

Manejo Sostenible de Suelos en Sistemas de Producción de Arroz

José A. Terra

Jueves 17/mayo/2018

jterra@inia.org.uy



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
U R U G U A Y



**XIII Conferencia Internacional
de Arroz para América Latina
y el Caribe**

**“Alianzas para la sostenibilidad
de la producción arrocerá”**

Mayo 15 al 18, 2018 – Piura, Perú

Índice

- Introducción.
- Ambiente de producción en Uruguay.
- Diseño del Sistema: Rotaciones.
- Intensidad de Laboreo.
- Manejo de nutrientes y fertilización.
- Manejo Integrado para Altos Rendimientos.



Particularidades del Sistema de Producción



Cultivo Extensivo, 164,000 ha,
≈500 productores. Alto rinde.



Alta Mecanización.
Siembra en seco



100 % Irrigado por inundación.
Fuentes Superficiales



Rotación con Pasturas y
eventualmente otros cultivos



Uso de Suelo alternado con la
ganadería



Sistema Sostenible y Eficiente

Nutrientes
Pesticidas
Emisiones

- Conocimientos y Tecnologías para incrementar la **productividad**, la **calidad** y la **inocuidad** del arroz, así como la **eficiencia** del sistema de producción, al tiempo de promover y valorizar la **conservación de los recursos naturales** y la **mitigación de los impactos ambientales** demandados por la sociedad y los consumidores.

Global Food Security 9 (2016) 10–18



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Global Food Security

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gfs



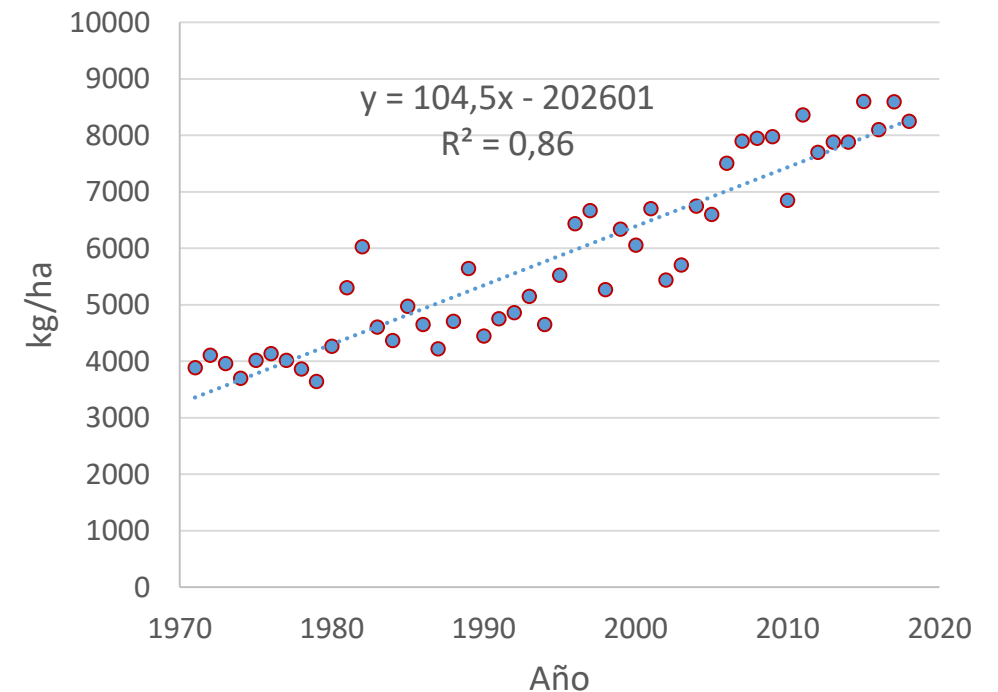
Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013

Cameron M. Pittelkow^{a,*}, Gonzalo Zorrilla^b, José Terra^b, Sara Riccetto^b, Ignacio Macedo^b,
Camila Bonilla^{b,1}, Alvaro Roel^b



^a Department of Crop Sciences, University of Illinois, Urbana, IL 61801, USA

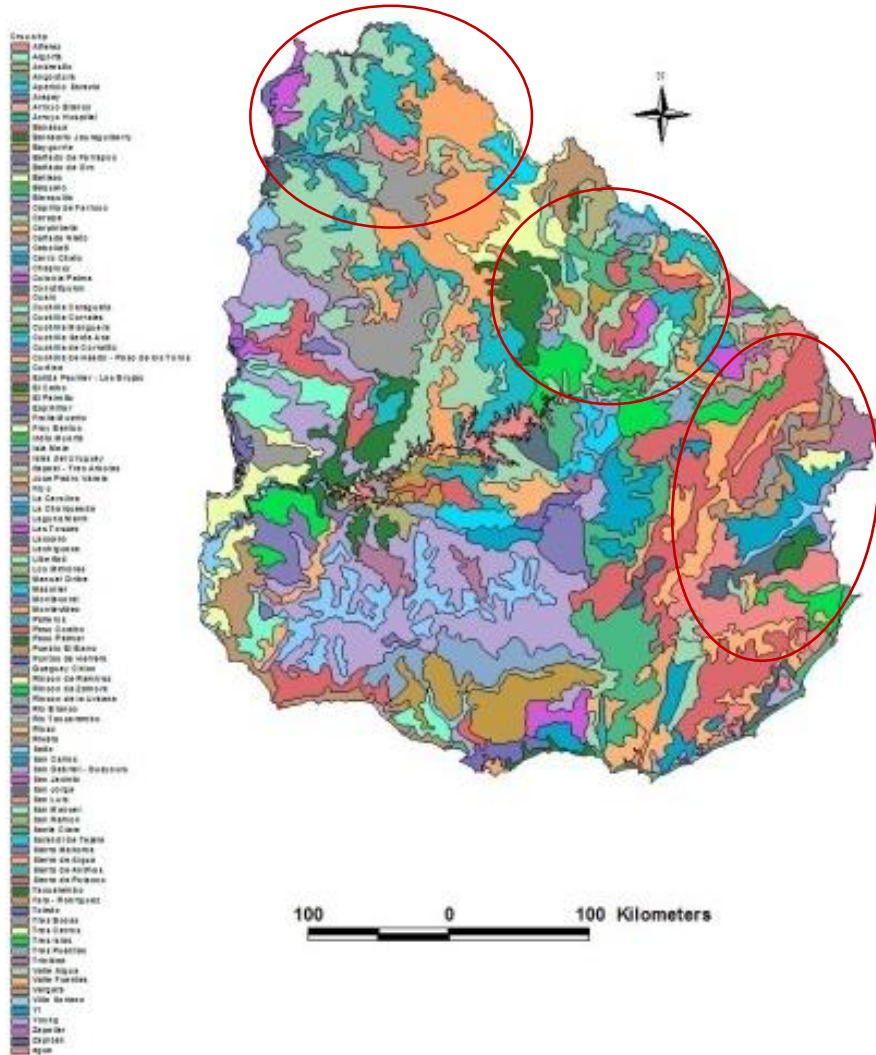
^b National Institute of Agricultural Research (INIA), Ruta 8km 281, Treinta y Tres 33000, Uruguay



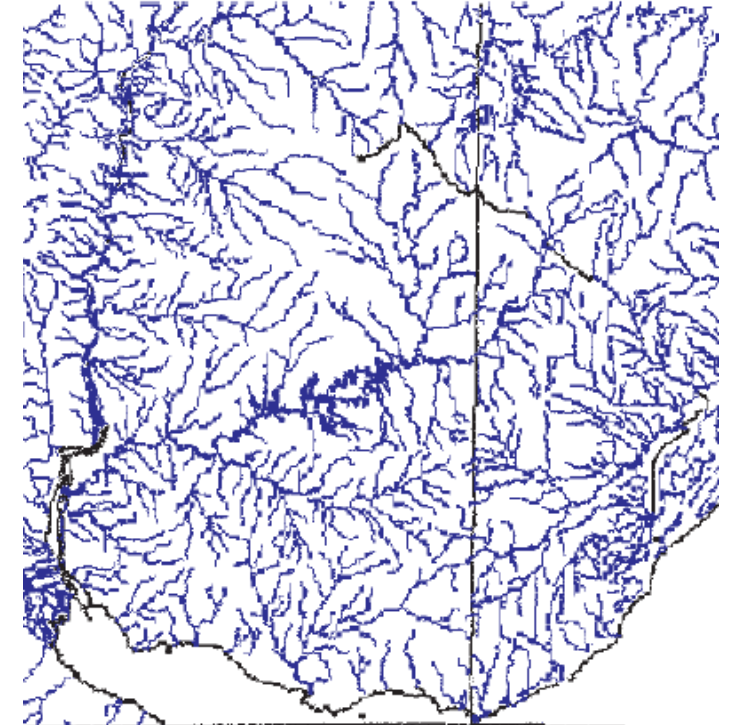
- AREA: 176 215 km².
- Location: Lat. 30-35°S. Long. 53-58°W.
- Cima; Templado
 - Precipitaciones: 1200mm (±200mm)
(similarmente distribuidas, alta variabilidad)
 - Temp. Media: 24 °C Verano (± 2°C);
12.5 °C Invierno (±1.5°C)
- Ecosistema: Pradera y Monte Rivereño
- Topografía: llanuras y lomadas suaves
- Suelos (95% aptos para uso agropecuarios):
Mollisols; Vertisols; Alfisols, Ultisols,
Inceptisols, Histosols, Entisols



Alta Variabilidad de Tipos de Suelo



Aprox. 1.5 millones de ha de suelos con capacidad para rotar con arroz.

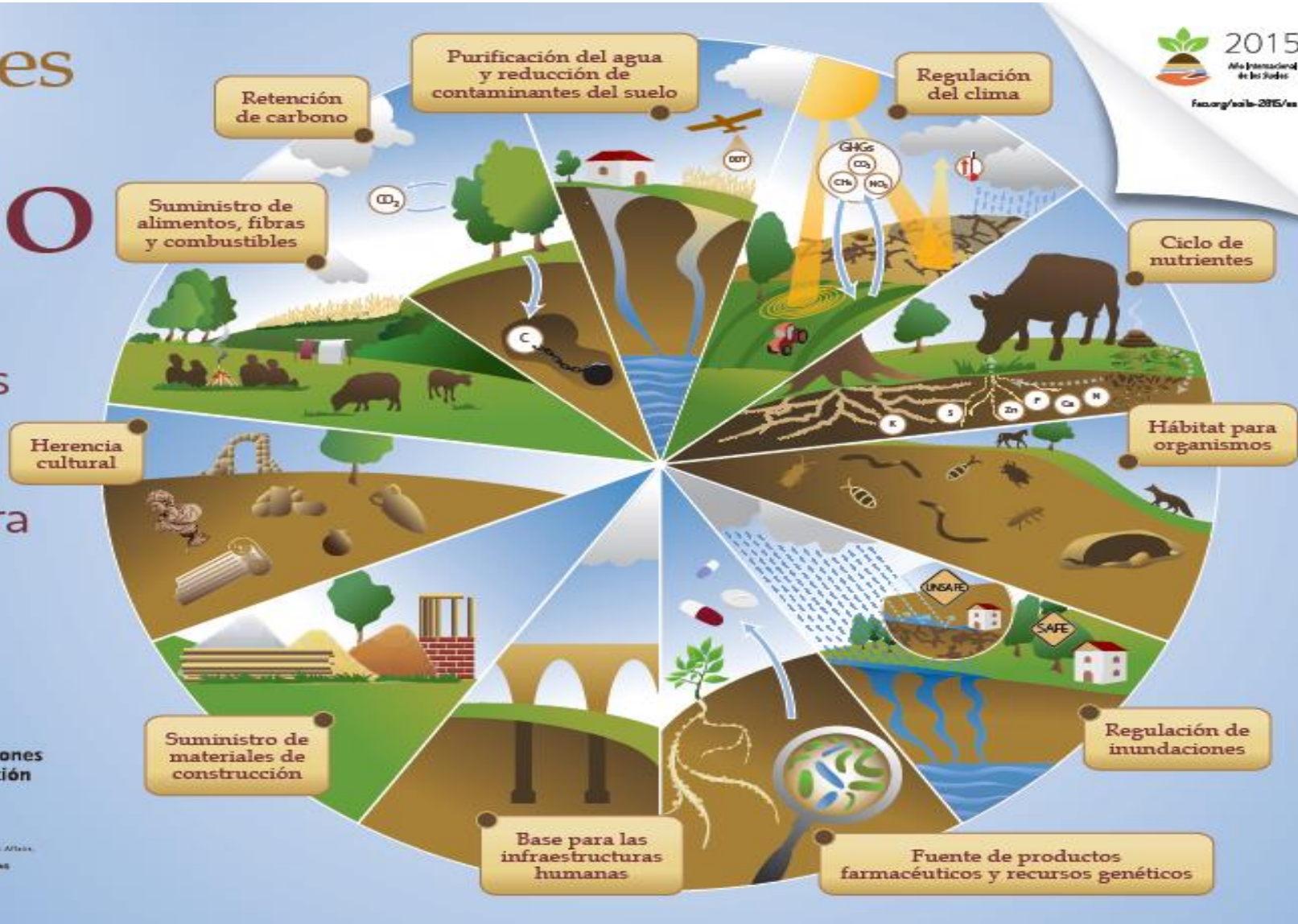


Densa Red Hidrográfica donde retenemos en represas solo el 5% del agua que escurre para riego. Capacidad instalada de riego de arroz: aprox. **210.000 ha**



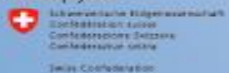
Funciones del Suelo

Los suelos aportan servicios ecosistémicos que permiten la vida en la Tierra



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Con el apoyo de



Federal Department of Economic Affairs, Education and Research (SAF), Federal Office for Agriculture (FOAG)

Manejo del Suelo en Sistemas Arroceros

• Sistematización, Nivelación, Drenaje



• Rotación



• Sistema de Laboreo



Manejo Rastrojos



Barbecho Químico

• Fertilización

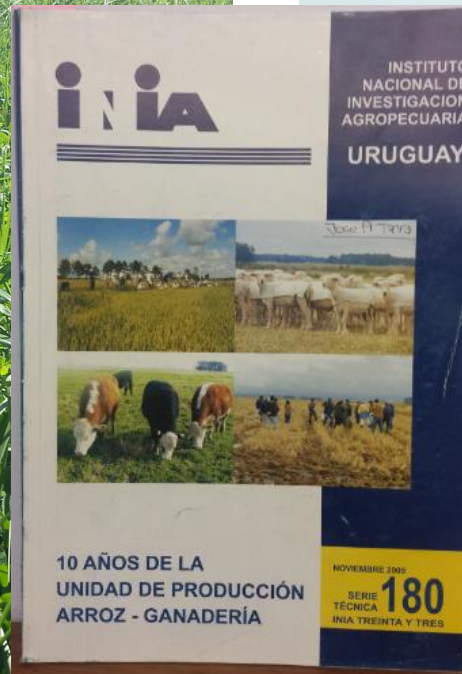


El diseño de la **Rotación** como base de la sostenibilidad del sistema productivo.

