



APOIO AO USO BALANCEADO DE  
POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA

10 ANOS DE PARCERIA IPI E EMBRAPA

9 e 10 de Outubro



# Fertilización Potásica en Uruguay

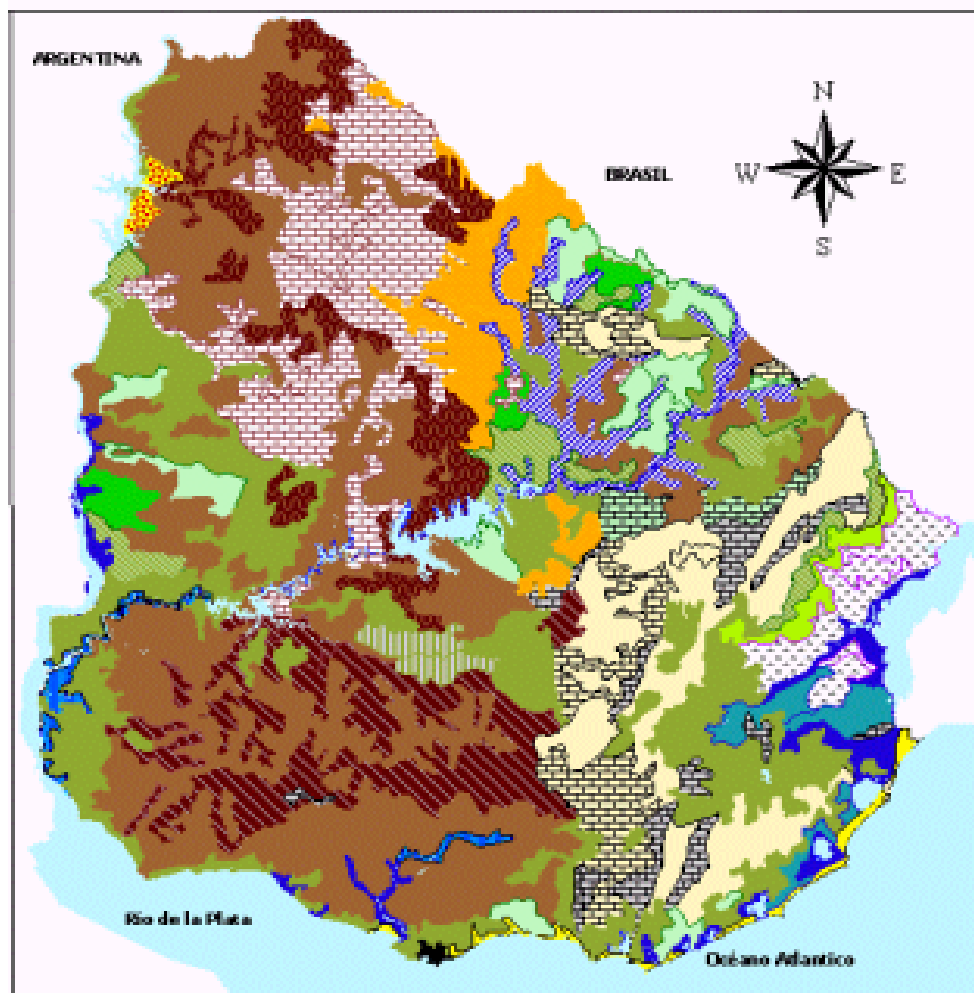
José Martín Bordoli

Mónica Barbazán

Facultad de Agronomía- UDELAR-Uruguay



## MAPA GENERAL DE SUELOS DEL URUGUAY



### LEYENDA SEGUN SOIL TAXONOMY, USDA, 1989

- Argiudolls
- Argiudolls & Hapluderts
- Argiudolls & Hapludolls
- Argiudolls, Hapludolls & Hapludalfs
- Argiudolls, Hapludolls, Hapludalfs & rock outcrops
- Argiudolls & Hapludalfs
- Argiudolls & Albaqualls
- Argiudolls & Argiaquolls
- Hapludolls, Argiudolls & Hapluderts
- Hapludolls, Argiudolls & Eutrudepts
- Hapludolls, Udorthents & rock outcrops
- Argialbolls, Argiudolls & Udifuvents
- Argialbolls, Albaqualls & Natraqalls
- Argiaquolls & Albaqualls
- Endoaquolls & Fluvaquents
- Hapludalfs
- Hapludalfs & rock outcrops
- Hapludalfs & Hapludults
- Hapludalfs & Quartzsammments
- Dystrudepts & Argiudolls
- Dystrudepts & rock outcrops
- Udifuvents
- Lagos y lagunas
- Area urbana

# Cationes intercambiables en algunos+ suelos de Uruguay



Suelo	C.I.C.	Ca	Mg	K	Na	B.T.	% Sat.
-----cmol kg <sup>-1</sup> -----							
Vertisol Itapebí	33.2	20.8	5.8	0.4	0.4	27.3	82
Brunosol Bequeló	34.8	27.0	1.9	1.5	1.5	30.6	88
Brunosol Toledo	17.5	11.0	3.1	1.1	1.1	15.5	89
Planosol Río Branco	10.5	3.8	1.6	0.2	0.2	5.8	55
Acrisol Tacuarembó	4.5	1.3	0.5	0.2	0.1	2.1	47
Solonetz R. Ramírez	9.2	2.6	2.2	0.4	2.0	7.2	78
Brunosol C. Corralito	17.9	8.9	1.8	0.4	0.3	11.4	64

# Contenido de K en diferentes fracciones químicas (cmol/kg)



Suelo	K total	K NO Int. (ác. Nítrico 1N)	K Interc.
Vertisol I-TA	4.5	0.52	0.36
Brunosol Bequeló	17.6	2.50	1.50
Brunosol Toledo	15.4	2.19	0.89
Brunosol Young	10.7	1.55	0.57
Brunosol SG-G	15.9	3.35	0.45
Argisol Algorta	1.8	0.21	0.39
Acrisol Tacuarembó	2.1	0.22	0.16
Planosol R. Branco	4.9	0.27	0.13

# Primeros estudios de K en suelos de Uruguay: + caracterización en varios suelos

	K Int.	K no int.	K total	Textura	Miner. Fracc. Arcilla
	--- meq/100 g ---				
Brunosol C. Palma	0,11	0,13	1,47	FAcAr	s
Acrisol Tacuarembó	0,16	0,22	2,11	ArF	c
Argisol Salto	0,19	0,29	1,60	ArF	s - c
Vertisol Itapebí-T.A.	0,36	0,52	4,54	AcL	s
Argisol Algorta	0,39	0,21	1,85	ArF	s
Brunosol S.Gabriel-G	0,45	3,35	15,99	F	m
Brunosol Toledo	0,87	2,19	15,35	FAcL	m
Brunosol Bequeló	1,50	2,50	17,58	FAcL	s - m

