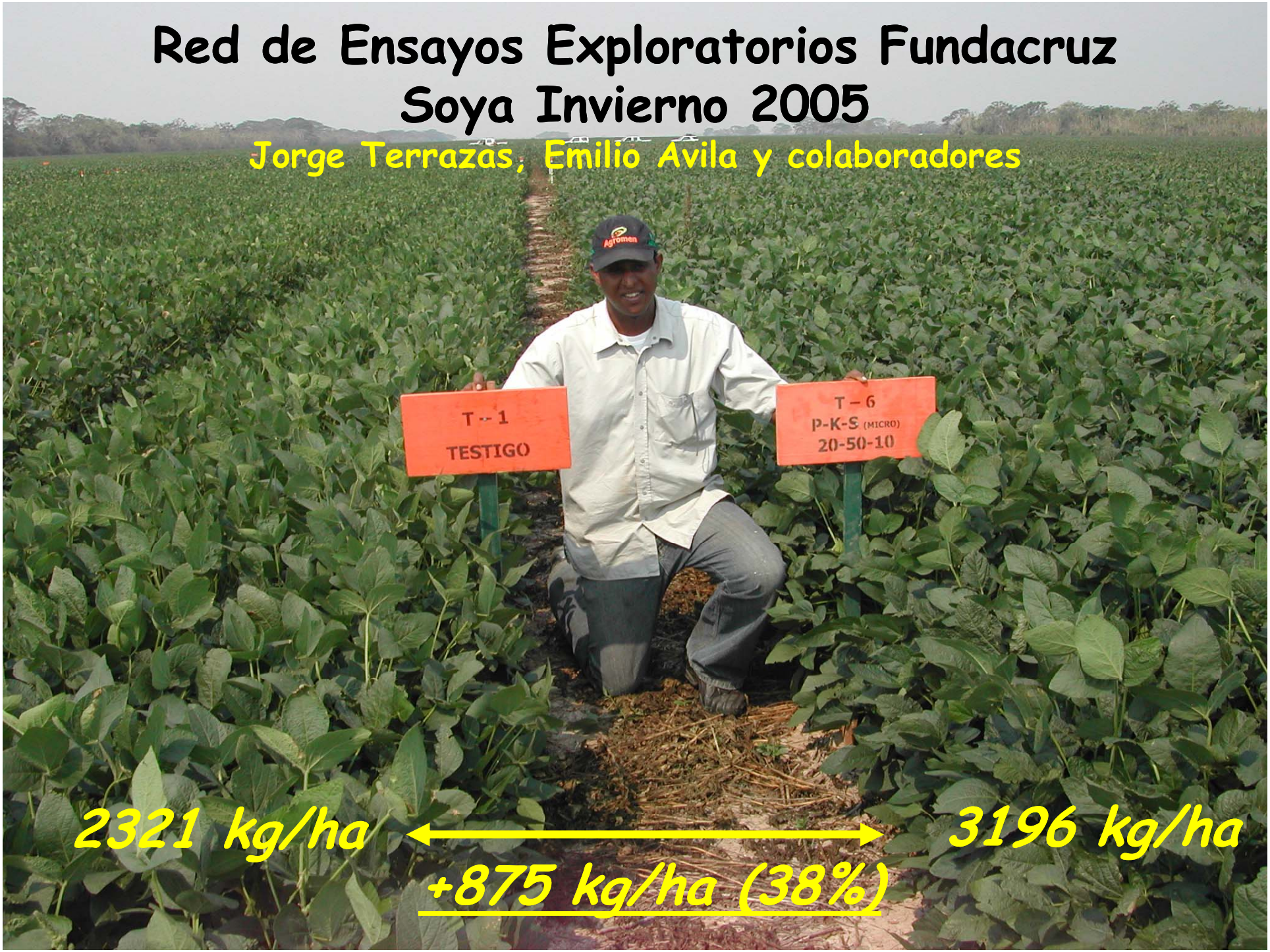
IPNI



Adaptado de Mallarino, 2007

Red de Ensayos Exploratorios Fundacruz
Soya Invierno 2005