Pasturas sembradas sobre rastrojos de arroz. FBN > 100 kg N/ha/año

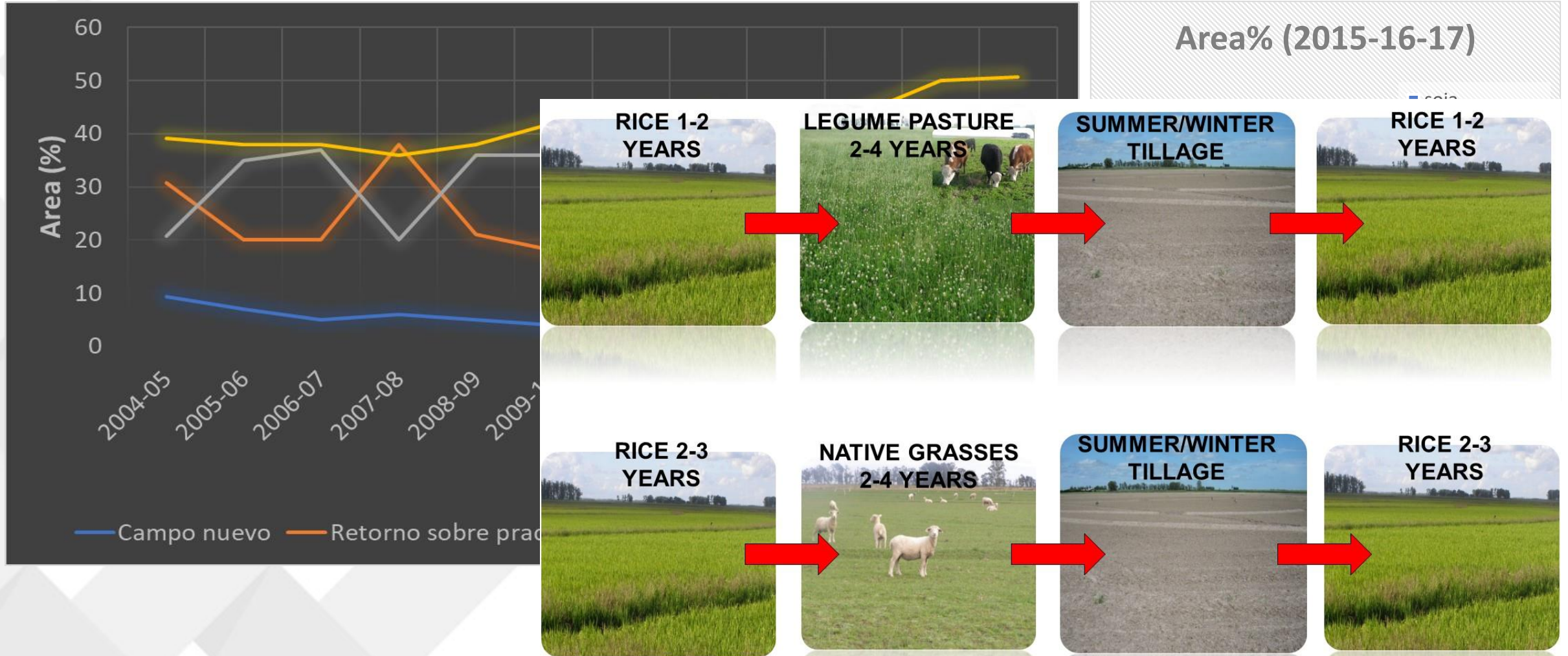


Sistemas de engorde bovino con potencial de aprox. 350 kg/ha/año de carne.



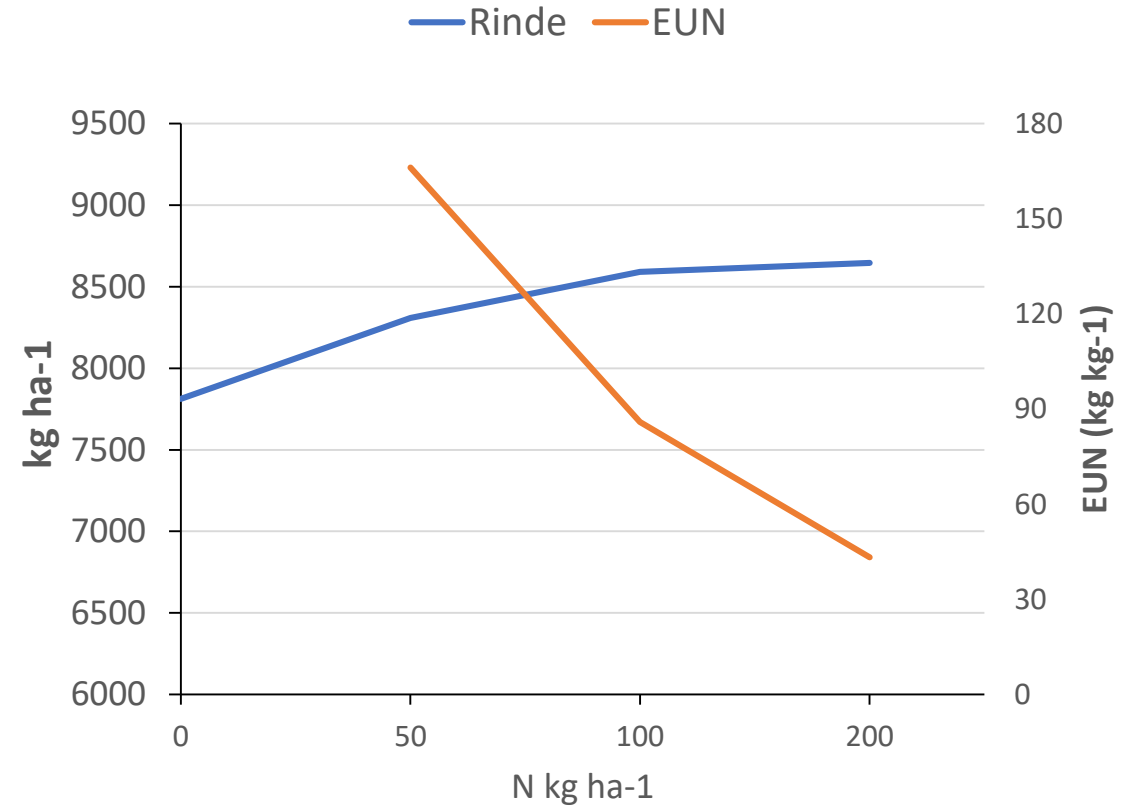
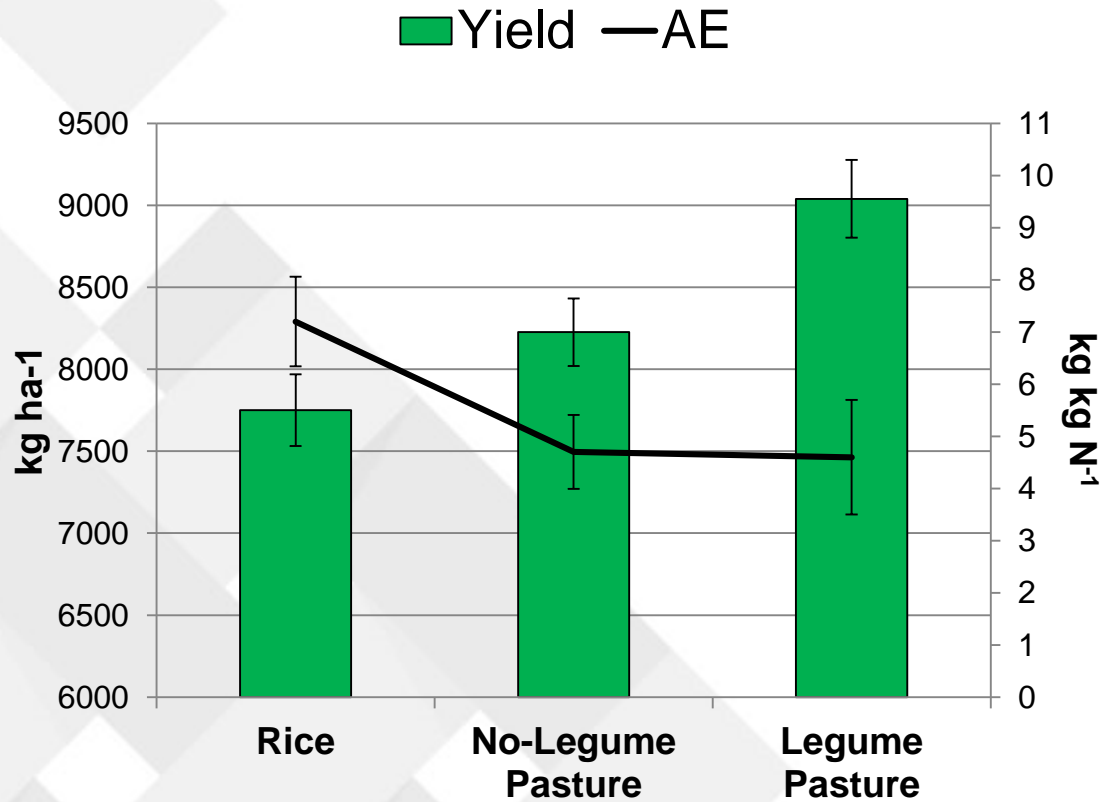
Esta rotación permite sostener alta productividad, mantener la calidad del suelo, diversificar ingresos y minimizar el uso de fertilizantes y pesticidas en el cultivo de arroz.

Evolución del uso del suelo a nivel comercial (2004-2017)



Rendimiento por Antecesor

chacras comerciales, n=51, 3 zafras: 2012-13-14 (Castillo et al., 2016)

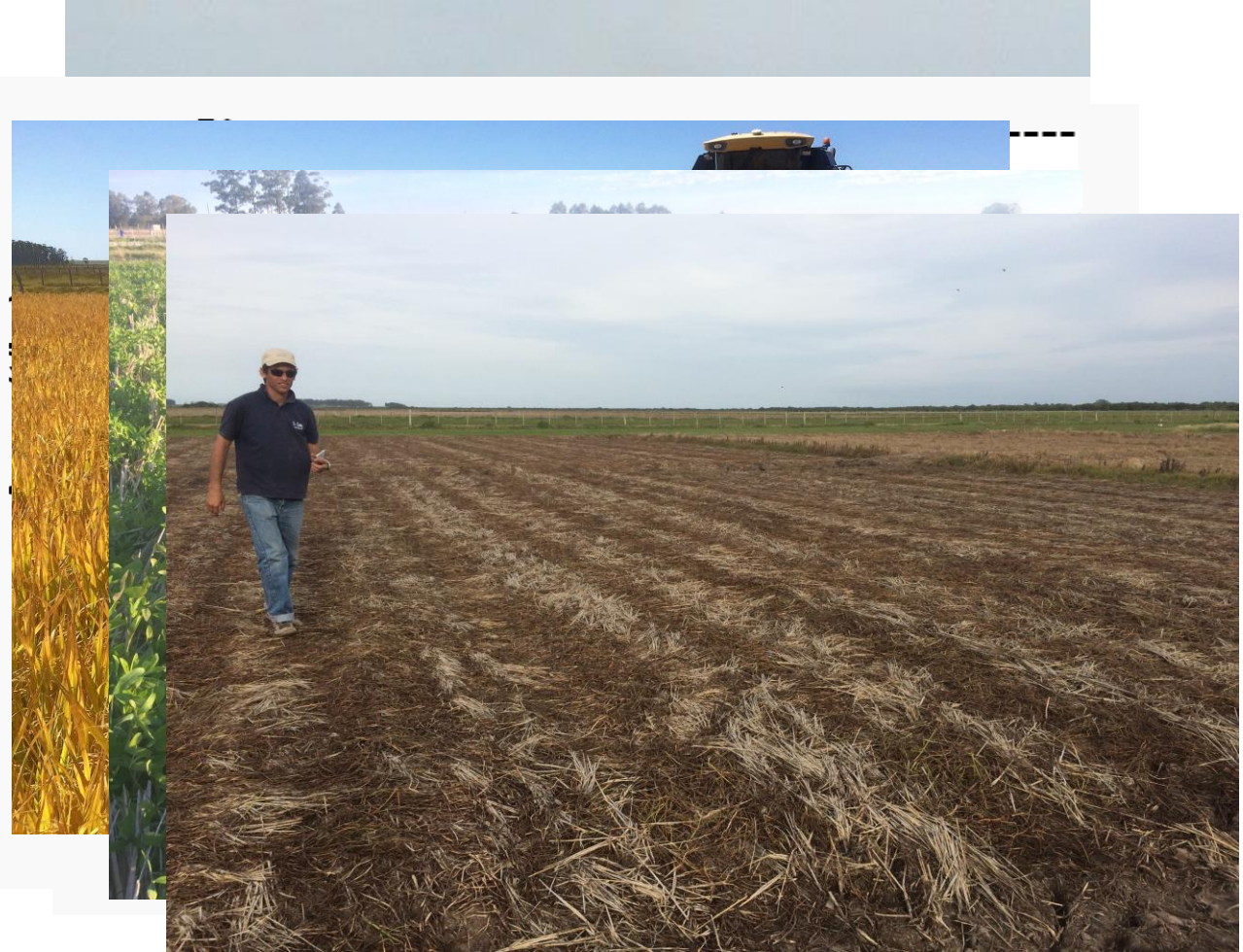


Alternativas para las siembras sobre Rastrojos.