Mineralogía Fr. Arcilla: s: smectita; m: mica; c: caolinita

Smectita: montmorillonita, mica: illita

**K no intercambiable: 0.13 - 3.35 meq/100g**

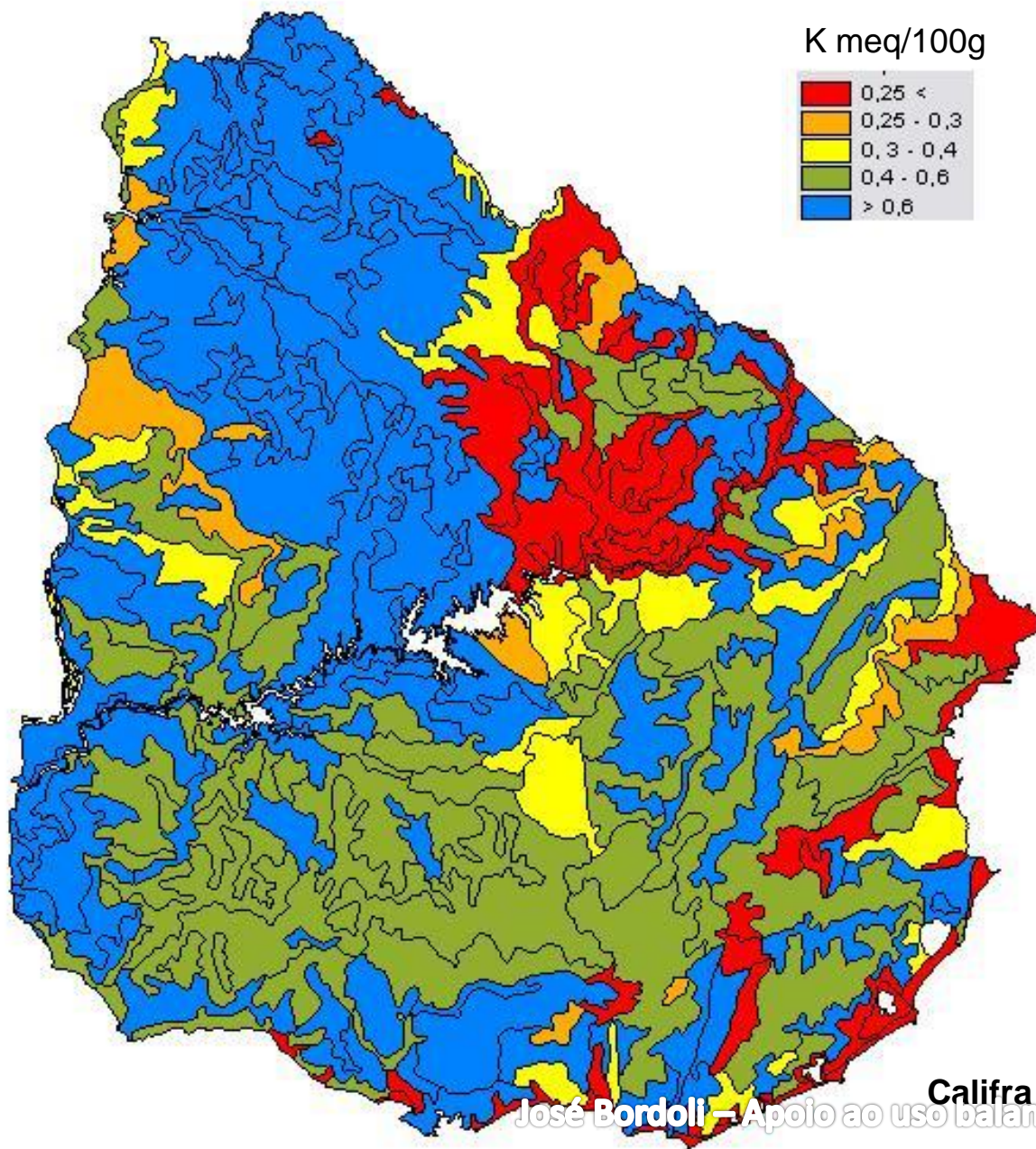
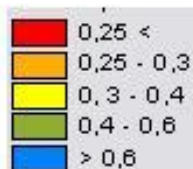
**K intercambiable: 0.11-1.5 meq/100g**

Hernández, 1988





K meq/100g

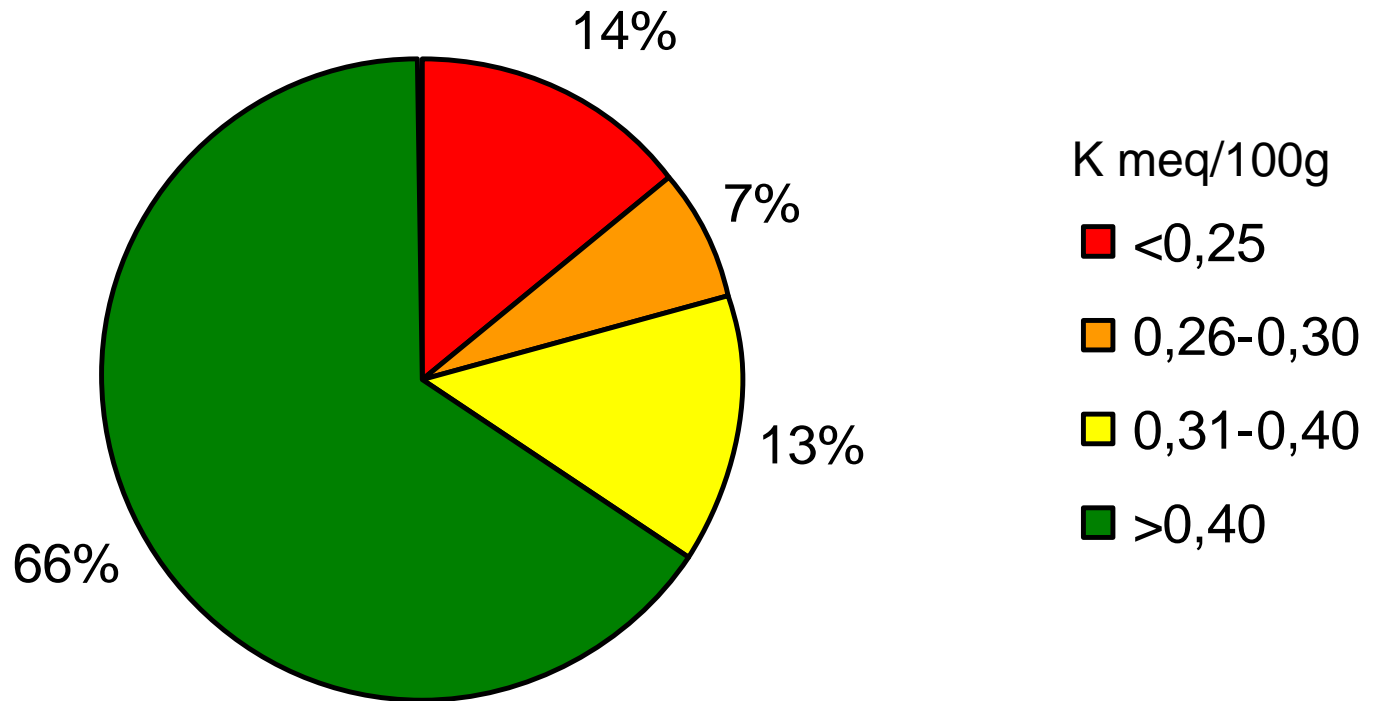


**Estimación del área con mayor probabilidad de deficiencia de K en el corto plazo**

Califra y Barbazán, 2011 s/p

José Bordoli – Apoio ao uso balanceado de K na agricultura brasileira

# K en suelos de Uruguay Según la Carta de Reconocimientos de Suelos



# Investigación de K en Uruguay

- 1971. M. Yacobazzo de Díaz. Nivel óptimo económico de NPK en **remolacha azucarera** en la zona de Paysandú. Facultad de Agronomía, UY
- 1974. A. Milian. Efecto del N.P. y K. en la producción de semilla de Festuca arundinácea Schreb y Phalaris tuberosa L., Facultad de Agronomía, UY.
- 1978. M. Caulín y M. Cabrera. Respuesta de la **remolacha azucarera** (*Beta vulgaris* L.) a la fertilización NPK en el área de influencia de ARINSA. Facultad de Agronomía, UY.
- 1980. A. Espínola Lima. Respuesta del cultivo de **papa** a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, Facultad de Agronomía, UY



# Recomendaciones para el cultivo de + cebolla



K intercamb. meq/100 g	Textura Liviana	Textura Pesada
	Kg K <sub>2</sub> O/Há	
< 0,10	140 - 160	-
0,10 - 0,15	120 - 140	-
0,15 - 0,20	80 - 100	100 - 120
0,20 - 0,25	40 - 60	80 - 100
0,25 - 0,30	0 - 0	40 - 60
> 0,30	0 - 0	0 - 0

**Moltini, Zamalvide, Genta (1997)**

# Investigación de K en Uruguay

## NIVELES PARA POTASIO (en miliequivalentes)

Bajo	Medio	Alto
Menos de 0,15	0,15 a 0,30	Más de 0,30

### Niveles de potasio.

Se dan estos niveles simplemente como puntos de referencia, ya que no se ha encontrado mayor respuesta a este nutriente en los ensayos realizados.