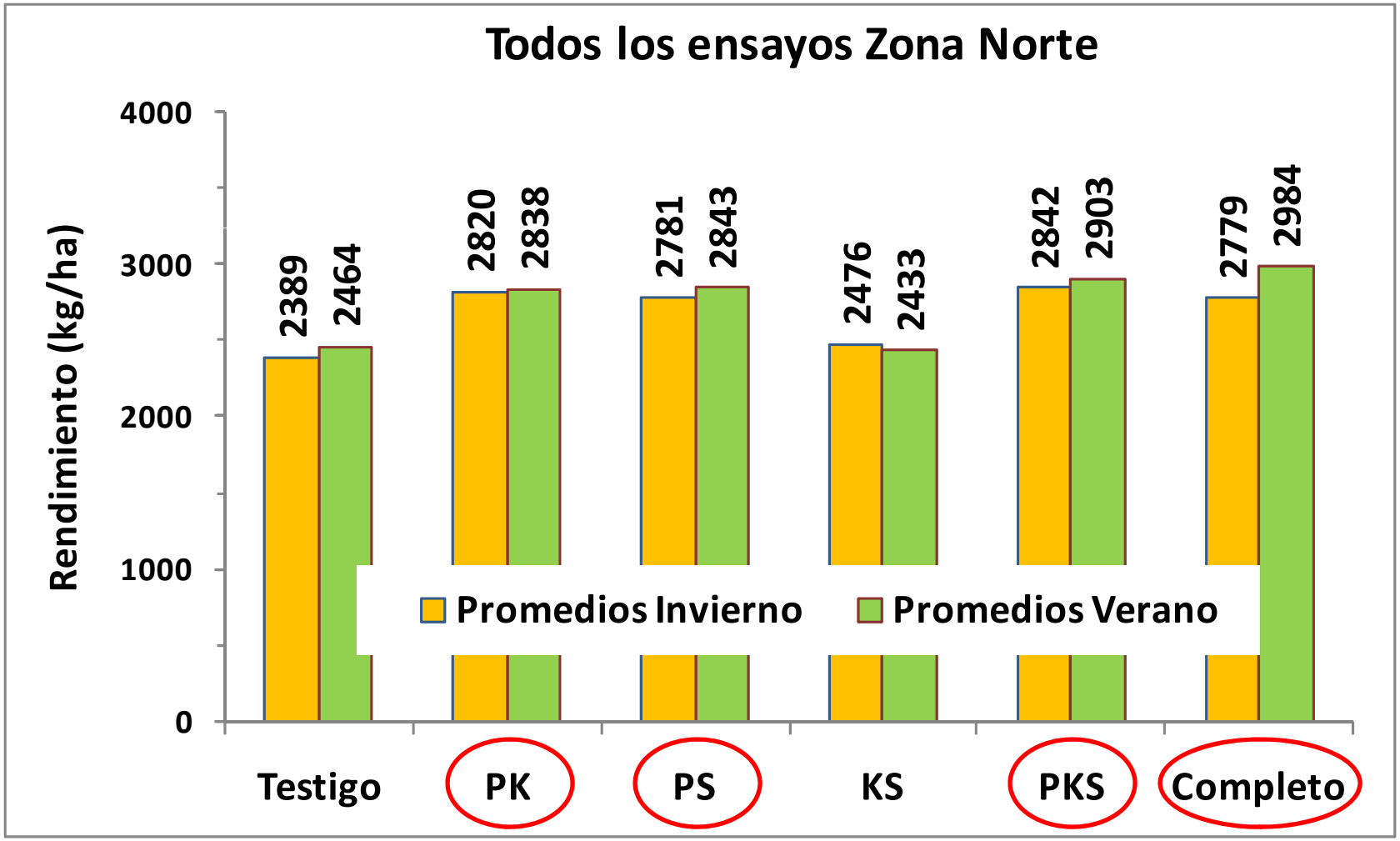
Jorge Terrazas, Emilio Avila y colaboradores



2321 kg/ha ⟷ *3196 kg/ha*

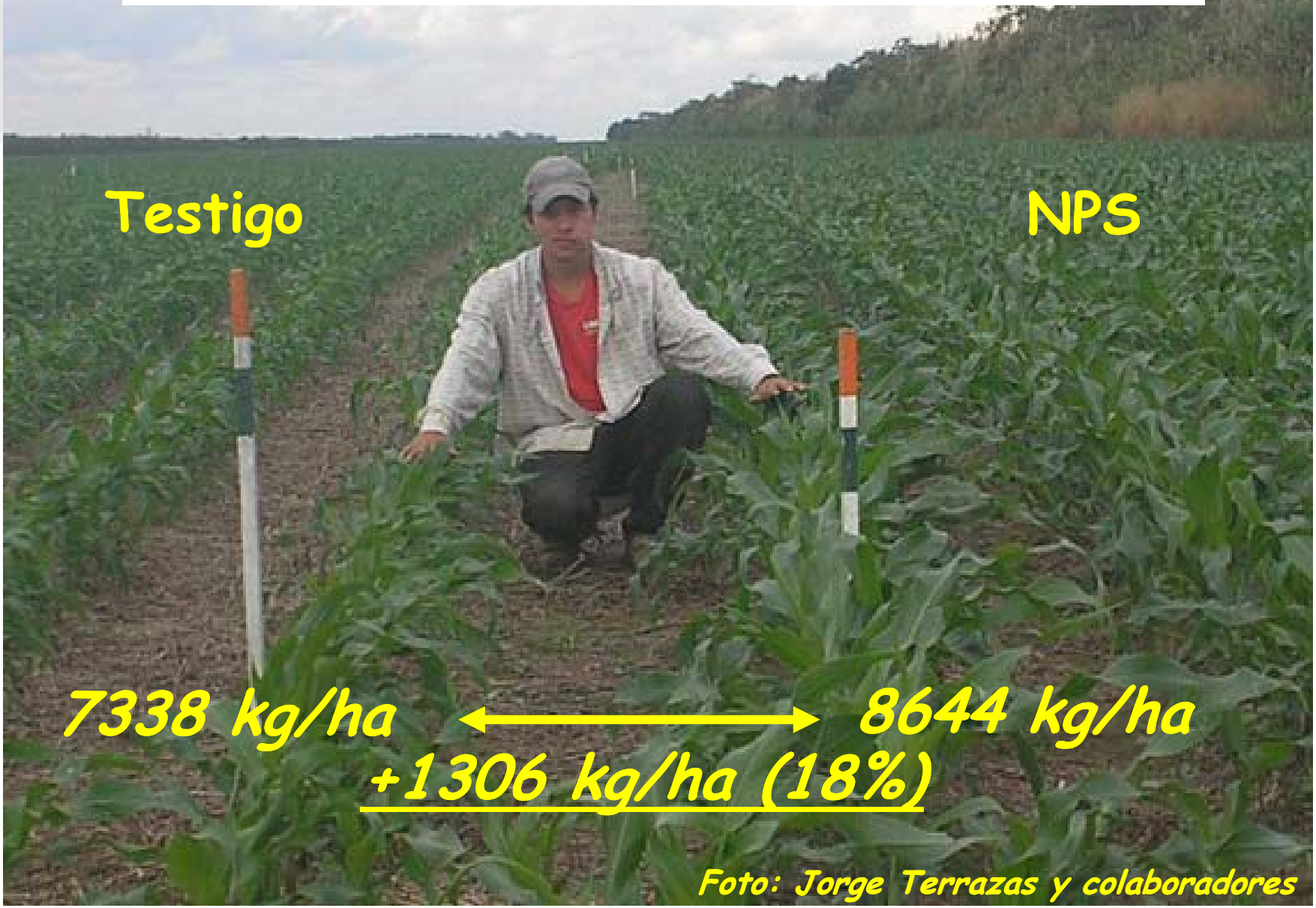
+875 kg/ha (38%)