(Deambrosi et al., 2006).

- ❖ Incorporación temprana del rastrojo.
- ❖ Ajuste del N (época, cultivo).
- ❖ Interacción P y K con el rastrojo.
- ❖ Antecedentes culturales (sanitarios y de fertilización).
- ❖ Protección del suelo con herbicidas.
- ❖ Época de siembra y previsiones clima.
- ❖ Coberturas invernales secas.
- ❖ Coberturas invernales con el rastrojo (Fardos).
- ❖ Coberturas invernales previos.

6.270 kg/ha vs. 9140 kg/ha (46%)
9 ensayos multi-sitio, 3 zafras (2003-04-05)





Plataforma Agroambiental: Experimento de **Rotaciones Arroceras** de Largo Plazo (INIA, Treinta y Tres, 2012).

Alternativas de Intensificación de la Rotación Arrocerá



Rotaciones arroceras contrastadas.

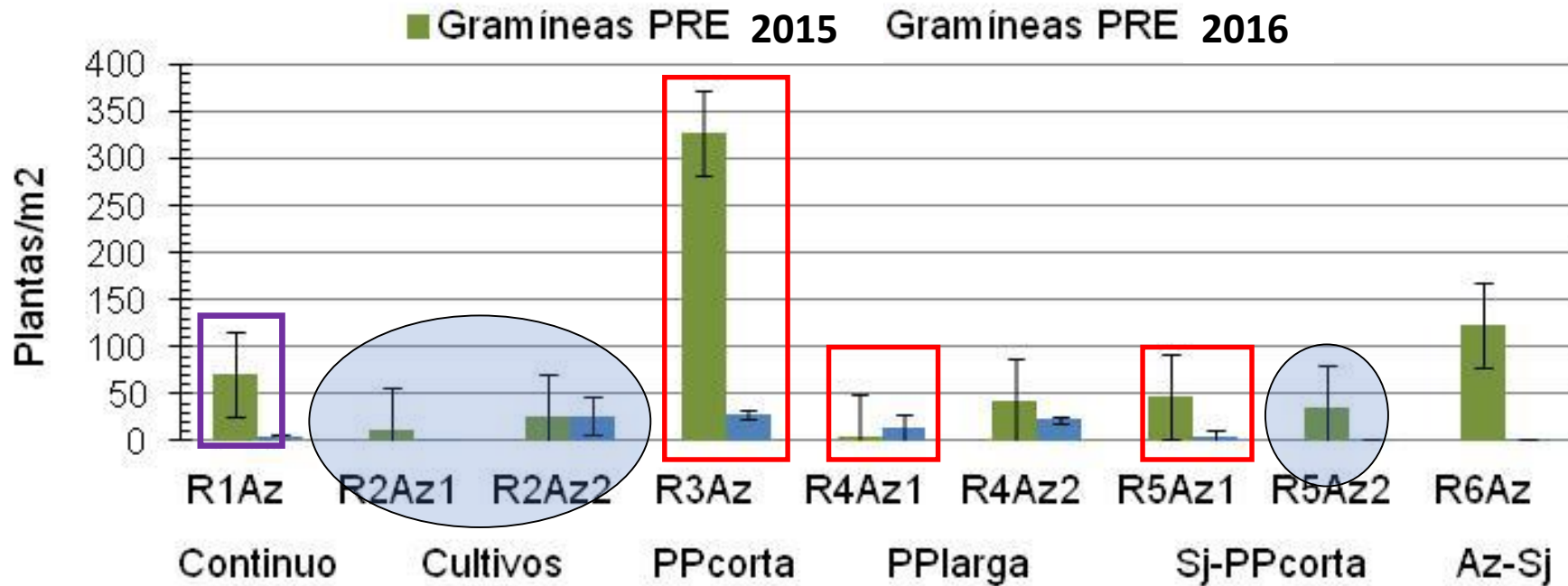
Trade-off producción-ambiente al intensificar la rotación arroz-pasturas?

AÑO	1		2		3		4		5		6	
ROTACIÓN	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI



Ta=Trébol alejandrino, Rg= Raigrás, PV= primavera verano, OI= otoño invierno

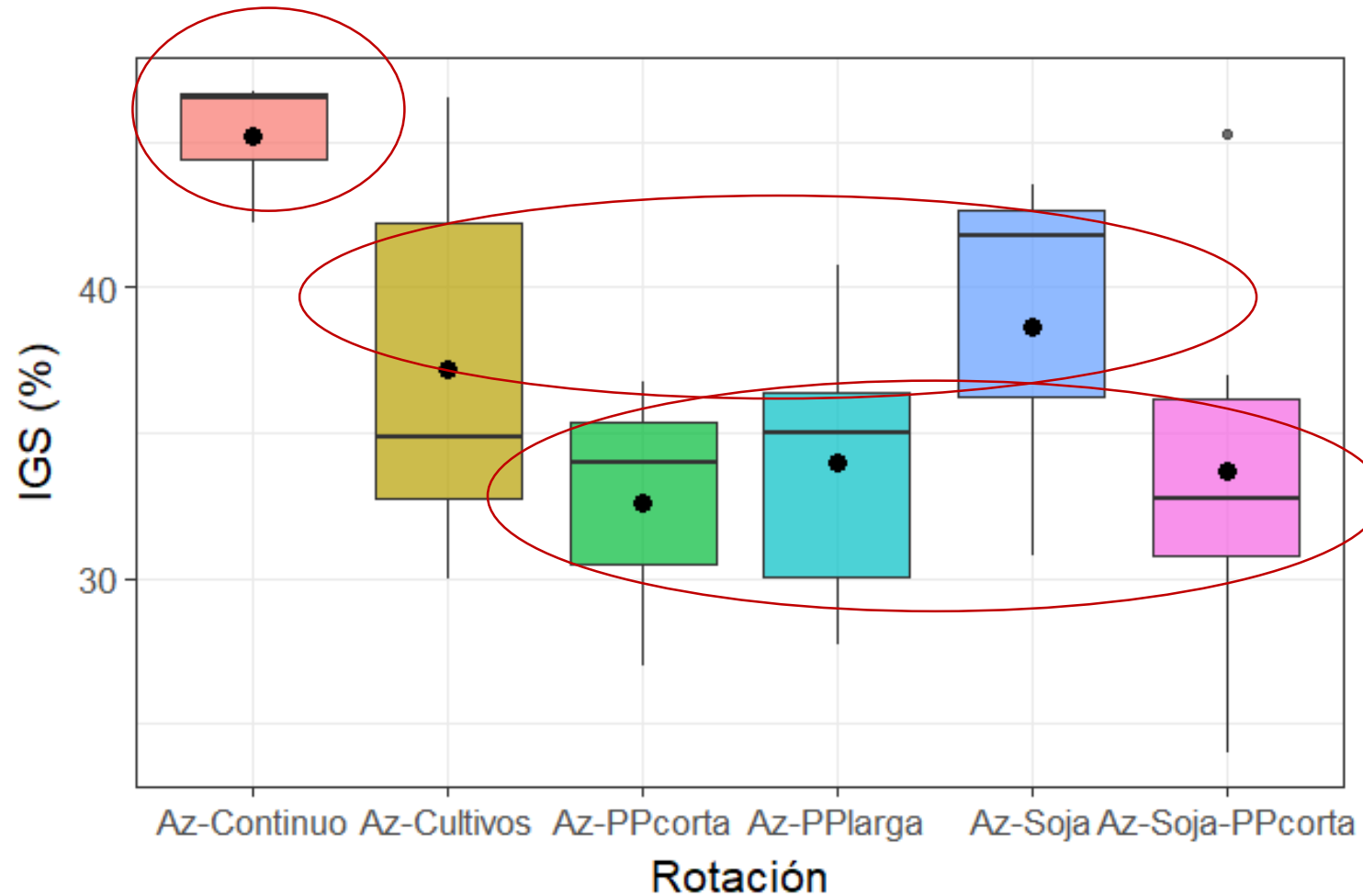
Población de **malezas gramíneas** previo a aplicación de preemergentes en el arroz. Saldain et al, 2017