Cuando se indica nivel alto significa que no debe agregarse potasio. Para el nivel medio sería aconsejable agregar, como dosis de seguridad, en cultivos exigentes. Para el nivel bajo, debe agregarse siempre una dosis adecuada de dicho elemento. La generalidad de nuestros suelos no presentan deficiencias de potasio.

Oudri N.; J. L. Castro; R. Doti y A. Sedondi de Carbonell. 1976. Guía para fertilización de cultivos. Ministerio de Agricultura y Pesca, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". Dirección de Suelos y Fertilizantes.

José Bordoli – Apoio ao uso balanceado de K na agricultura brasileira

# Investigación nacional en K



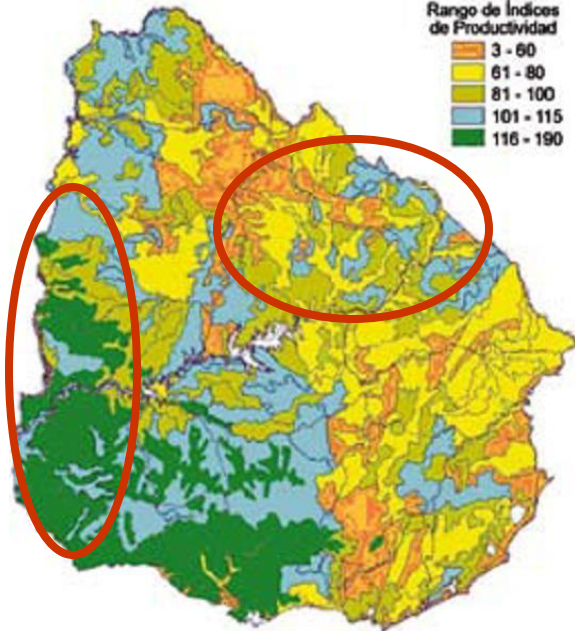
-Laboreo convencional

-Otras variedades

-Pocos estudios o años de evaluación: Escasa o nula respuesta

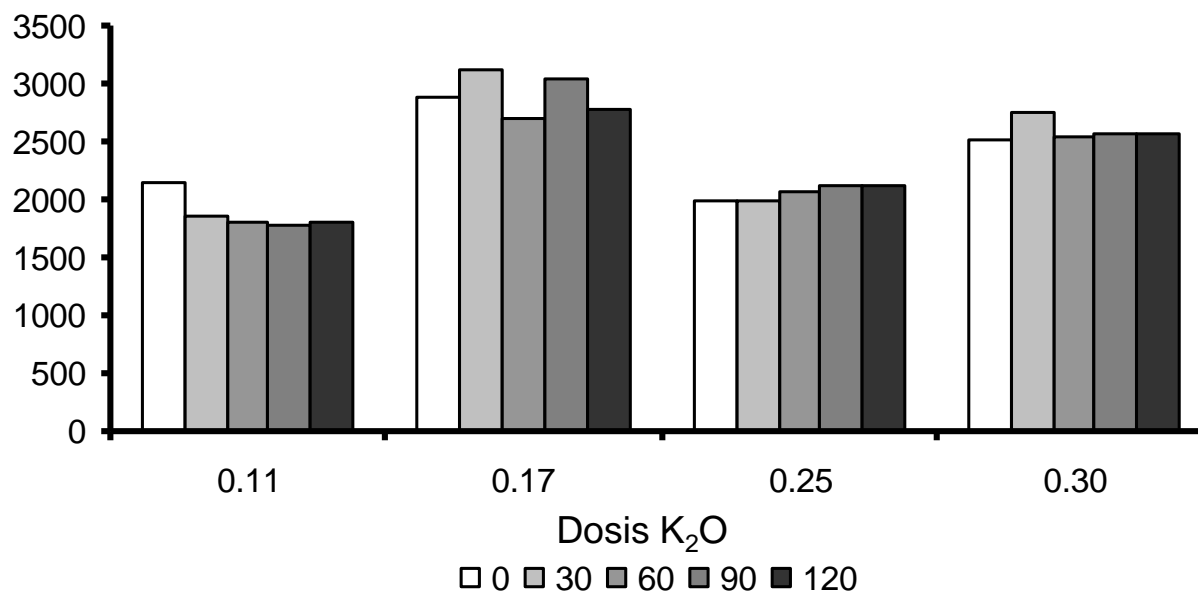
Rango de Índices de Productividad

3 - 60
61 - 80
81 - 100
101 - 115
116 - 190



- Moir, T. R. G. y E. E. Reynaert. 1962. Ensayos de fertilización de cultivos. Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. Ministerio de Ganadería y Agricultura.
- E.Zamus, L. Castro, H. Laca y A. Ingver. 1965. Sesenta (60) experimentos en zona triguera.
- Docampo, R., M. Ferres, D. Zooby. 1981. Efecto del encalado, fertilización fosfatada y potásica en la producción de soja en suelos arenosos de Tacuarembó. Tesis Ing. Agrónomo. 2 sitios.
- Marella, G., A. Crosa, J. Bordaberry. 1981. Respuesta de la soja a la fertilización fosfatada y potásica. Tesis Ing. Agrónomo. 5 sitios.
- Colombo, M., J.R. Collares. 1982. Efecto del encalado y fertilización PK en suelos arenosos ácidos. Tesis Ing. Agrónomo. 1 sitio.
- Pereira, G; M. Teixeira, A.Vercellino. 1983. Efecto residual del encalado y la fertilización fosfatada en suelos arenosos ácidos (cultivo de soja). Tesis Ing. Agrónomo. 1 sitio.

**Marella, Crossa y Bordaberry  
1981**



	K int.	Dosis de K <sub>2</sub> O	
	meq/100g	0	60
<b>Docampo, Ferres y Zooby. 1981</b>	<b>0.30</b>	<b>2129</b>	<b>2093</b>
	<b>0.20</b>	<b>1221</b>	<b>1145</b>
<b>Colombo y Collares. 1982</b>	<b>0.24</b>	<b>3000</b>	<b>3100</b>
<b>Pereira, Texeira y Vercellino. 1983</b>	<b>0.24</b>	<b>3427</b>	<b>3319</b>

# Cómo se han realizado las recomendaciones de K en Uruguay?



---

- **Rangos críticos de K intercambiable:**

- 0.15 - 0.20 meq/100g texturas arenosas.
- 0.20-0.25 texturas más medias.
- 0.30-0.35 texturas pesadas.

(adaptado de Coupe y Rouse, 1973)

- **Resultados nacionales con K:**

- Con laboreo
- Pocos ensayos con escasa respuesta a K en suelos de diferentes texturas y niveles bajos de K (Docampo et al., 1981; Marella et al., 1981; Colombo y Collares, 1982; Pereira et al., 1983).
- Referencia de otros países: ej. Iowa, EEUU (90-130 ppm: 0.23-0.33 meq/100g)



# Cómo se han realizado las recomendaciones de K en Uruguay?



- En general, los suelos agrícolas de Uruguay poseen buen suministro de K (zona agrícola tradicional).
- Problemática:
  - **Cultivos intensivos**: hortícolas y frutícolas.
  - **Cultivos extensivos**:
    - Vigilar los niveles de K en el suelo en los sistemas muy extractivos (heno-silo).
    - Vigilar los nuevos suelos agrícolas con niveles medios-bajos de K en el suelo y en sistemas de SD.