Soya: Rendimientos promedio para todas las campañas en Invierno y Verano



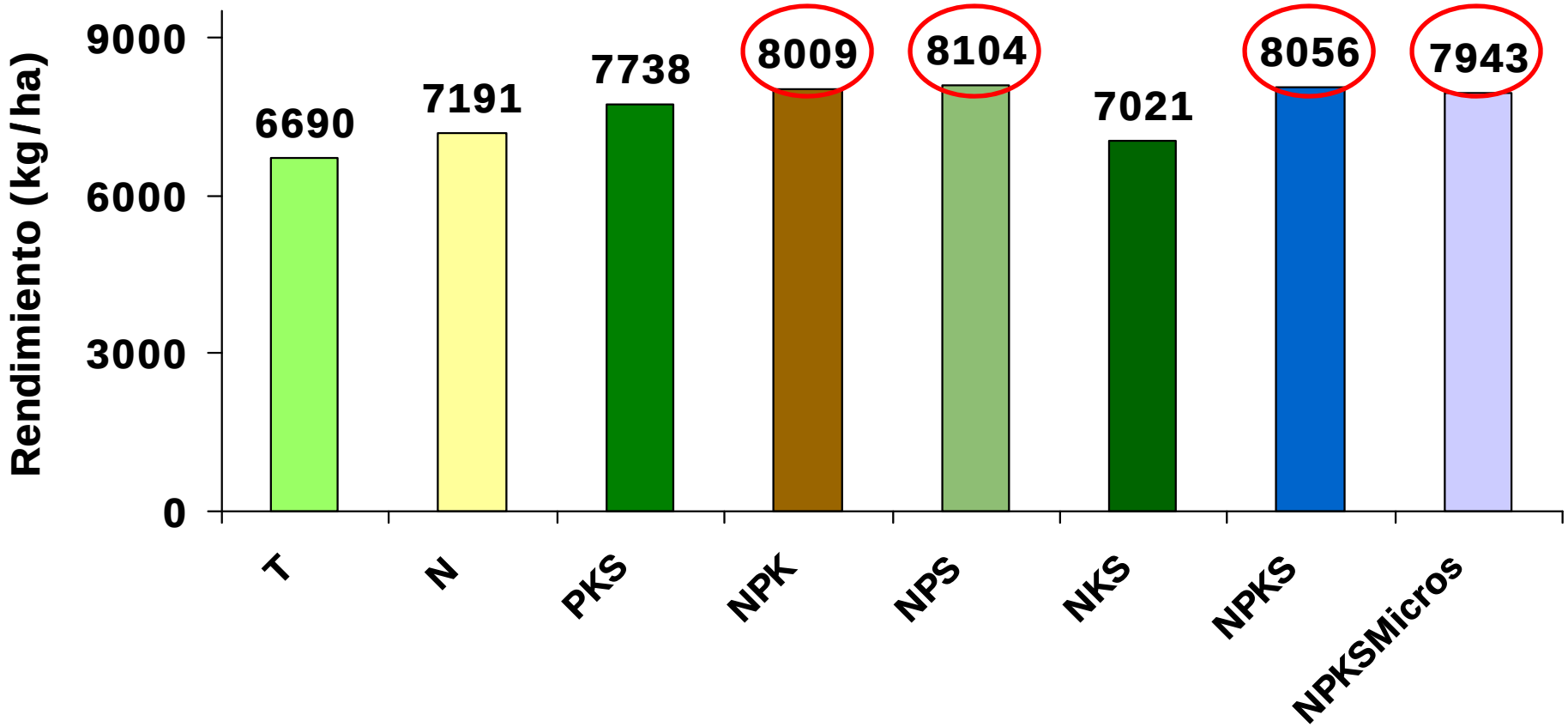
Red de Ensayos Exploratorios Fundacruz

Maíz Invierno 2006 – Nuevo Horizonte



Maíz Invierno 2006

Promedios de 4 sitios en Zona Norte

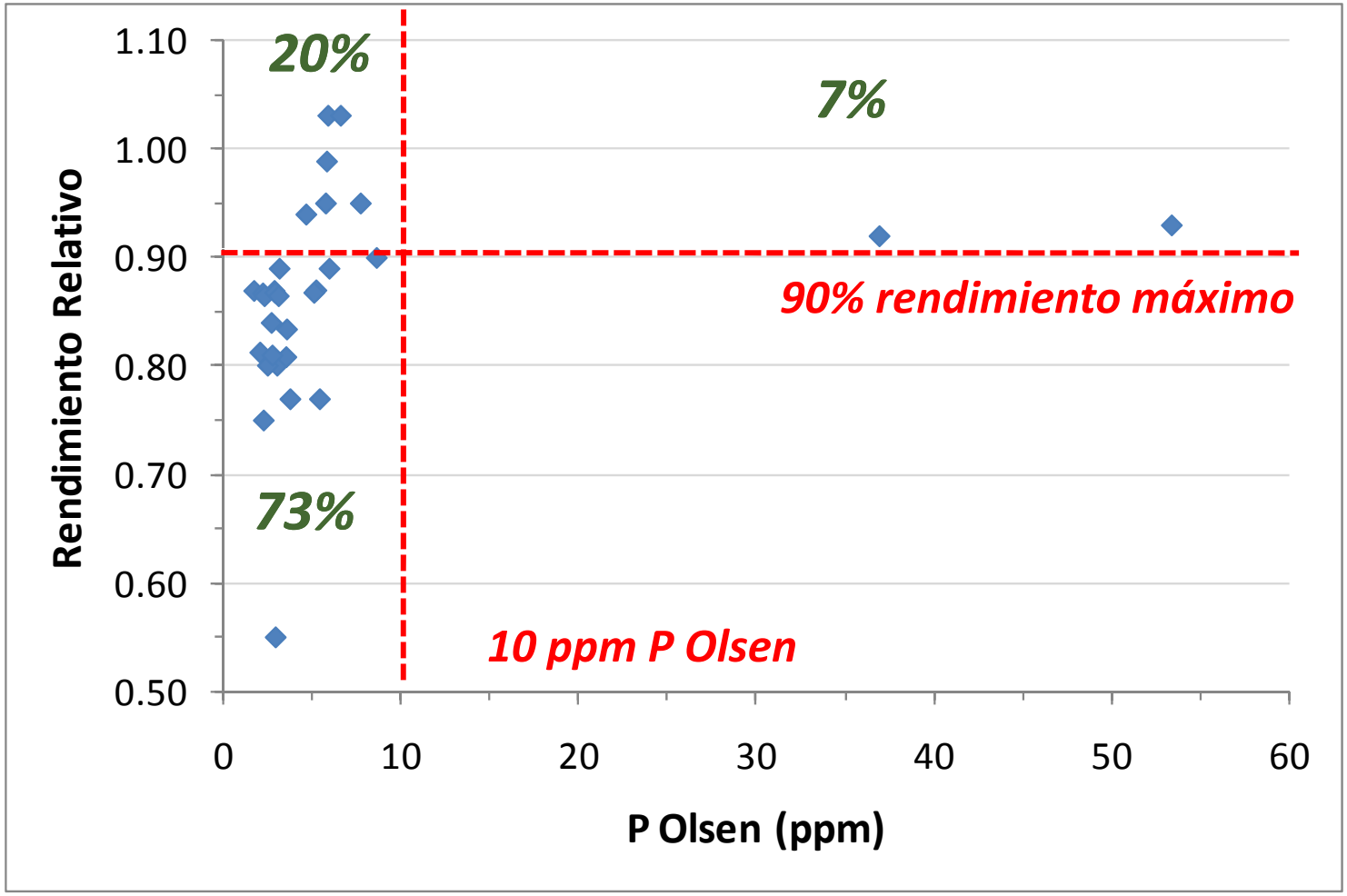


Efectos significativos de N en 3 sitios y de P en los 4 sitios

<u>Análisis de suelo (Invierno 2005)</u>

pH 6.5-8.0 – P Olsen 1.8-7.8 mg/kg – MO 1.4-2.0% - K 0.15-0.36 cmol/kg

Rendimiento relativo de soya, maíz y trigo en función del P Olsen del suelo



Respuestas significativas en el 80% de los sitios con P Olsen < 10 ppm

¿Algunos números del impacto potencial de la Red de Ensayos Exploratorios de Fundacruz?