Enfermedades del tallo (*Nakataea oryzae*) por Rotación

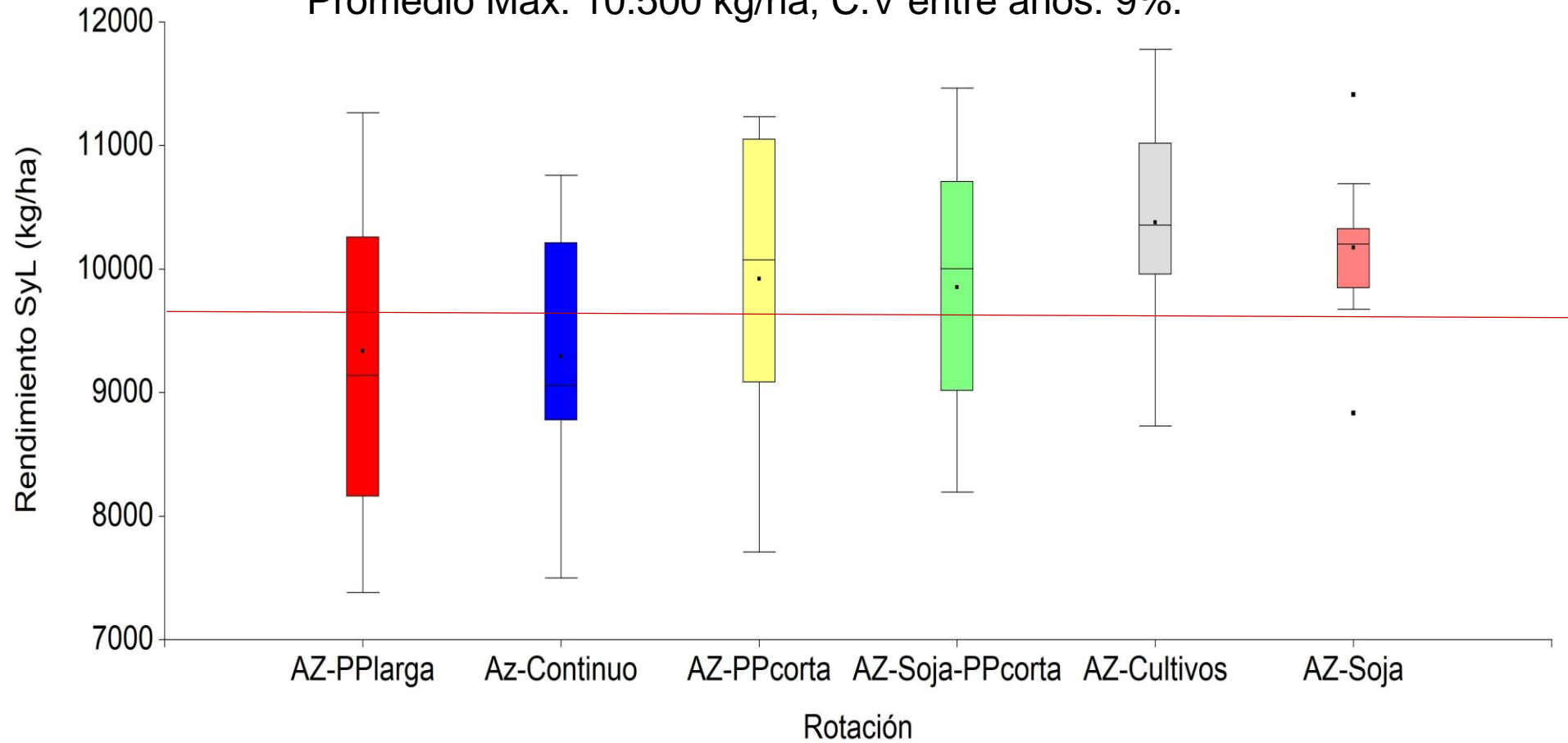
Martinez et al., 2017



Productividad del arroz por Rotación

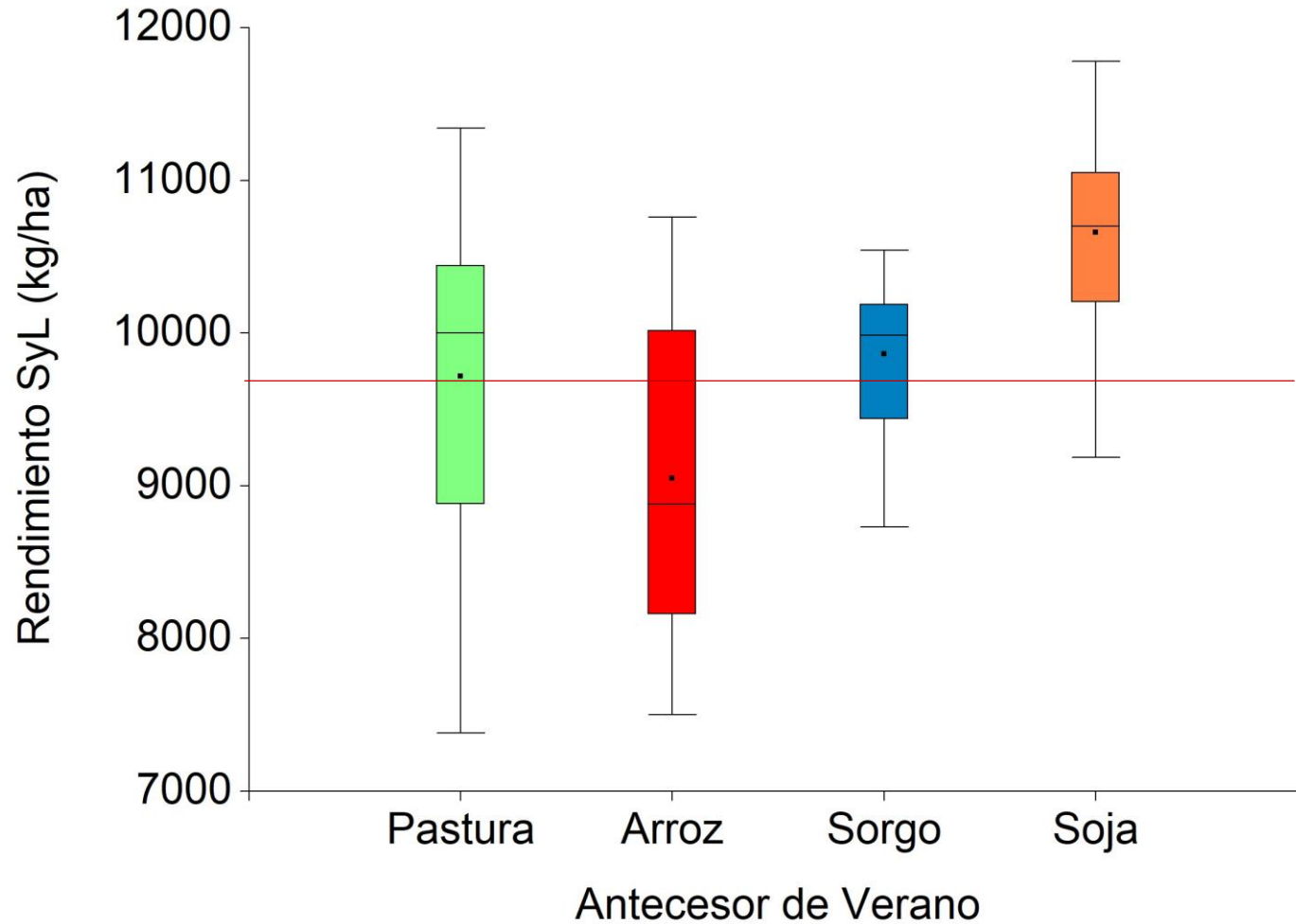
Macedo et al., 2017

Media: 9670 kg/ha (n=135),
Promedio Max: 10.500 kg/ha, C.V entre años: 9%.



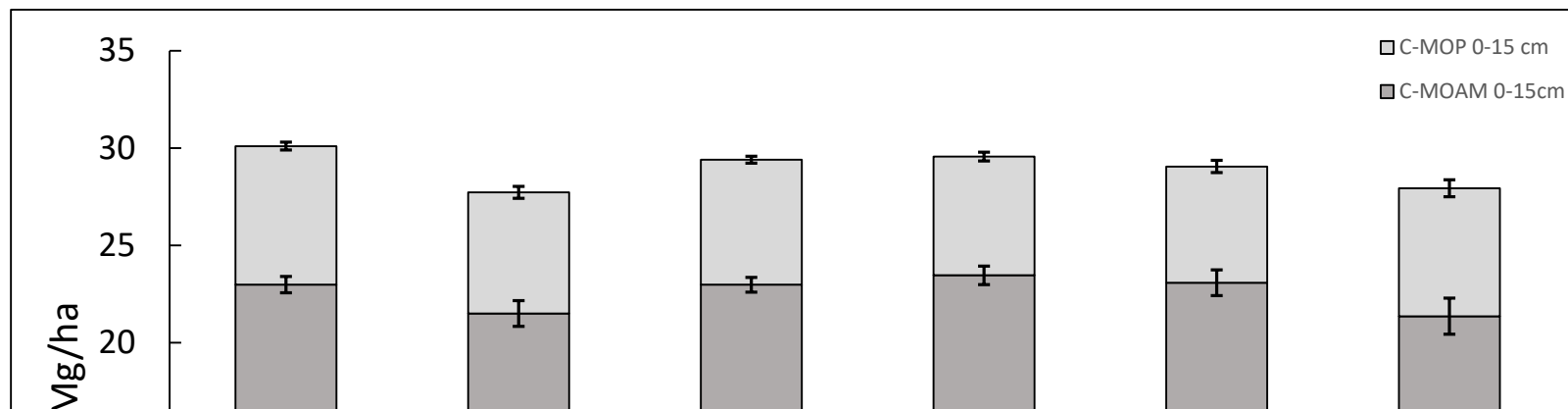
Productividad del arroz por **antecesor**

Macedo et al., 2017



Fracciones del **Carbono Orgánico** del Suelo (0-15cm)

Macedo et al., 2018



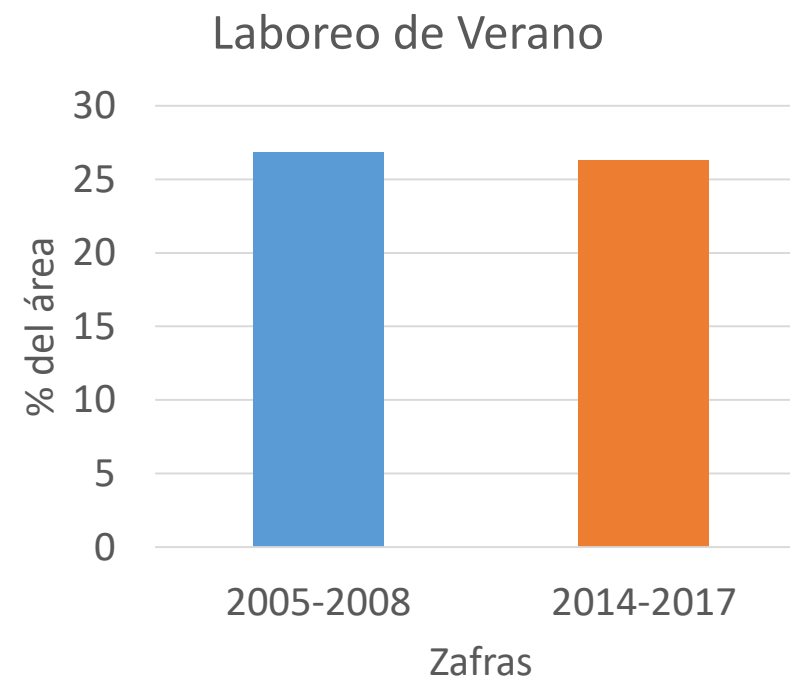
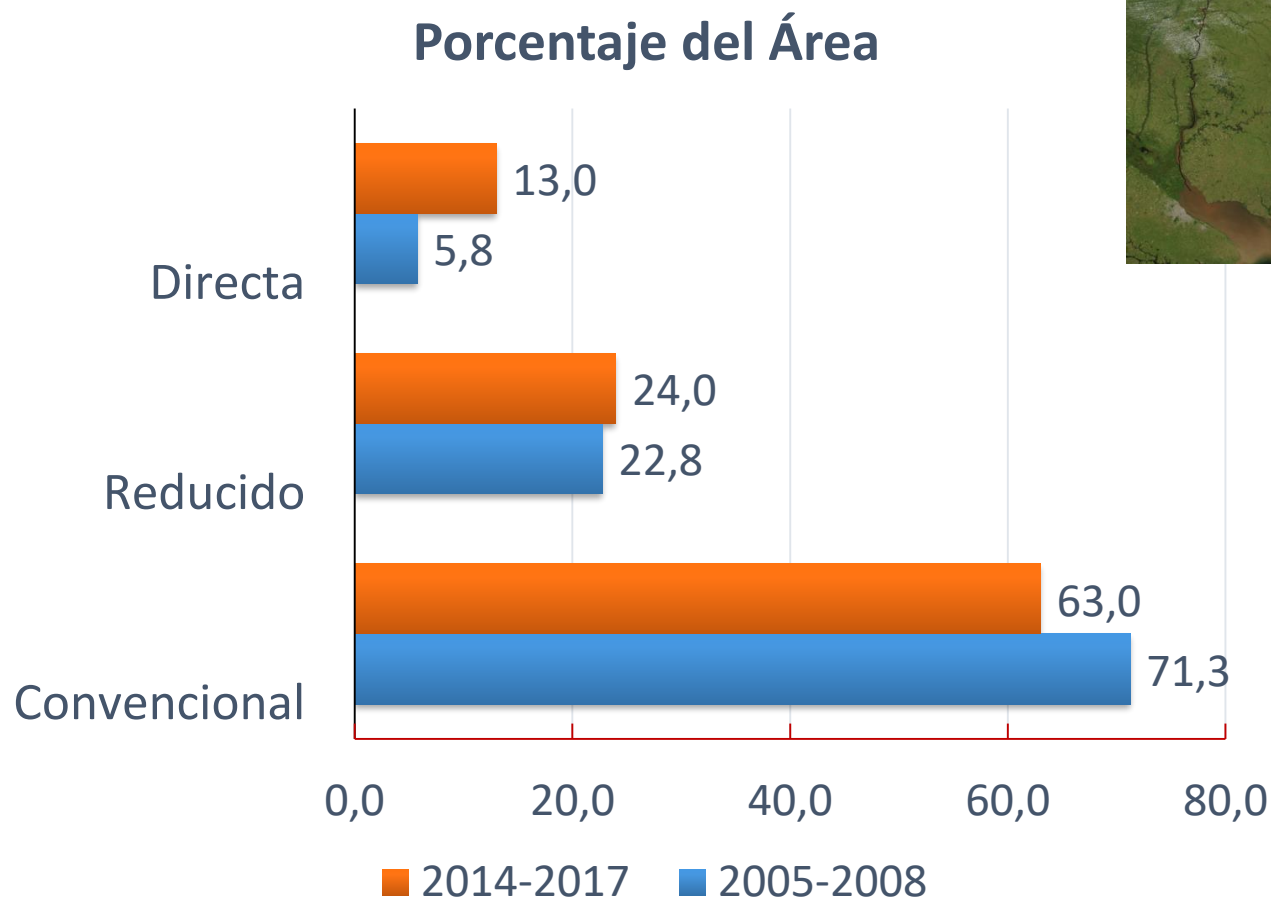
Contraste	Diferencia		Error Estandar	p-valor
	C-MOP (Mg/ha)			
Az-PPlarga* vs Az-PPcorta	0.91	±	0.37	0.310
Az-PPlarga* vs Az-Soja-PPcorta	0.70	±	0.27	0.231
Az-PPlarga* vs (Az-Cultivos y Az-Soja)	1.07	±	0.27	0.010
(Az-Cultivos y Az-Soja)* vs Az-Continuo	-0.51	±	0.48	0.947