# Cambios ocurridos en la agricultura



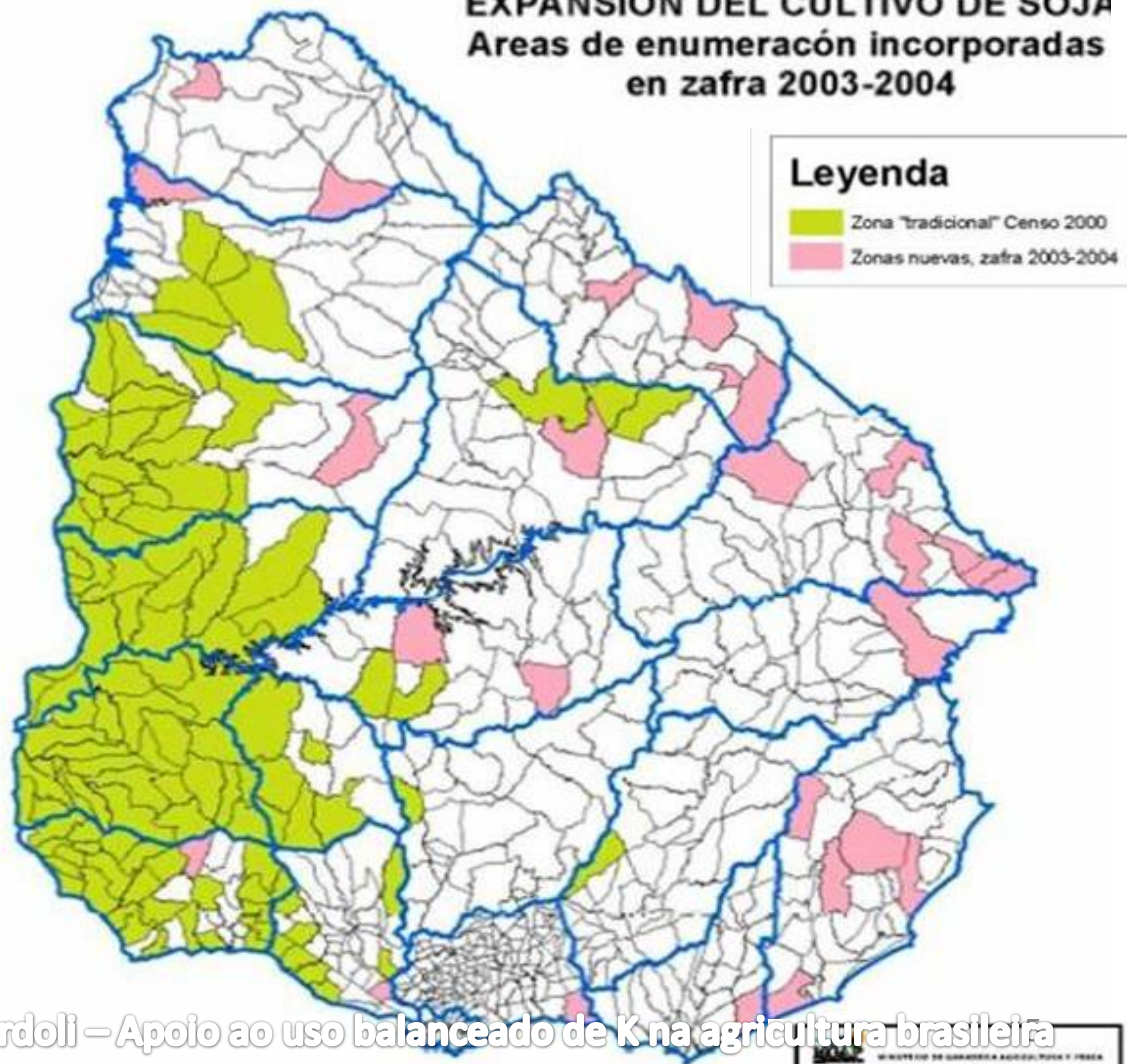
Laboreo reducido

Variedades/híbridos

Agricultura en suelos marginales.

Intensificación: 1.5

EXPANSION DEL CULTIVO DE SOJA  
Áreas de enumeración incorporadas  
en zafra 2003-2004