- Si de las 600.000 ha sembradas en el Norte, 60% deberían ser fertilizadas con P (P Olsen < 10 ppm) → 360.000 ha
- Con dosis de 80 kg/ha de MAP → 28.800 ton MAP, costo de 18.8 millones U$
- Con respuesta promedio de 300 kg/ha → 108.000 ton soja, ingreso de 30.2 millones U$
- Ganancia → 11.4 millones U$ (tasa de retorno de 1.61)

Algunas consideraciones sobre aplicación de P

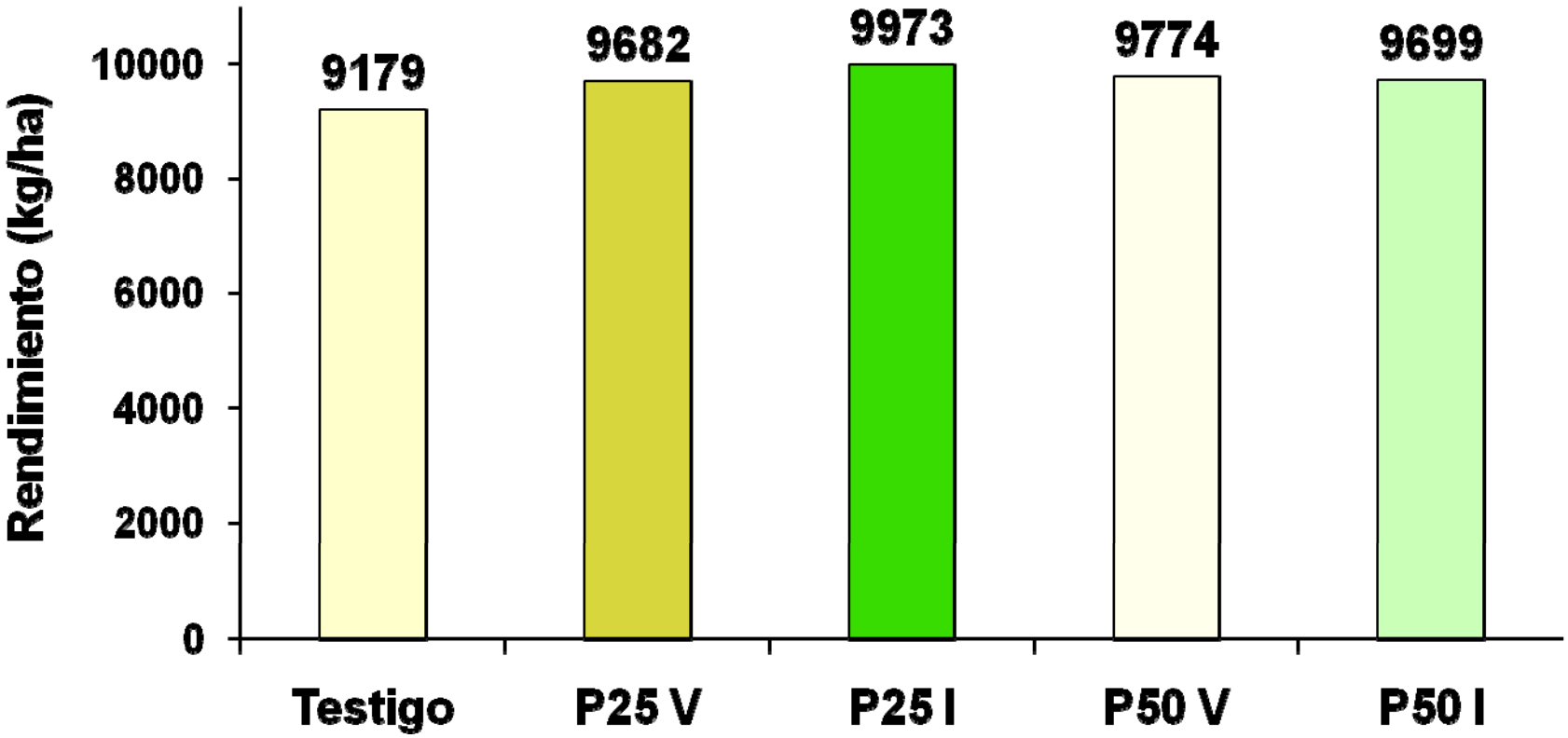
- Forma y Momento
  - P en bandas a la siembra
  - Voleo bajo siembra directa en aplicaciones anticipadas al menos 60 días a la siembra del cultivo, con dosis medias a altas
- Fuente

Las fuentes fosfatadas solubles presentan similares eficiencias de uso (FDA, FMA, SFT o SFS)

Métodos de aplicación de P en maíz bajo siembra directa

Red AAPRESID-Cargill – Bianchini et al. (2004)

Promedios de seis sitios en Región Pampeana Argentina
P Bray al inicio de 8.3 a 22.4 mg/kg