* Media Az-PPlarga 7,12 Mg/ha, Media Az-Cultivos y Az-Soja 6,06 Mg/ha

C-MOP: CV= 18% p-valor= 0.0063

C-MOAM: CV= 10.7% ns

Evolución de la Intensidad de **Laboreo** a nivel comercial



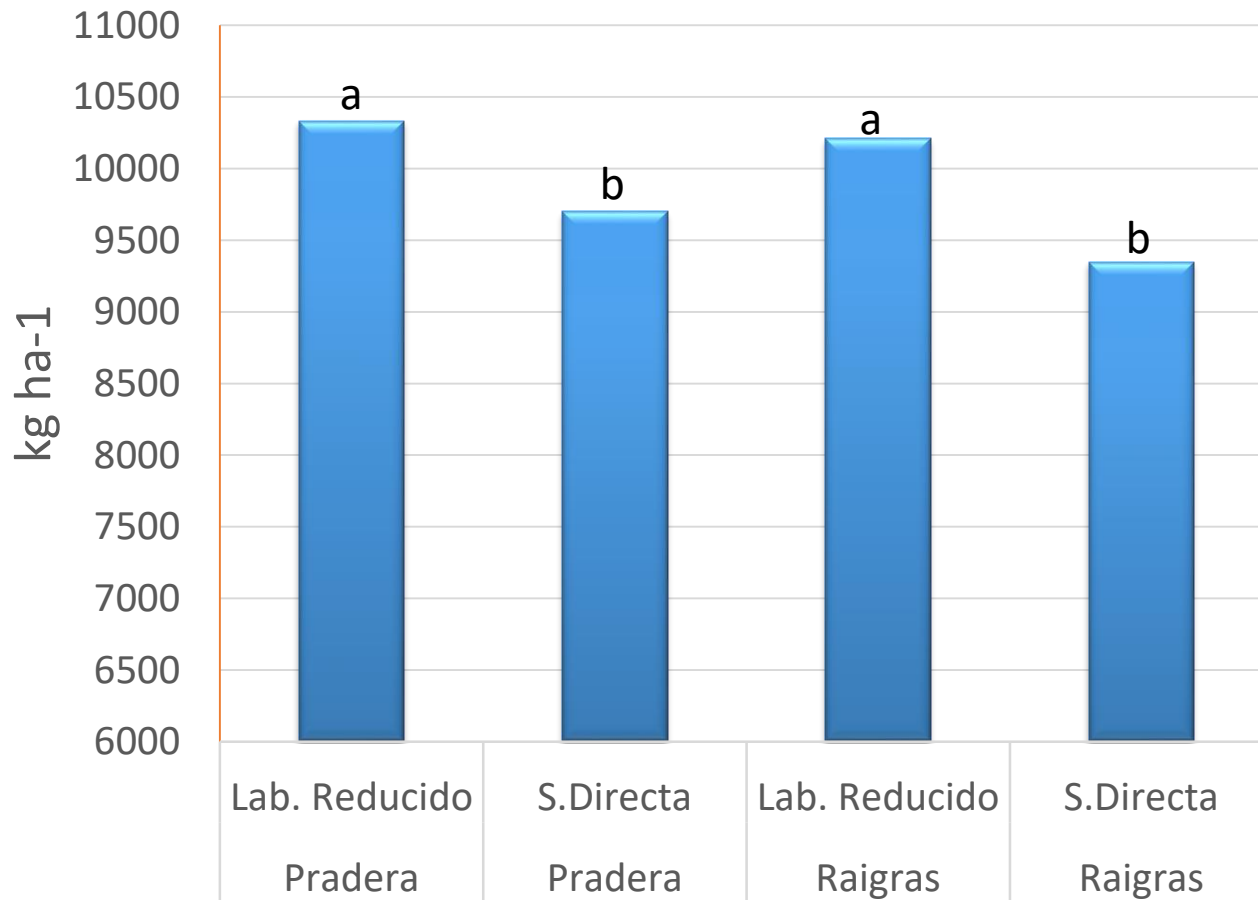


After pastures, it is recommended to **anticipate** tillage, level and drainage 6-9 months before rice seeding and reduce or eliminate tillage in spring for seeding.

Target seeding date (October) is critical to match rice reproductive stages with periods of low cold probability and high radiation.

- **No-tillage** helps to target rice seeding date by a reduction of operations and an increase of labor days in spring.
 - ✓ Save fuel and reduce costs.
 - ✓ Reduce weeds infestation.
 - ✓ Mitigates soil degradation.

Intensidad de **Laboreo** y Rinde de Arroz sobre distintos **antecesores** de un sistema arroz-pasturas. (Ensayos en Fajas a escala de chacra, Cantou et al., 2009)



- S.Directa **7.3%** < Lab.Reducido (10270 vs. 9525 kg ha⁻¹).
- Antecesor Raigrás vs Pradera **NS** (10020 vs 9780 kg ha⁻¹).
- Rinde en SD mas variable a lo largo de la faja que en LR. (CV: 8,5% vs. 6,4)



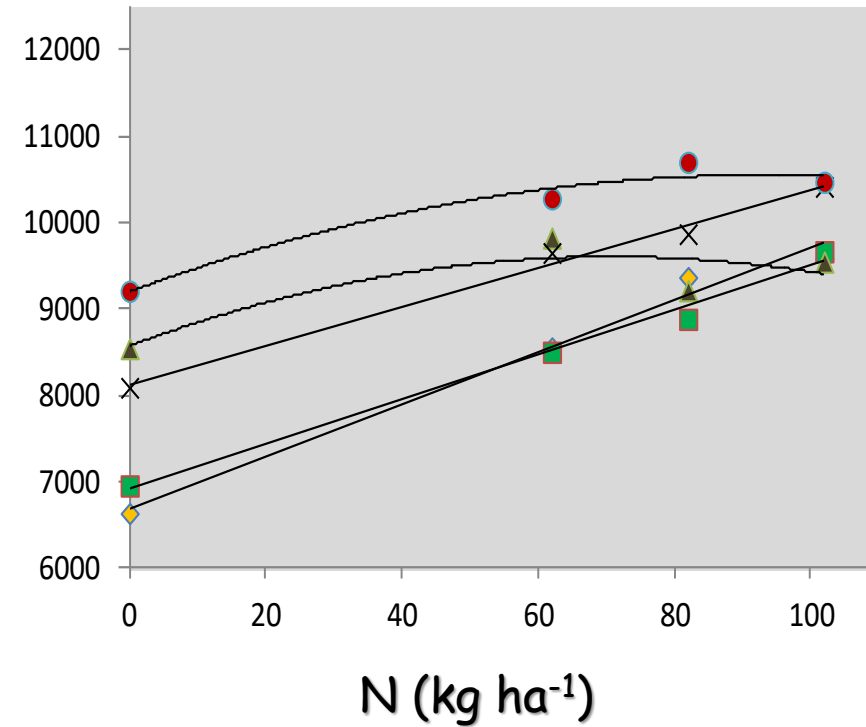
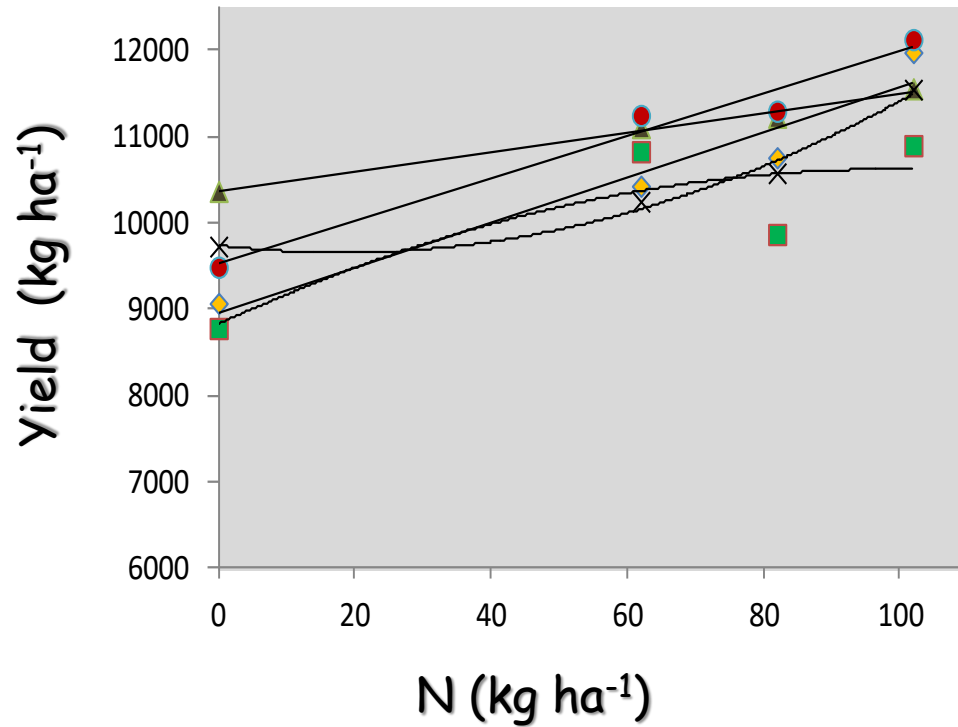
Respuesta al N del arroz en siembra directa sobre distintas **coberturas invernales** instaladas luego del laboreo de verano. (Terra et al., sp)

2008-09

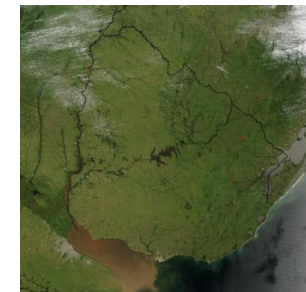
2009-10

◆ Sp. Veg. ■ Ryegrass ▲ Bare × Sorghum ● R.Clover

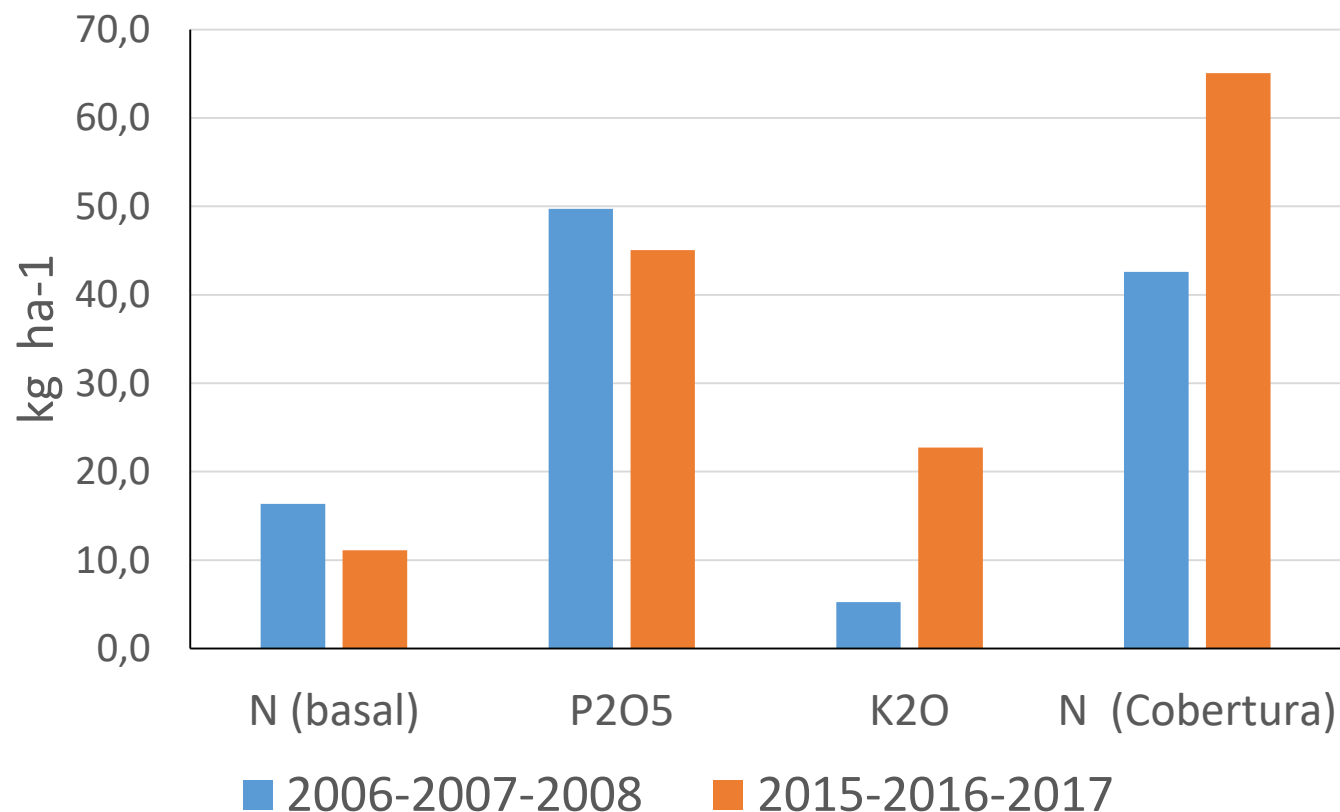
◆ Sp. Veg. ■ Ryegrass ▲ Bare × Sorghum ● R.Clover



Evolución de la **Fertilización** a nivel comercial



Aplicación de nutrientes



- N Basal: reducción 33%
- P: reducción 10%
- K: aumento 431%
- N cobertura: aumento 53%

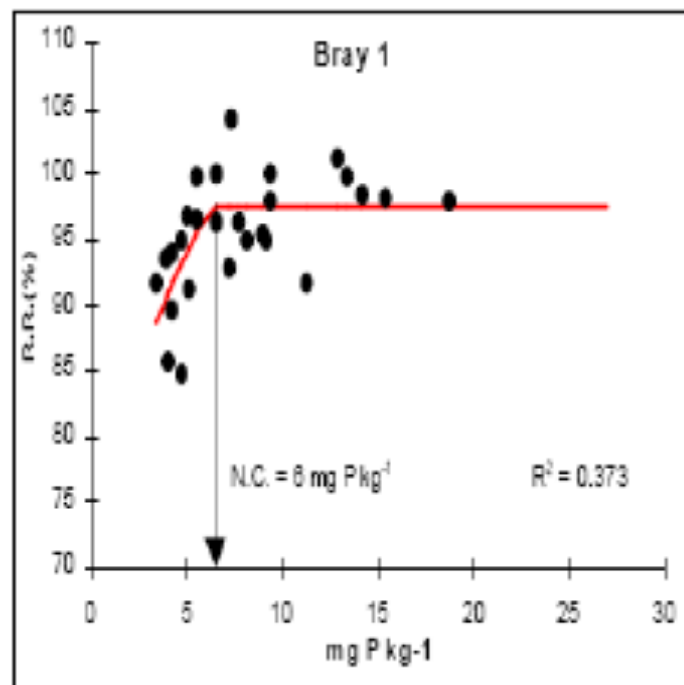
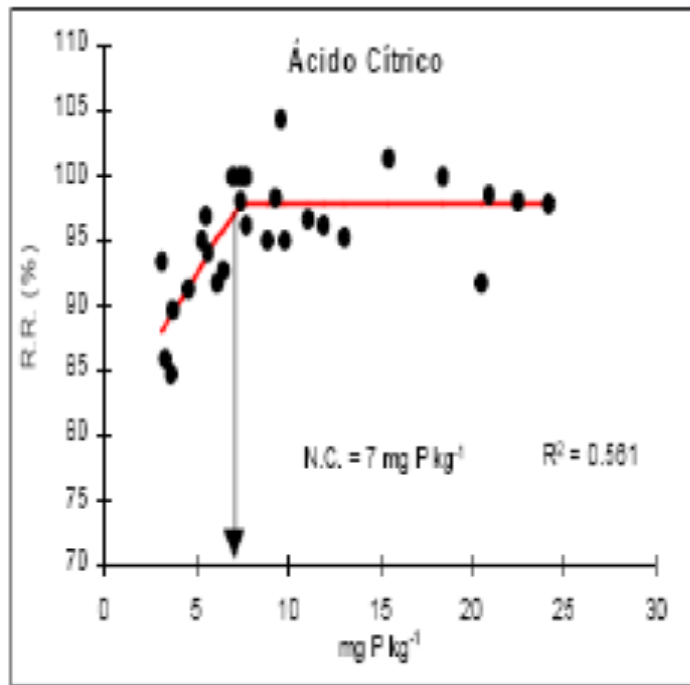
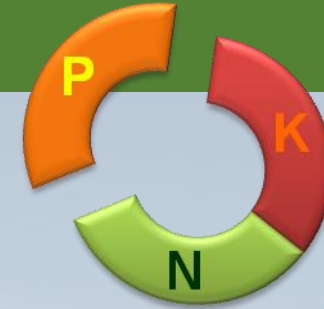
Como estamos fertilizando en el Pais?