# Síntomas cada vez más frecuentemente observados en el campo





# Deficiências de K em soja e milho

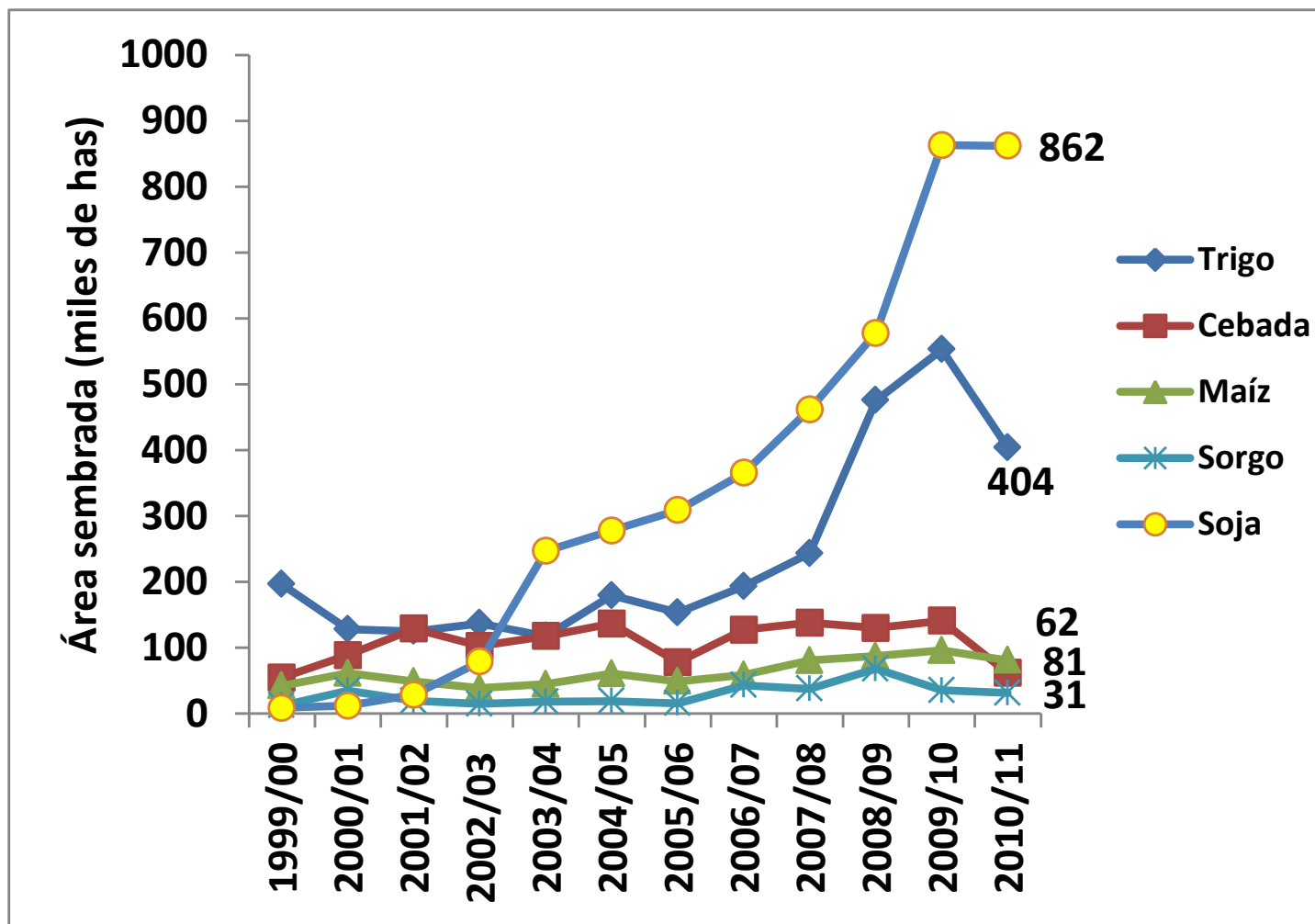




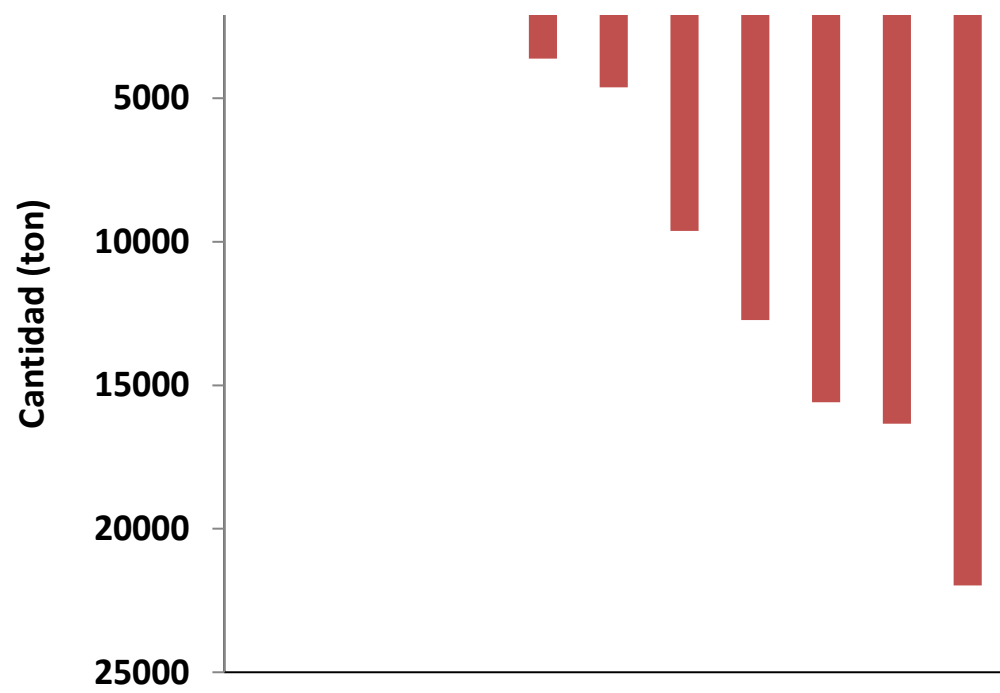
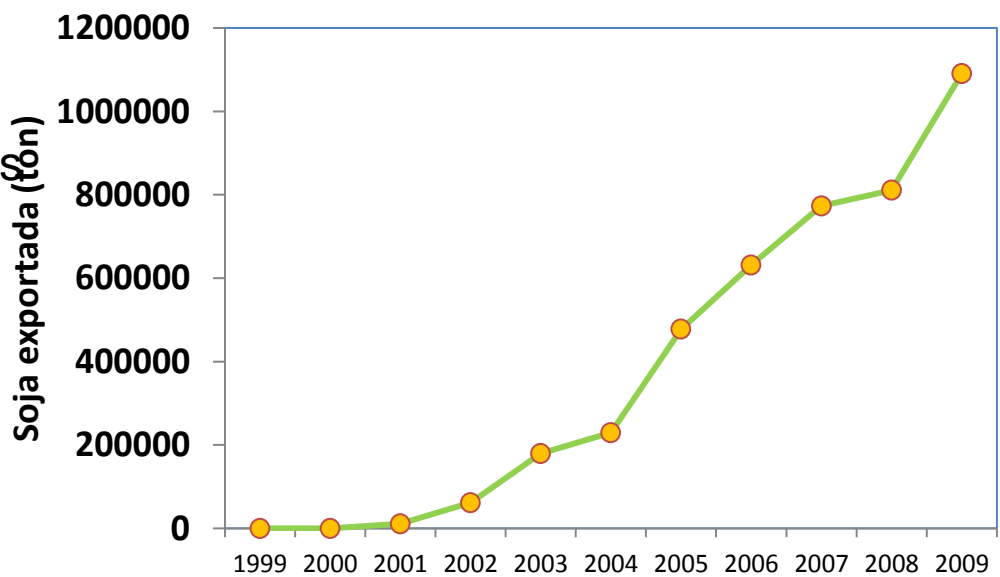


Plantas con síntomas: 0.5% de K  
José Bordoli – Apoio ao uso balanceado de K na agricultura brasileira  
Plantas sin síntomas: 1.0% de K

# Expansión de soja en Uruguay



toneladas de soja exportados por Uruguay



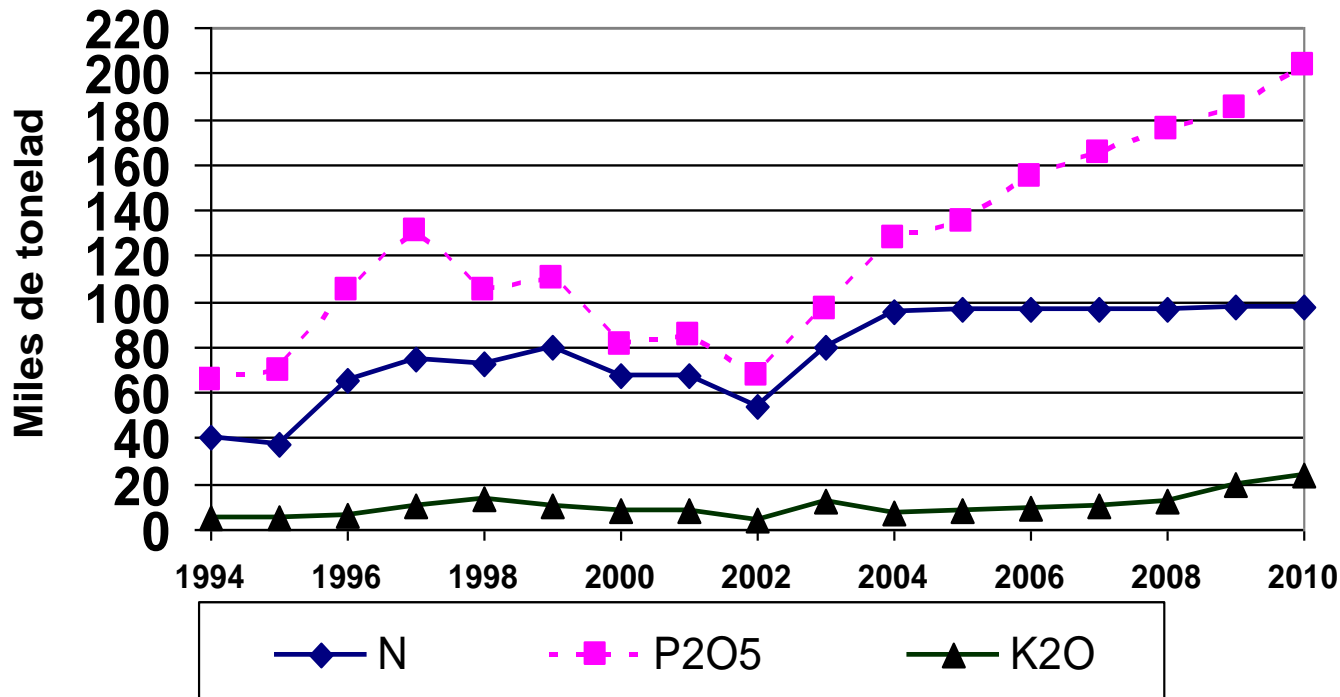
Toneladas de  $K_2O$   
“exportados” por soja  
en Uruguay  
(17 kg/ ton soja)



# Volúmenes importados de materias primas ( NPK ) de fertilizantes



Importación de nutrientes  
(miles de toneladas)



Año K<sub>2</sub>O t

Importación

2000 = 8 mil

2010 = 24 mil

Exportación

2010 = 56 mil

Soja = 37 mil

Otros = 12 mil

Caña = 1.5 mil

Papa-citrus= 5.5

**Bordoli 2013 s/p** . (Elaborado por el autor a partir de Anuario Estadístico Agropecuario 2010 (MGAP-DIEA, MGAP-OPYPA) y de Depto. de Fertilizantes (DGRNR-MGAP, 2012).