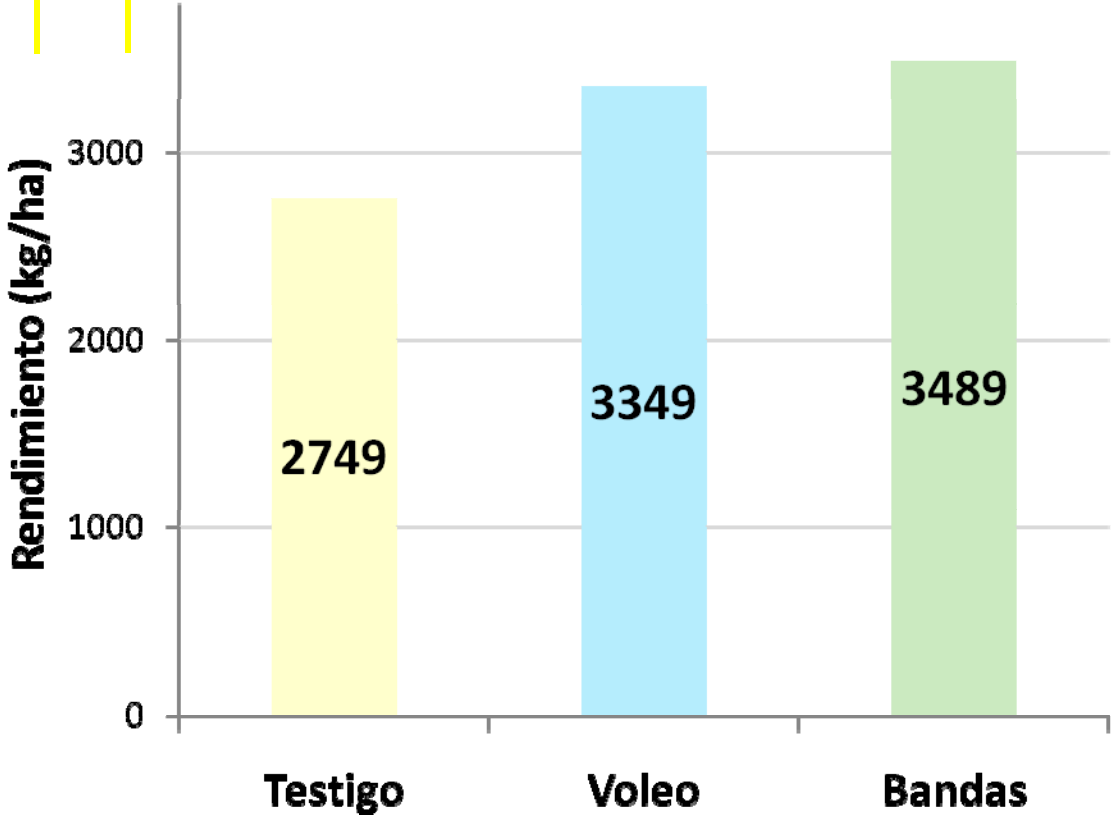


I = Incorporado en líneas V = al voleo anticipado

Localización de fósforo en trigo

Promedio de nueve experimentos - Años 2008 y 2009

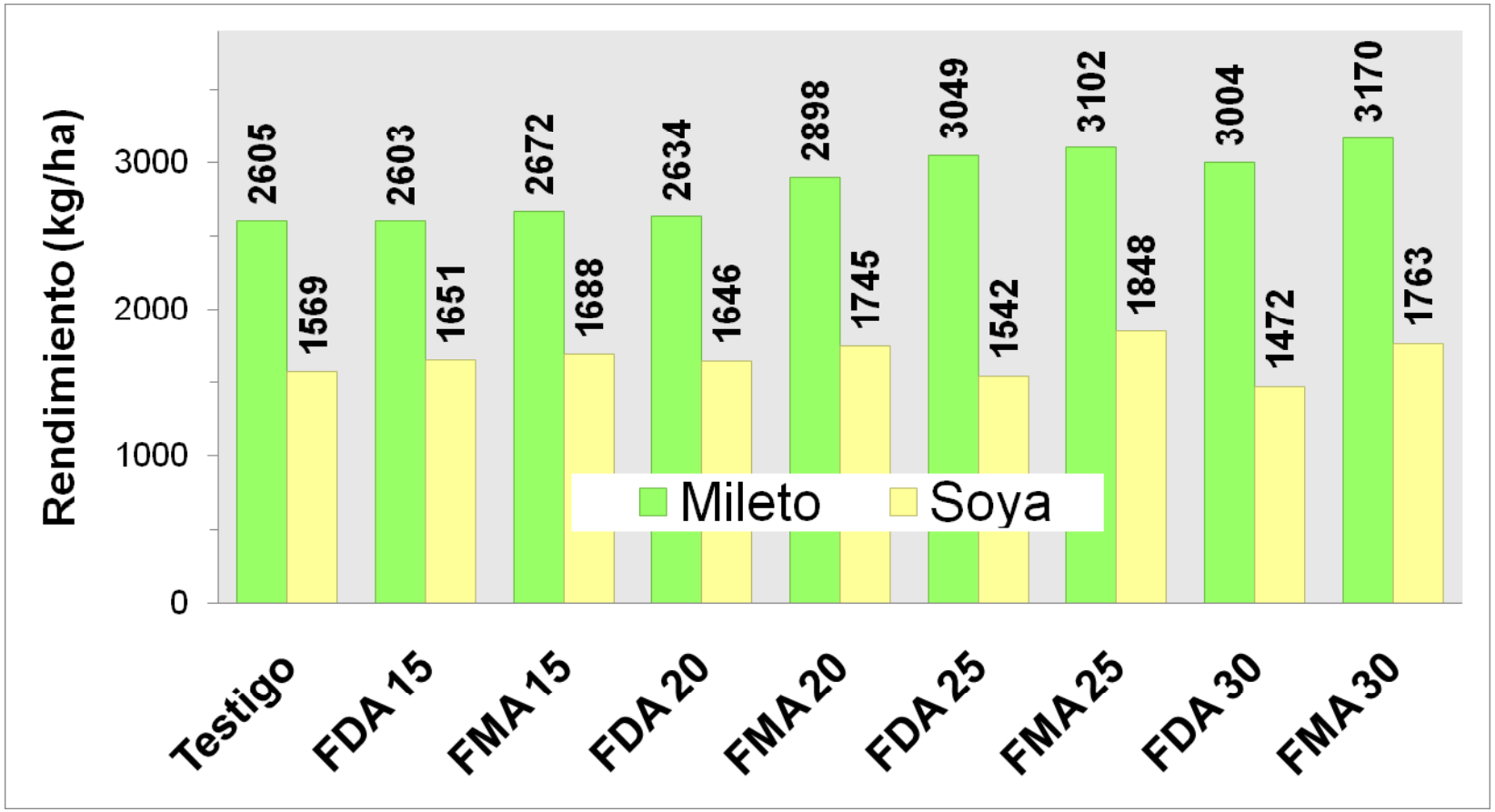
Ferraris et al. (2010) – Proyecto Agrícola Regional – EEA INTA Pergamino