Balance de Nutrientes para un cultivo de 10000 kg/ha

Nutriente	<u>Absorción</u>			Entradas	Balance
	Paja	Grano	Planta	Fertilizante	
	_____kg/ha_____				
N	42	126	168	76	-50,0
P	5,5	21,5	27	21,9	0,4
K	91	34	125	18,5	-15,5



Indicador para Fertilización con P (antecedentes: Hernández et. al. 2003 / 2012)



Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44:1193–1210, 2013
Copyright © Taylor & Francis Group, LLC
ISSN: 0010-3624 print / 1532-2416 online
DOI: 10.1080/00103624.2012.756000



Soil Phosphorus Tests for Flooded Rice Grown in Contrasting Soils and Cropping History

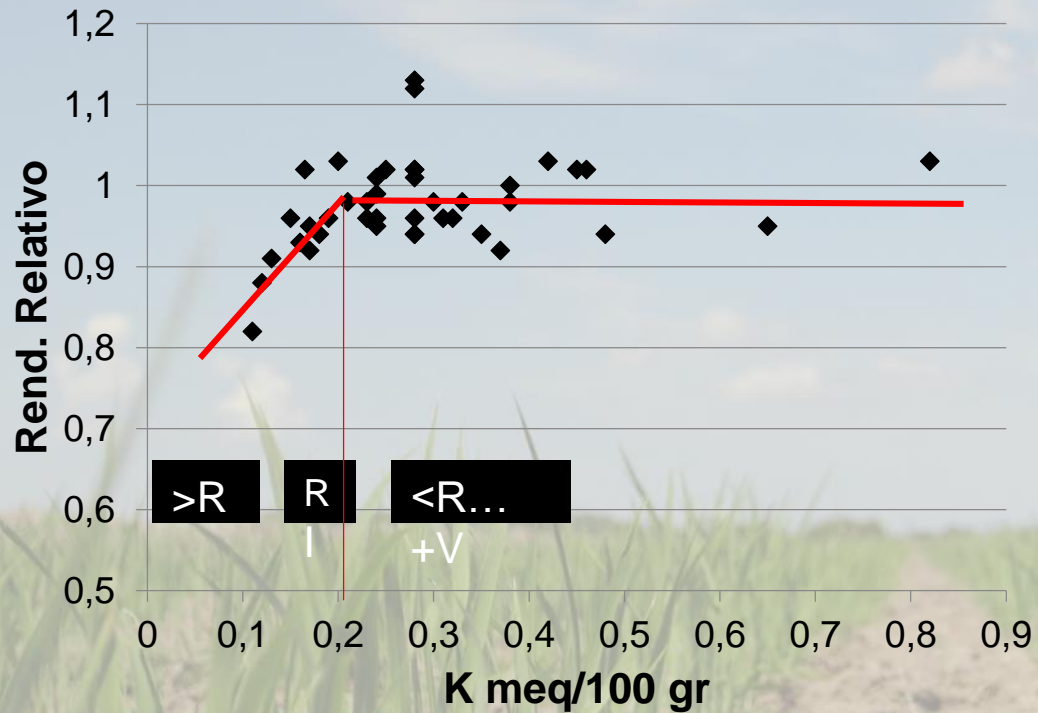
JORGE HERNÁNDEZ,¹ ANDRÉS BERGER,² ENRIQUE DEAMBROSI,³ AND ANDRÉS LAVECCHIA⁴

- ¹Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay
²Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental La Estanzuela, Colonia, Uruguay
³Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental de Treinta y Tres, Treinta y Tres, Uruguay
⁴Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental de Tacuarembó, Tacuarembó, Uruguay

Soil phosphorus (P) tests for flooded rice (*Oryza sativa* L.) generally present uncertainties for estimating P availability. Bray 1, 1% citric acid, Mehlich 3, Olsen extractants (dry samples), and Bray 1 extractant after 3 days (BI3) and 7 days (BI7) of anaerobic incubations were evaluated to estimate P availability for rice in 43 Uruguayan soils. Field trials were conducted at each site (0, 13, 26, and 39 kg P applied ha⁻¹). Relative yield and absolute and relative yield increases were determined. Extracted P was variable for the different tests. For silty soils, P availability was better estimated by citric acid, Mehlich 3, and Bray 1, with similar soil P critical concentrations (6–8 mg P kg⁻¹). The BI3 and BI7 tests showed greater soil P critical concentration but poorer correlations with yield indexes. This study contributes to the scientific basis of P fertilization for flooded rice, promoting more effective fertilizer use and minimizing environmental P losses.

Keywords Rice crop, soil P critical concentrations, soil P test

Indicador para Fertilización con **K**



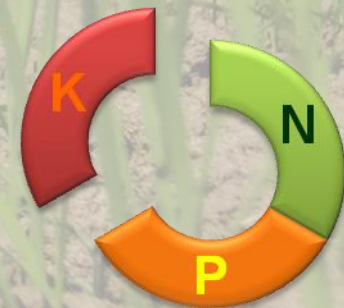
Rel. K/ CIC < 0,015 Respuesta segura

Rel. K/CIC 0,015- 0,025 Respuesta probable

Rel. K/CIC > 0,025 Baja probabilidad respuesta

Dobermann et al. 2000

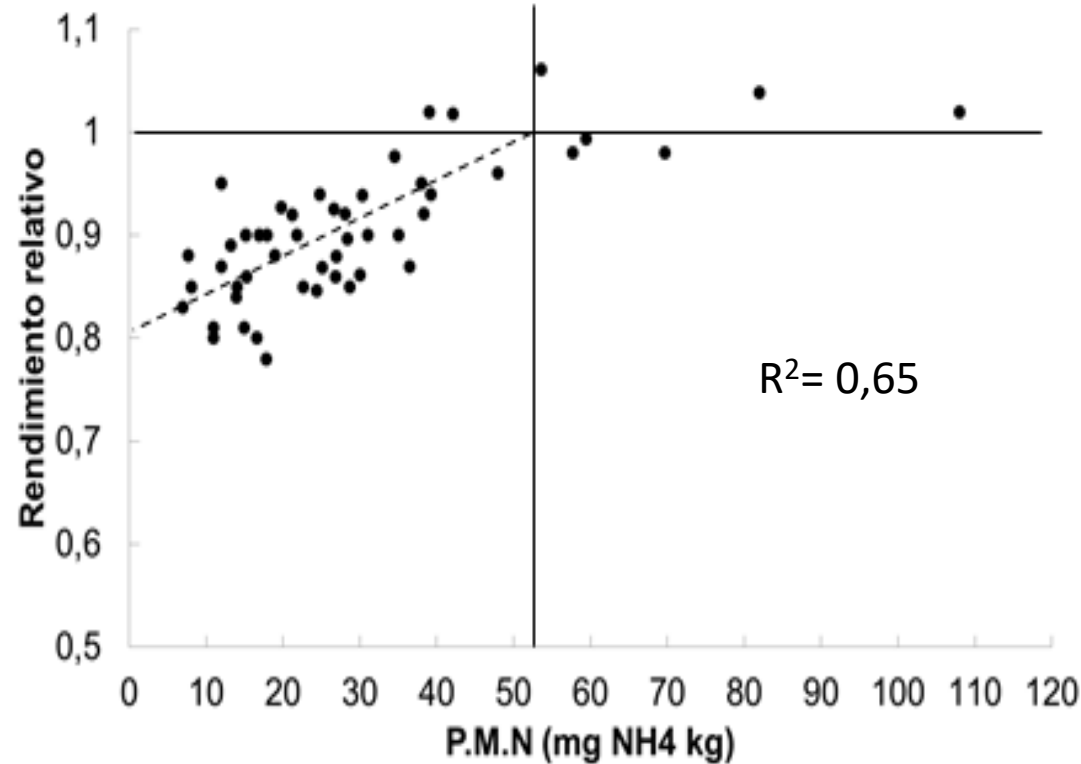
Deambrosi et al. 2014 s/p



Potencial de Mineralización de N del suelo como Indicador para la Fertilización N a **Macollaje**

(2011-12-13-14) Castillo et al., 2015

- Indicador de respuesta al agregado de N al estadio de V5-6 (macollaje) y nivel crítico calculado en función del rendimiento relativo



Baja potencial: < 30 mg kg N-NH₄

Medio Potencial: 30 – 55 mg kg N-NH₄

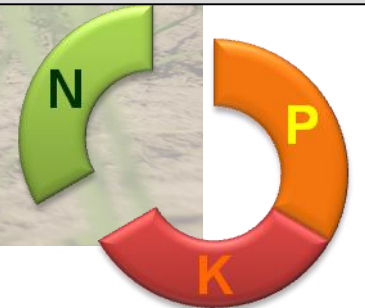
Alta potencial: > 55 mg kg N-NH₄

García Lamothe A. Quincke A. 2011

Cuanto significa 1 ppm de P.M.N (NH₄) ???

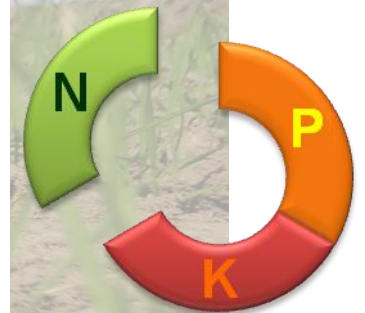
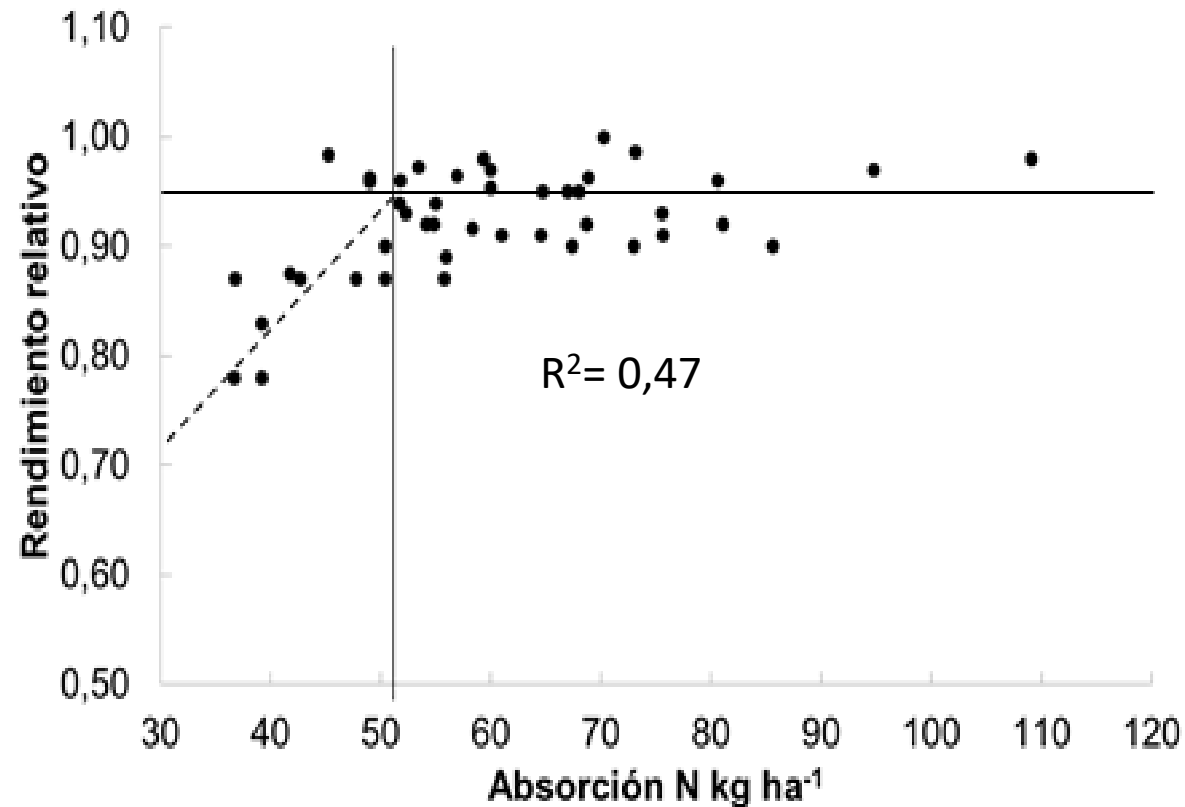
En función de DAP: 2,5 – 3,2 kg /ha N