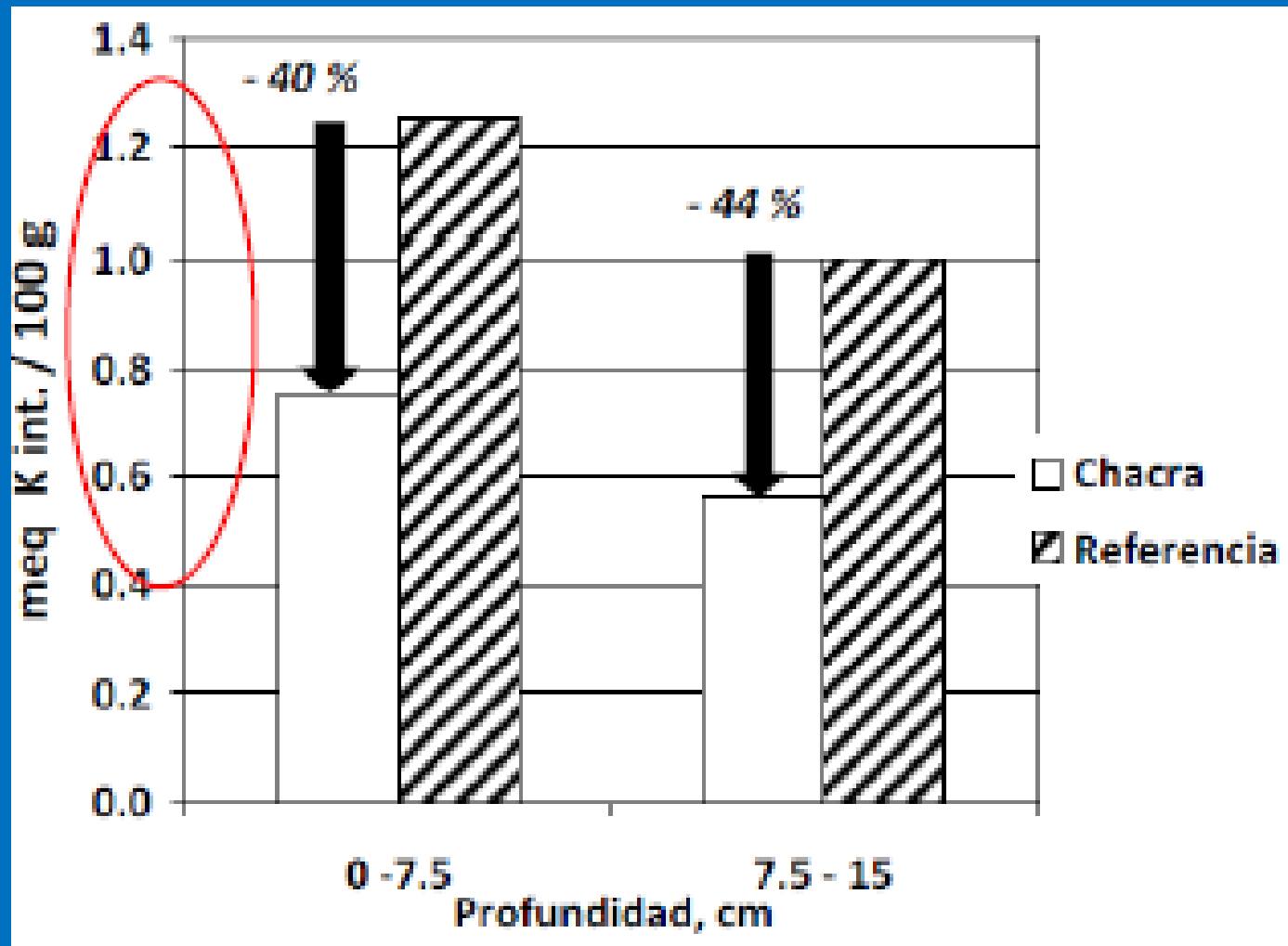
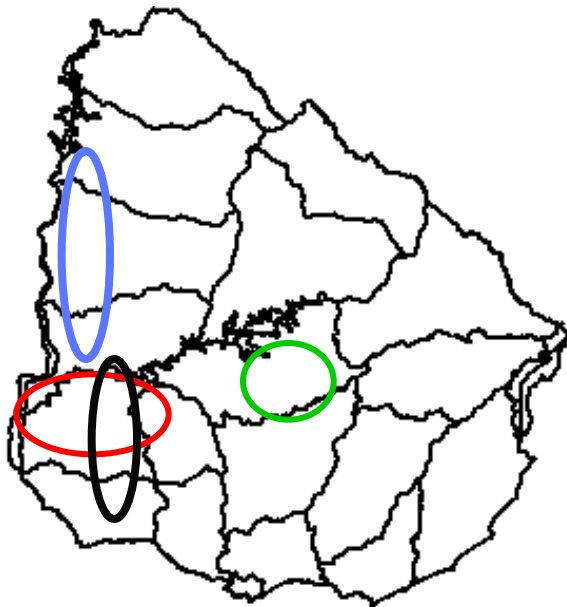


Fig. 5. Valores medios de K intercambiable de 48 chacras destinadas a cultivos del Dpto de Soriano y respectivos suelos de referentica según profundidad. (Marón y Quincke, 2010).

# Resumen de la información de ensayos de K entre 2004-2010.



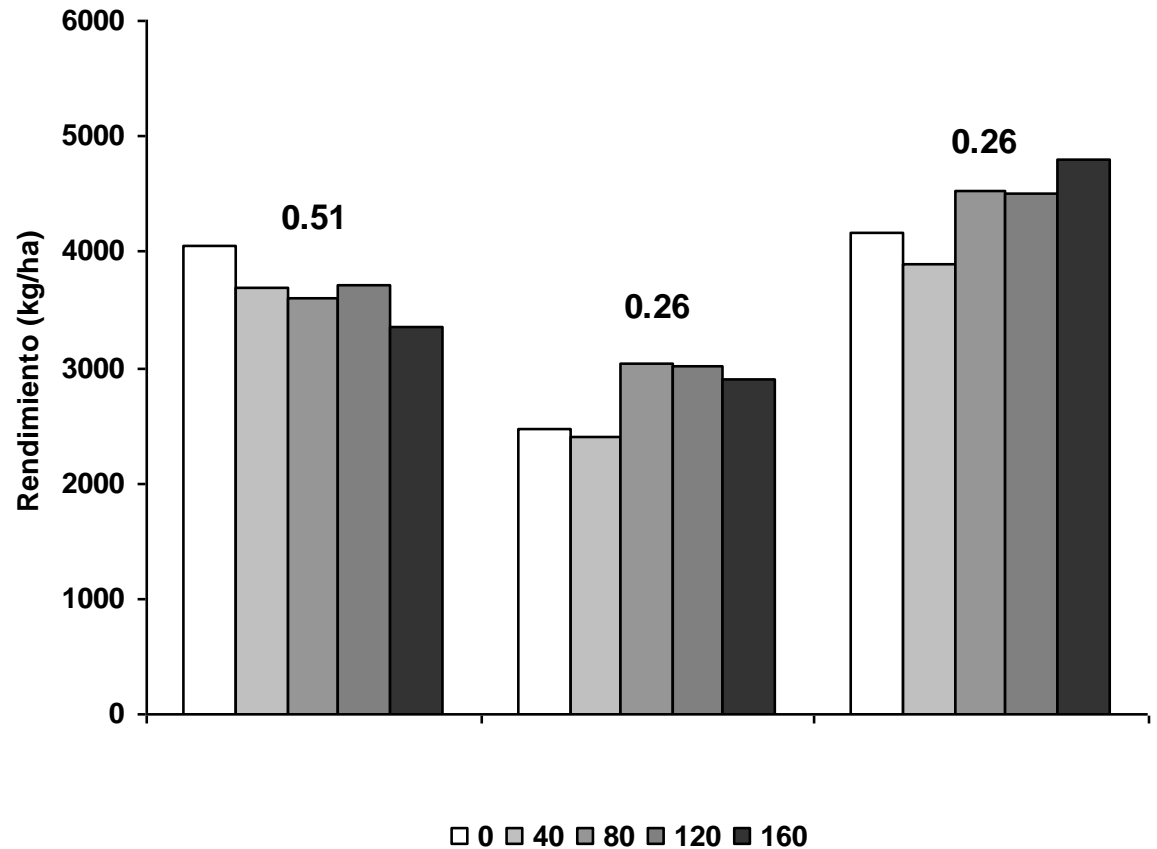
- **P.Almada. 2006. (Dir. J.M.Bordoli): 3 sitios de maíz.(2004-2005) Durazno.**
- **J.D.Cano, F.García, O.Ernst, 2007 y 2008: 11 sitios de maíz, trigo, cebada. Salto, Paysandú y Río Negro.**
- **C.Bautes, M.Barbazán, L.Beux, 2007- 2010: 25 sitios de cebada, trigo, maíz, girasol, sorgo, soja. Soriano y Flores.**
- **A.García, A.Quincke, S. Pereira, M. Díaz. 2009: 9 sitios de trigo y cebada. Colonia, Soriano y Río Negro.**





2004. **Bordoli** y Almada 3  
ensayos de maíz en  
Durazno.