En 13 comparaciones, la aplicación en bandas supero significativamente a la aplicación al voleo solamente en 2

- ***P Bray menor de 15 ppm en 8 de los 9 sitios***
- ***Dosis de P de 10 a 30 kg/ha de P (fuente superfosfato triple)***
- ***Aplicaciones al voleo y en bandas a la siembra***

P en Mileto/Soya
Invierno 2007 – Zona Norte

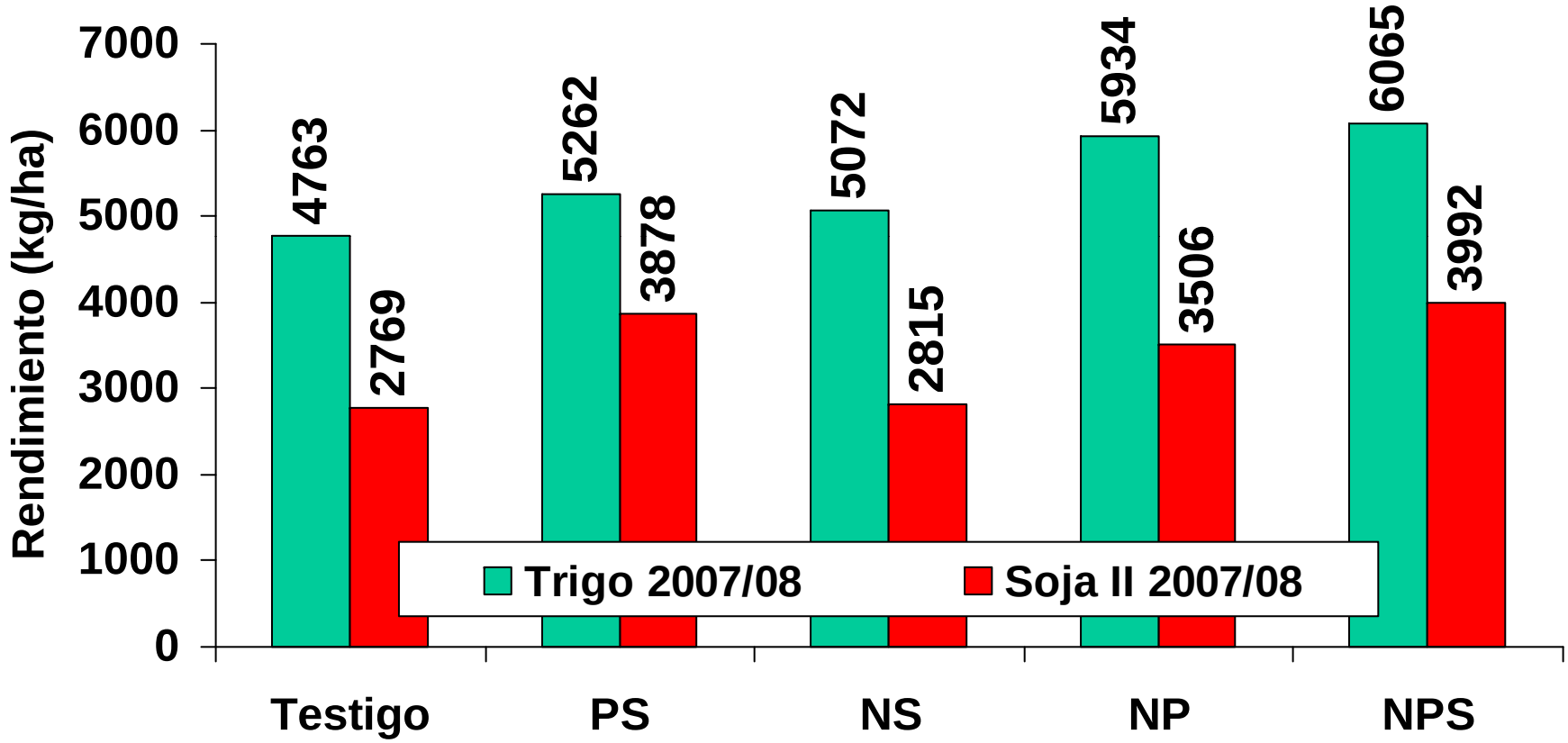


- *Mileto sembrado 25/3/07 y desecado a floración*
- *Fertilizantes aplicados al voleo 15 días después de la siembra*
- *Soya sembrada 3/7/07*
- *Precipitaciones (mm): Mayo 145; Junio 0; Julio 35; Agosto 23; Sept 0; Oct 90; Nov 173*