Suelos por encima del NC: 120 – 160 kg ha N



N absorbido en planta a R0 como indicador para la fertilización N a **PRIMORDIO** (2011-12-13-14) **Castillo et al., 2015**

- Indicador de respuesta al agregado de N al estadio de R0 (primordio) y nivel crítico calculado en función del rendimiento relativo





XIII Conferencia
de Arroz y el Caribe



FERTILIZ-ARR



Iniciar Sesión

Ingreso al sistema

Usuario

Contraseña

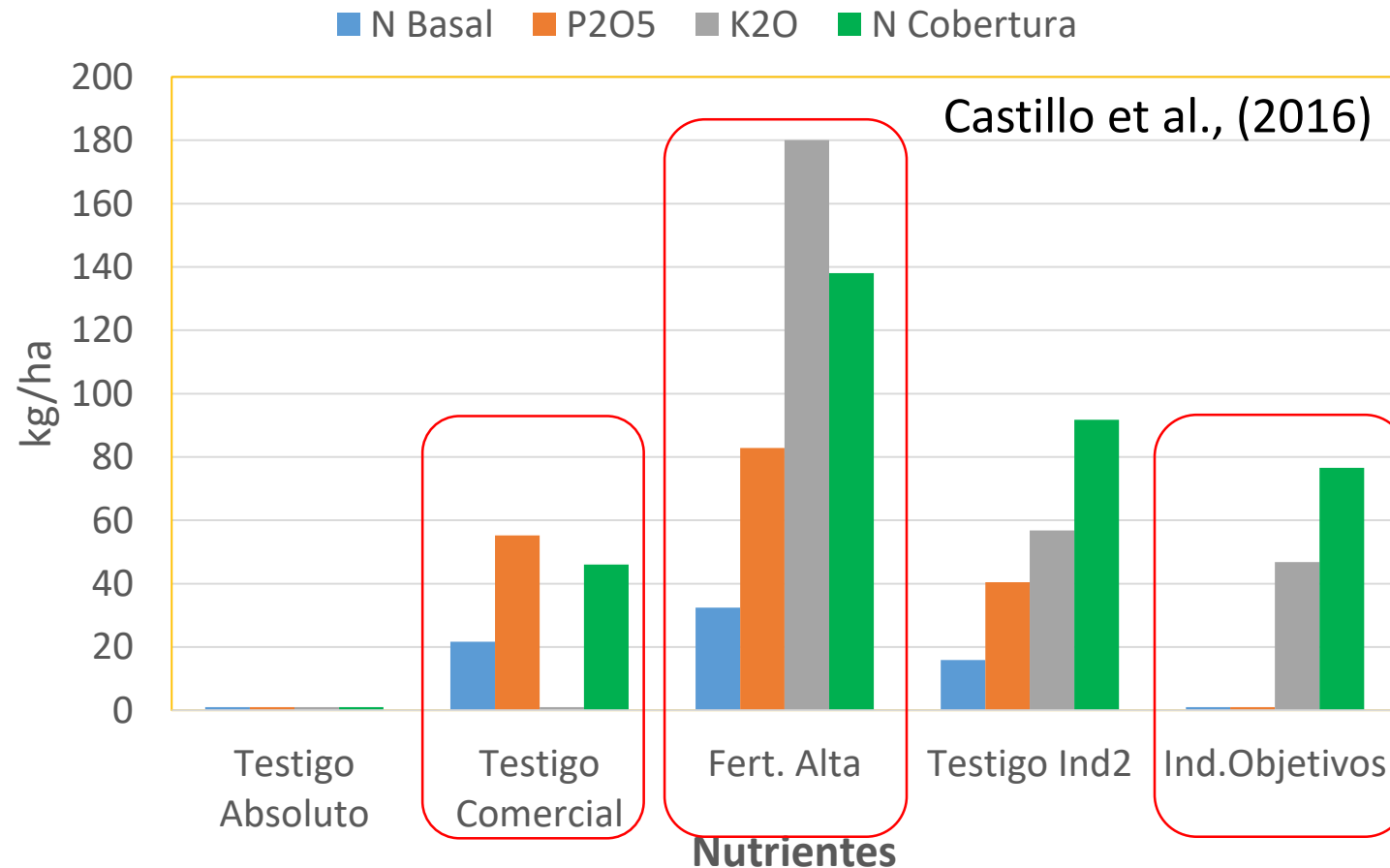
Confirmar

Registrarse

Manejo Integrado de N-P-K para alta Productividad.

Ensayos analíticos: 5 estrategias x 6 variedades x 3 zafras y sitios.

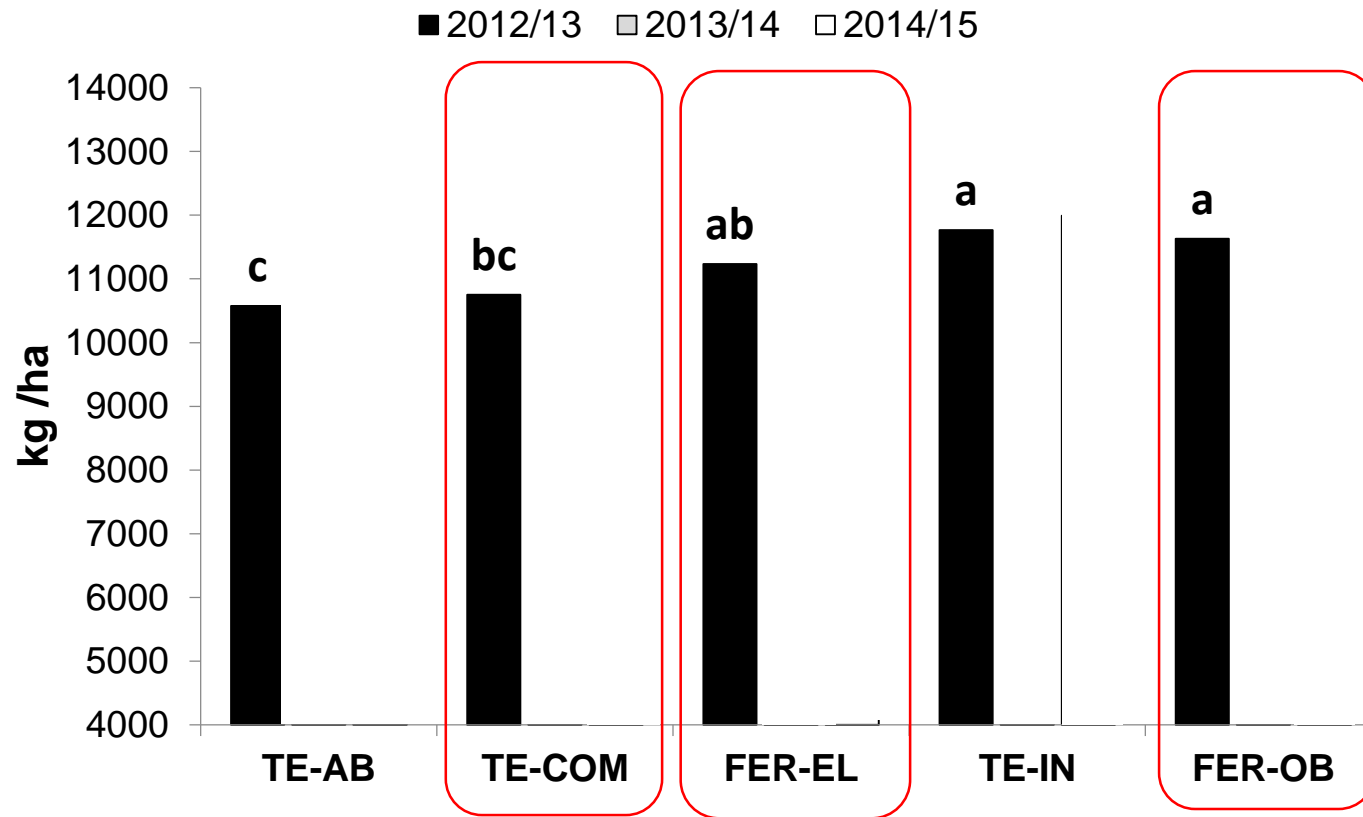
Aplicación de NPK por estrategia de fertilización



Manejo Integrado de N-P-K para alta Productividad

➤ Rendimiento en grano (kg ha⁻¹)

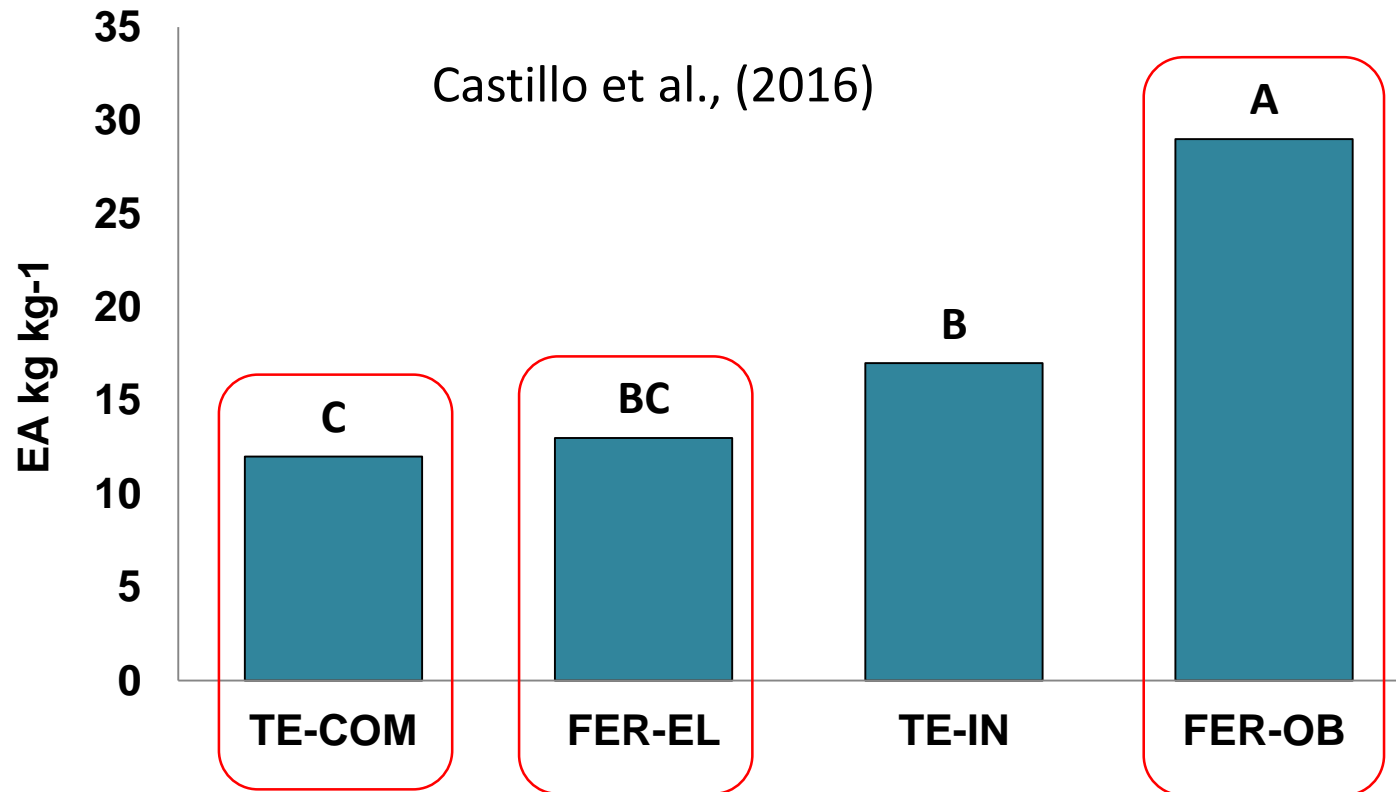
Castillo et al., (2016)



Estrategias de fertilización

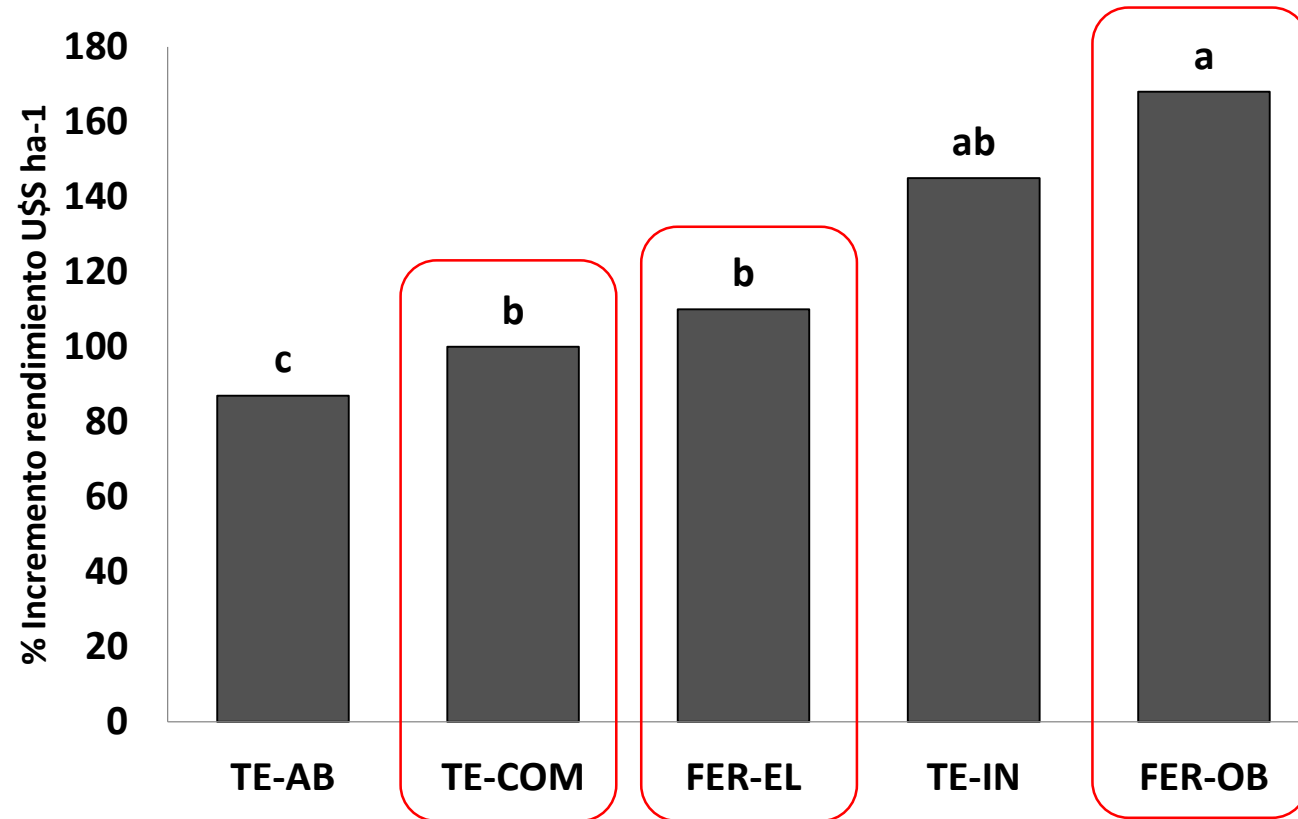
Manejo Integrado de N-P-K para alta Productividad