Dosis: 0-40-80-120-180  
kg/ha de  $K_2O$



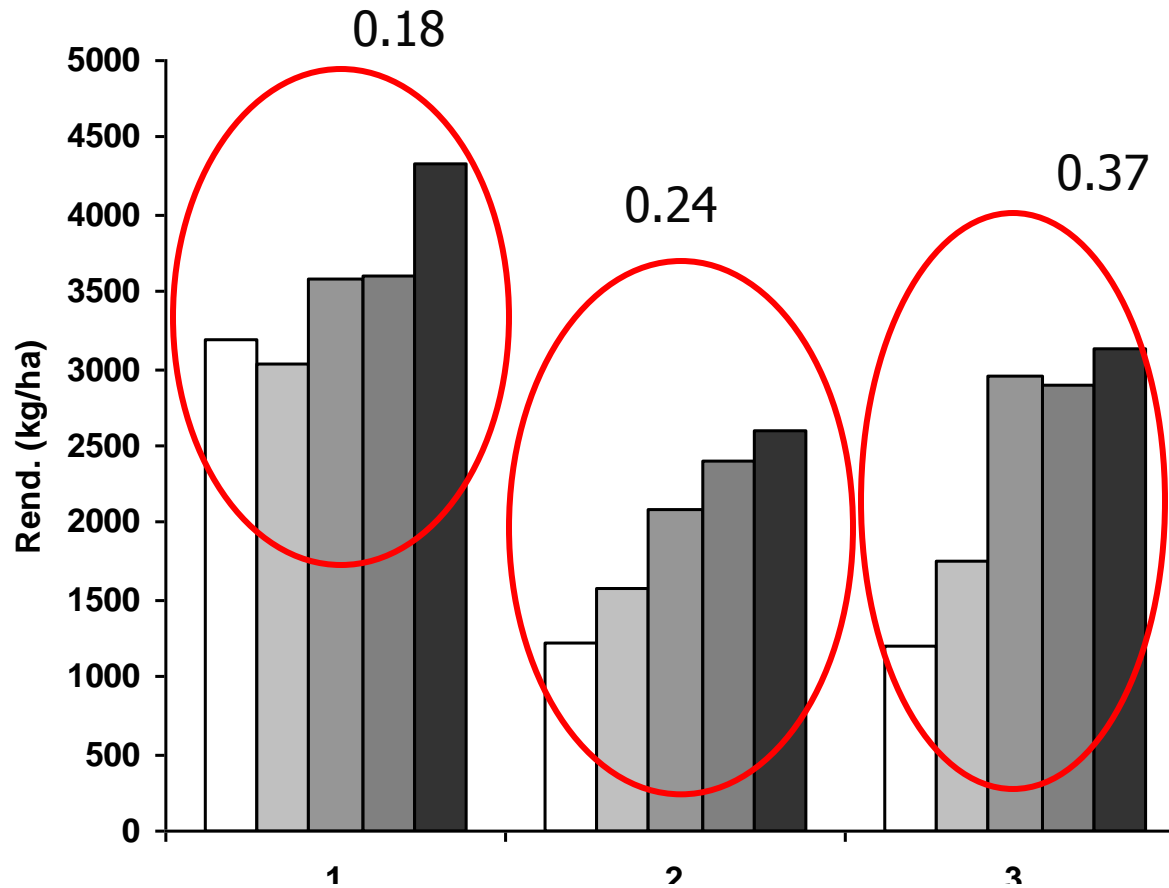
Almada, P. 2006. Fertilización P y K de maíz en tres suelos de Durazno. Facultad de Agronomía, UY.