Residualidad de la fertilización

Ensayo El Pilarcito – La Chispa (Santa Fe)

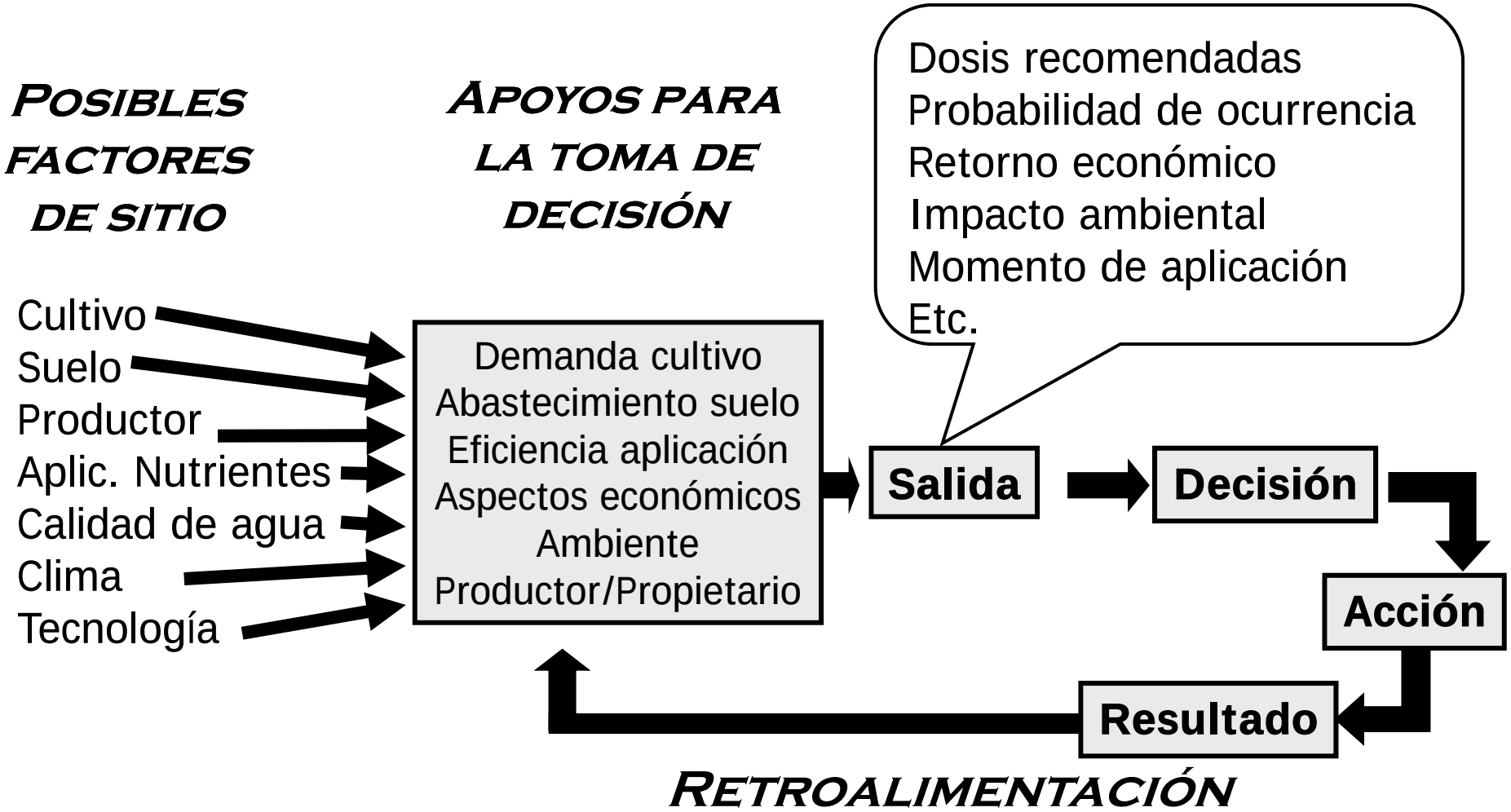
Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe 2007/08



Todos fertilizados con 98 kg N + 13 kg P + 5 kg S

Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP

Toma de decisiones en el manejo de nutrientes



Fixen, 2005

Consideraciones finales

- Intensificación Productiva Sustentable: Optimizar las eficiencias de uso de recursos e insumos
- La fertilización debe insertarse completamente dentro del manejo de rotaciones, siembra directa, cultivos de cobertura y otras prácticas que permitan preservar la MO y hacer un uso eficiente del agua disponible
- Aplicar las MPM de fertilizantes: dosis correcta, fuente correcta, momento correcto y ubicación correcta
- La fertilización de cultivos debe manejarse en función de los principios científicos basados en la información experimental
- Hay información disponible en Santa Cruz, pero debemos avanzar en muchos aspectos: N en gramíneas, dosis y formas de manejo de P, azufre, ¿potasio en el Norte?, micronutrientes
- El proceso productivo no se reduce a un único ciclo agrícola, ni a una sola practica de manejo de insumos o recursos: *Pensar en el sistema de producción*

!!Muchas gracias!!
IPNI
International
Plant Nutrition
Institute
www.ipni.net/lasc
fgarcia@ipni.net