➤ Eficiencia Agronómica N (kg kg^{-1}) Tratamientos de fertilización



Manejo Integrado de N-P-K para alta Productividad

➤ **Margen Bruto** (U\$S ha⁻¹) Castillo et al., (2016)



Estrategias de fertilización



La fertilización por indicadores como uno de las 5 prácticas de manejo integrada para “romper los techos de rendimiento” del cultivo de arroz en Uruguay

- Pry. Conjunto: ACA, Molinos, INIA.
- Involucró a 40 productores de punta.
- Se definió línea de base y las tecnologías asociadas.
- Propuesta para superar en al menos 10% la productividad del paquete utilizado por productores de punta.
 1. Nuevas Variedades
 2. Paquete de Siembra (densidad y tratamiento de semilla)
 3. Manejo balanceado de nutrientes (macro y micro)
 4. Protección del cultivo.

SO2. Treatments: Base Line, The Alternative & Associated Technologies (example of site trial: RCB, 4 reps, omission plots)

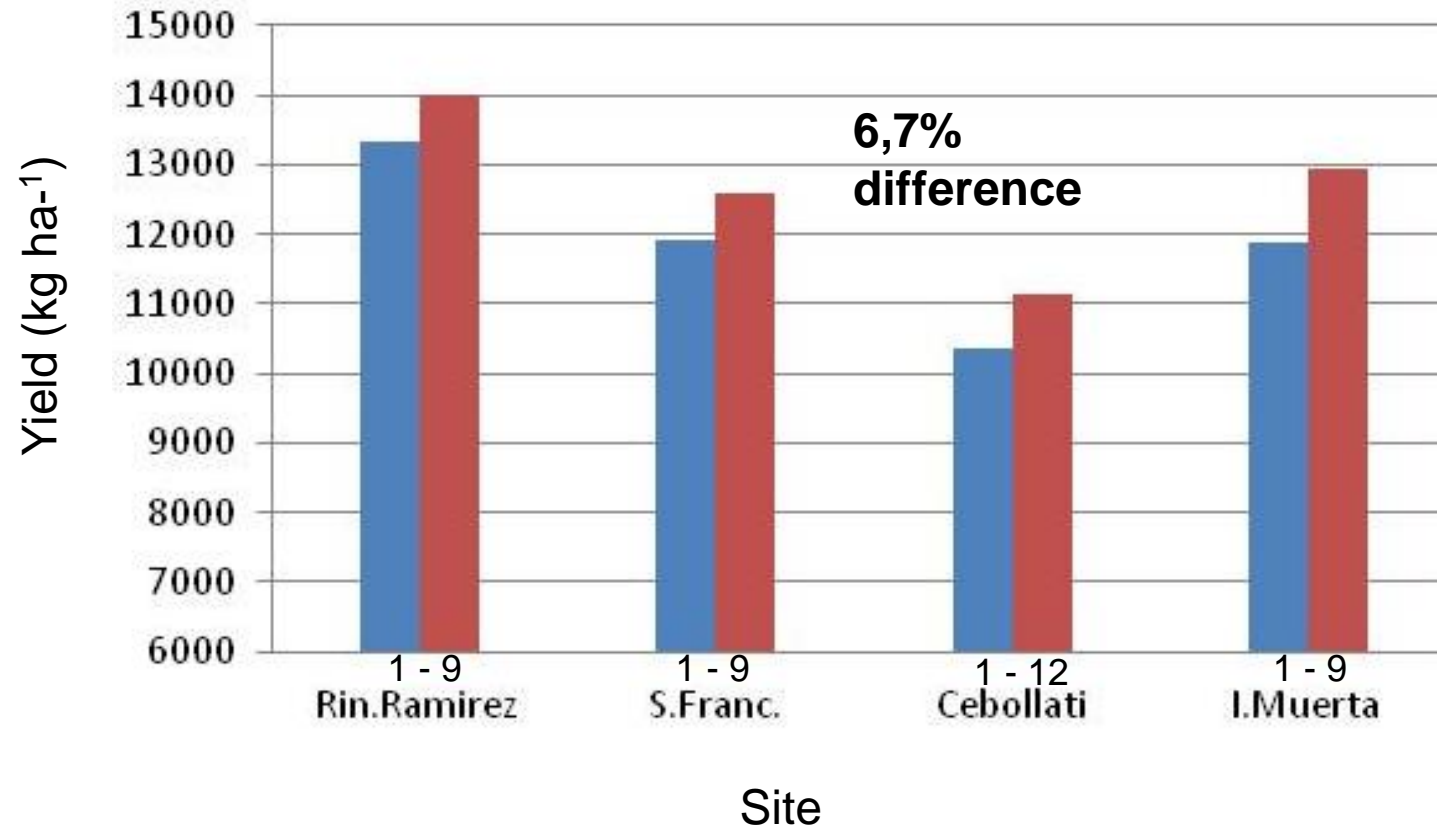
Factor	T	Variety	Installation	Nutrition	Nutrition +	Disease Mgm.	Yield
Top Farmers Standard	1	EP 144	130 kg Tebucon .+ Thiam.	P55 – K25 Urea (75+50)	-	(Teb + Trifoxis) (Az+ Ciprocon)	100,0
Alternative Variety	2	Quebracho	X	X	X	X	?
Alternative Installation	3	X	113 kg Teb+Th+ Zn+ Endorice	X	X	X	?
Alternative Nutrition	4	X	X	P63 – K78 VU 155+U50	X	X	?
Nutrition Plus+	5	X	X	X	S+Si+(N,P,K,S, B,Mn,Zn,EA)	X	?
Alternative Disease Manag.	6	X	X	X	X	(Azo+Kre+Cip)+ FP (F,P,K)+ Si	?
Alternative Management	7	Quebracho	140 kg Teb+Th+ Zn+ Endorice	P63 – K78 VU 155+U50	S+Si+(N,P,K,S, B,Mn,Zn,EA)	(Azo+Kre+Cip)+ FP (F,P,K)+ Si	?
Standard Variety	8	EP 144	Z (113)	Z	Z	Z	?
Standard Installation	9	Z	130 kg Tebucon .+ Thiam.	Z	Z	Z	?
Standard Nutrition	10	Z	Z	P55 – K25 Urea (75+50)	Z	Z	?
NO Plus Nutrition	11	Z	Z	Z	-	Z	?
Standard Disease Manag.	12	Z	Z	Z	Z	(Teb + Trifoxis) (Az+ Ciprocon)	?

SO3. Summary of Rice Yield on 8 Farm Strip Trials (2014-15 & 2015-16)

Deambrosi et al., 2017

11880 kg ha⁻¹ vs. 12670 kg ha⁻¹

■ Top Farmers ■ Alternative

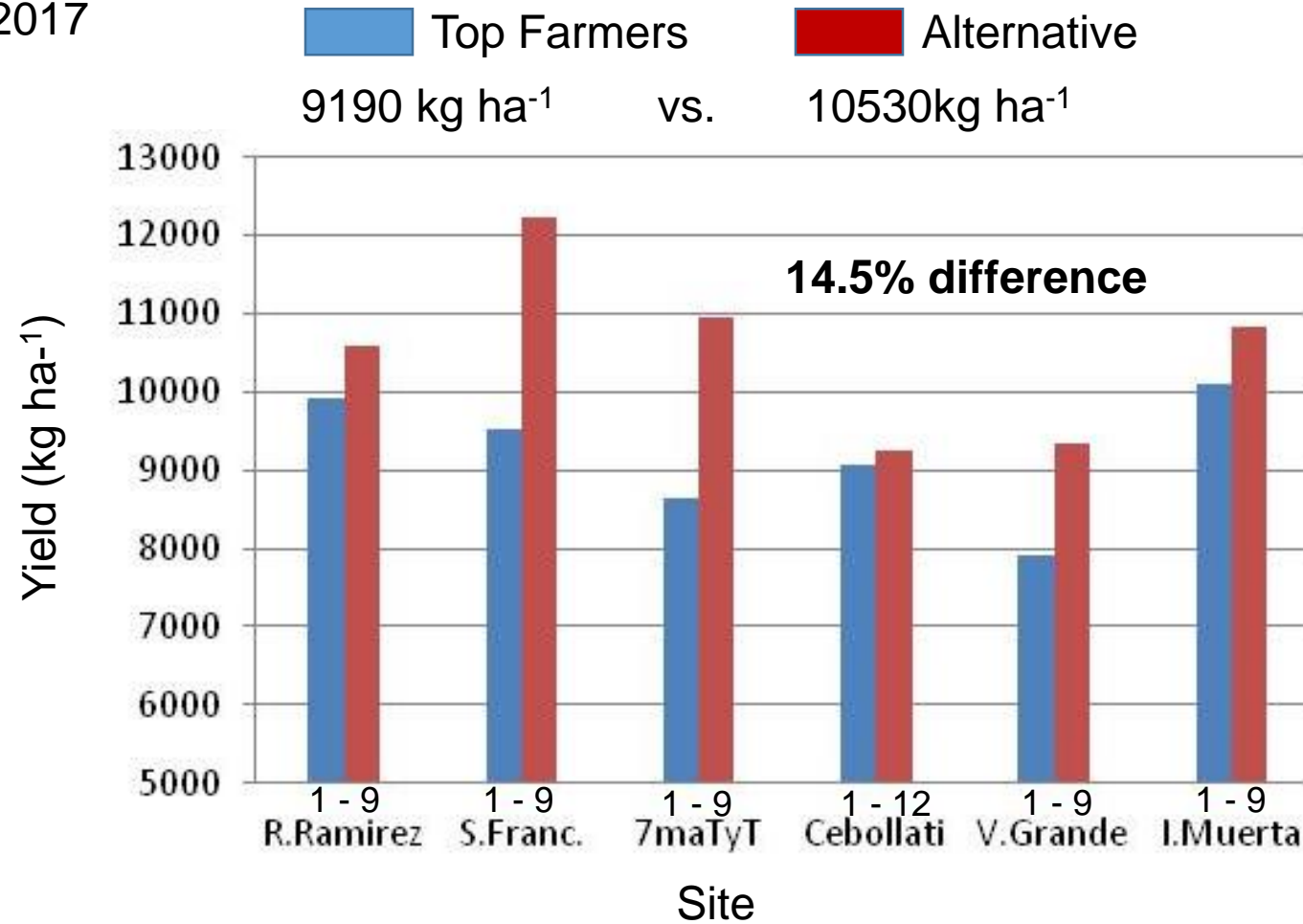




Alternative Rice Crop Management Validation. 10 ha Side to Side Plots in 6 Farms



Deambrosi et al., 2017



1. Manejo de suelos sostenible implica conservar las principales funciones del suelo en el tiempo.
2. El diseño de la **rotación** es clave en la sostenibilidad del sistema arrocero y los recursos naturales involucrados en el proceso productivo.
3. La rotaciones arroz-pasturas contribuyen a la productividad, al bajo uso de N, a la alta EUN, a la baja incidencia de insectos, enfermedades, al control de malezas, al bajo uso de pesticidas, a una baja huella ecotoxicológica y a la conservación del suelo, el agua y la biodiversidad.
4. Es necesario y posible reducir e incluso eliminar el laboreo durante algunas etapas de la rotación (costos energéticos, oportunidad de siembra, conservación del suelo, control de malezas, etc.).
5. El uso de indicadores objetivos de suelos y plantas es clave para la toma de decisiones de fertilización del cultivo; optimizando la productividad, la eficiencia agronómica, el balance de nutrientes y la rentabilidad, al tiempo de minimizar las externalidades (emisiones GEI y contaminación de agua).

An aerial photograph of a vast agricultural field. In the foreground, a yellow harvester is moving through a row of golden-yellow crops, leaving a trail of green residue behind it. To the left, a red tractor is parked near a field of similar crops. The field is divided into rectangular sections by dirt paths. In the background, there are more fields, some green and some brown, under a clear blue sky. The text "Muchas Gracias!!" is overlaid in the center of the image.

Muchas Gracias!!