José Bordoli – Apoio ao uso balanceado de K na agricultura brasileira



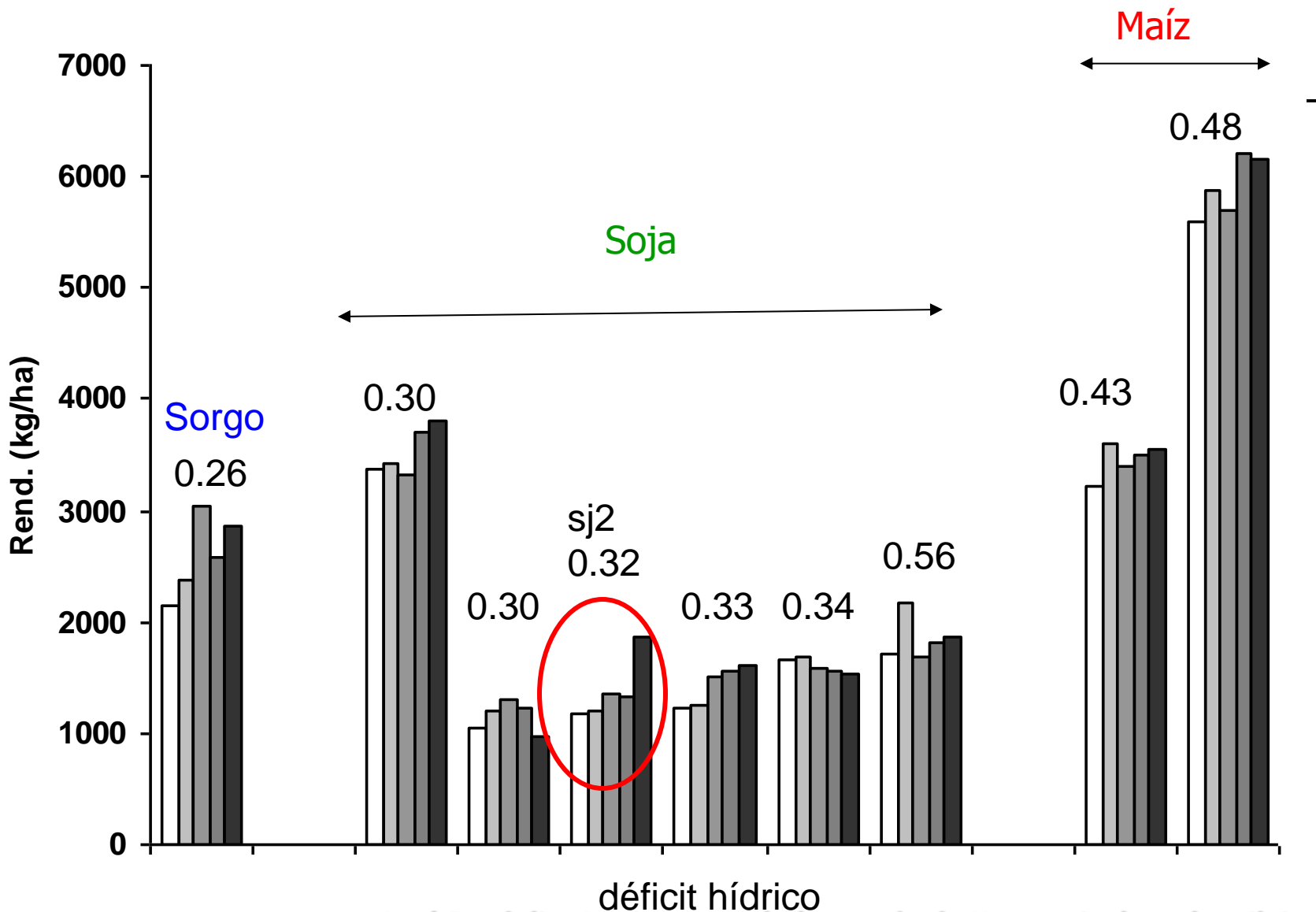
## Invierno 2007

Cebada



Déficit hídrico al inicio

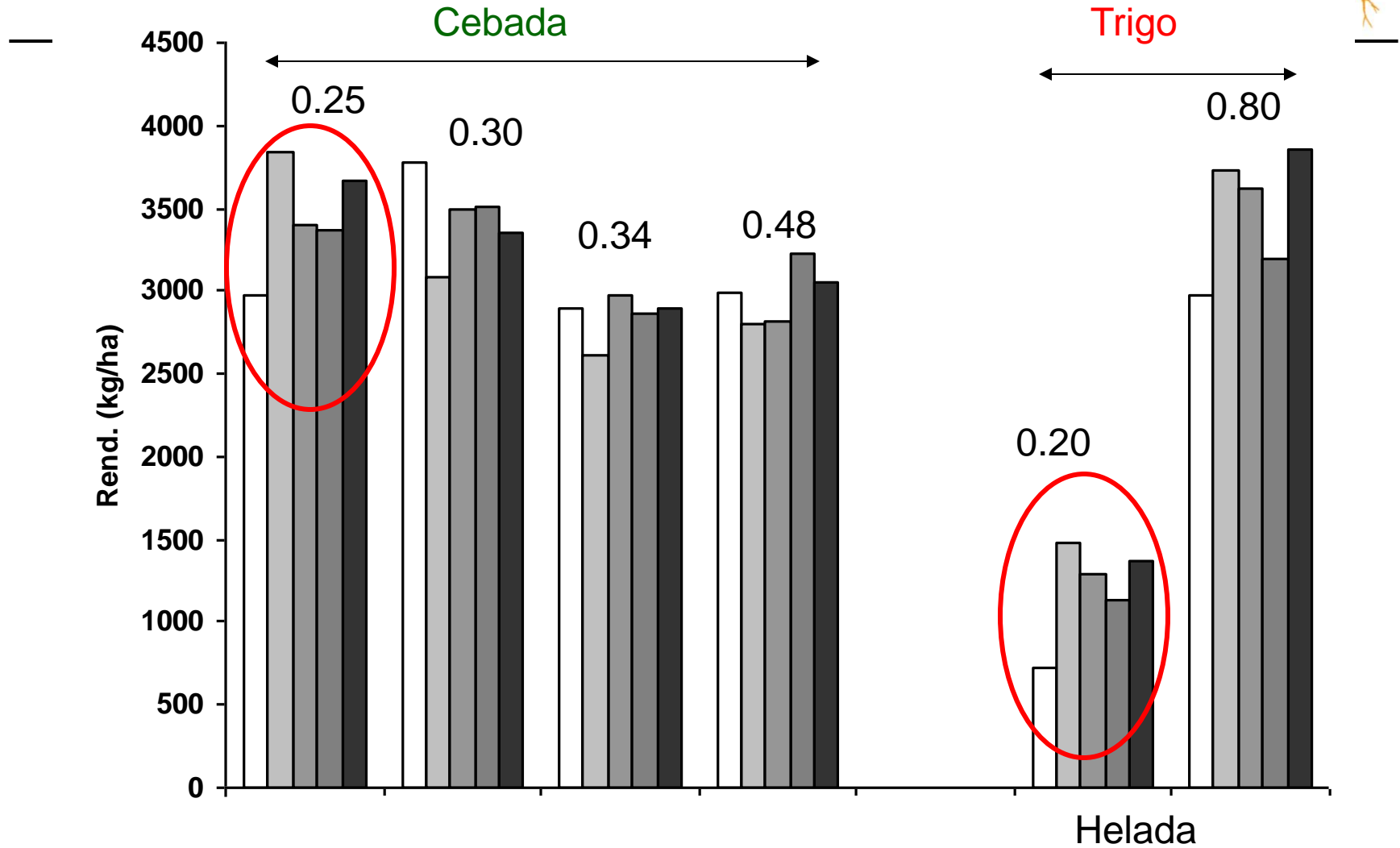
# Verano 2007-08





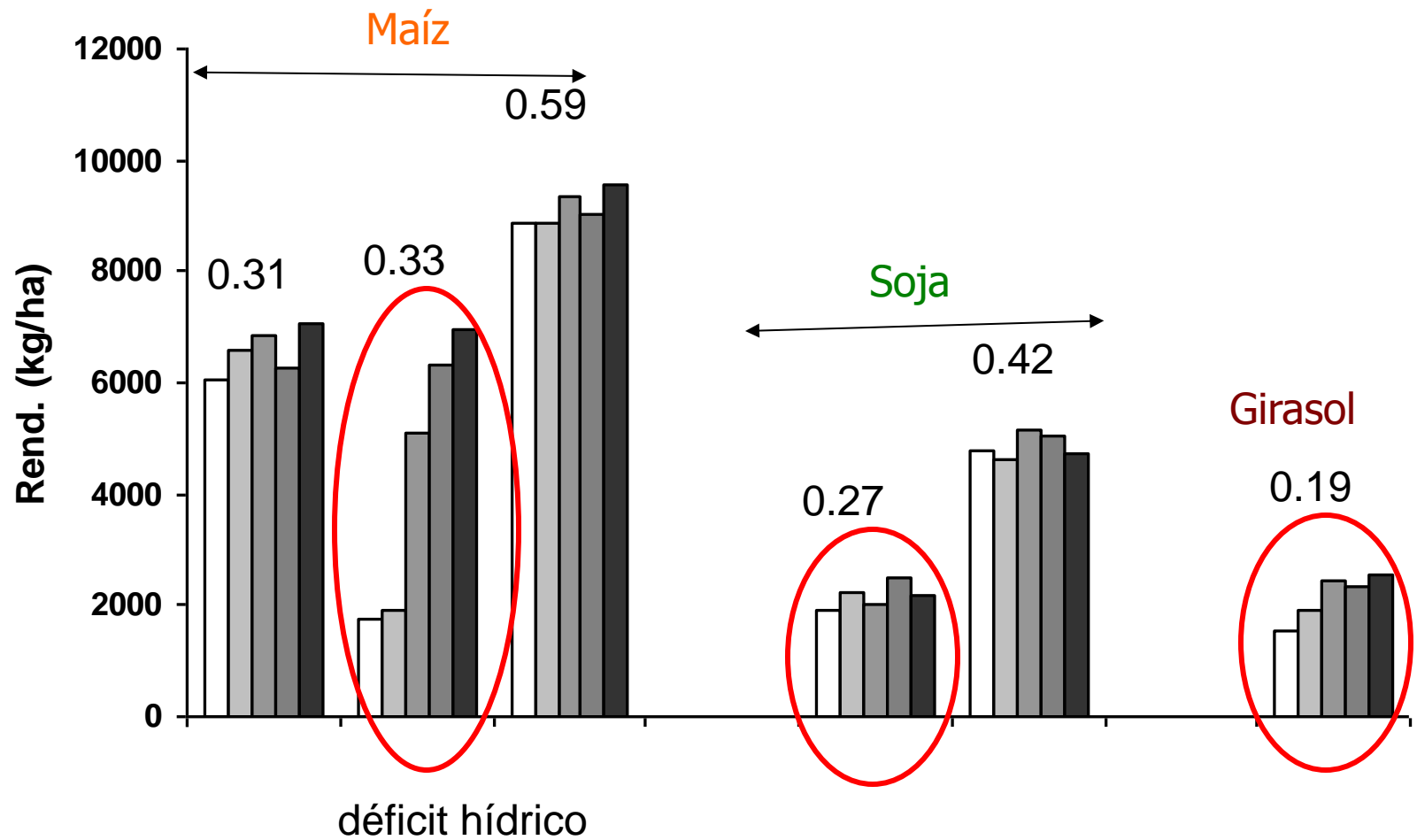


Inverno 2008

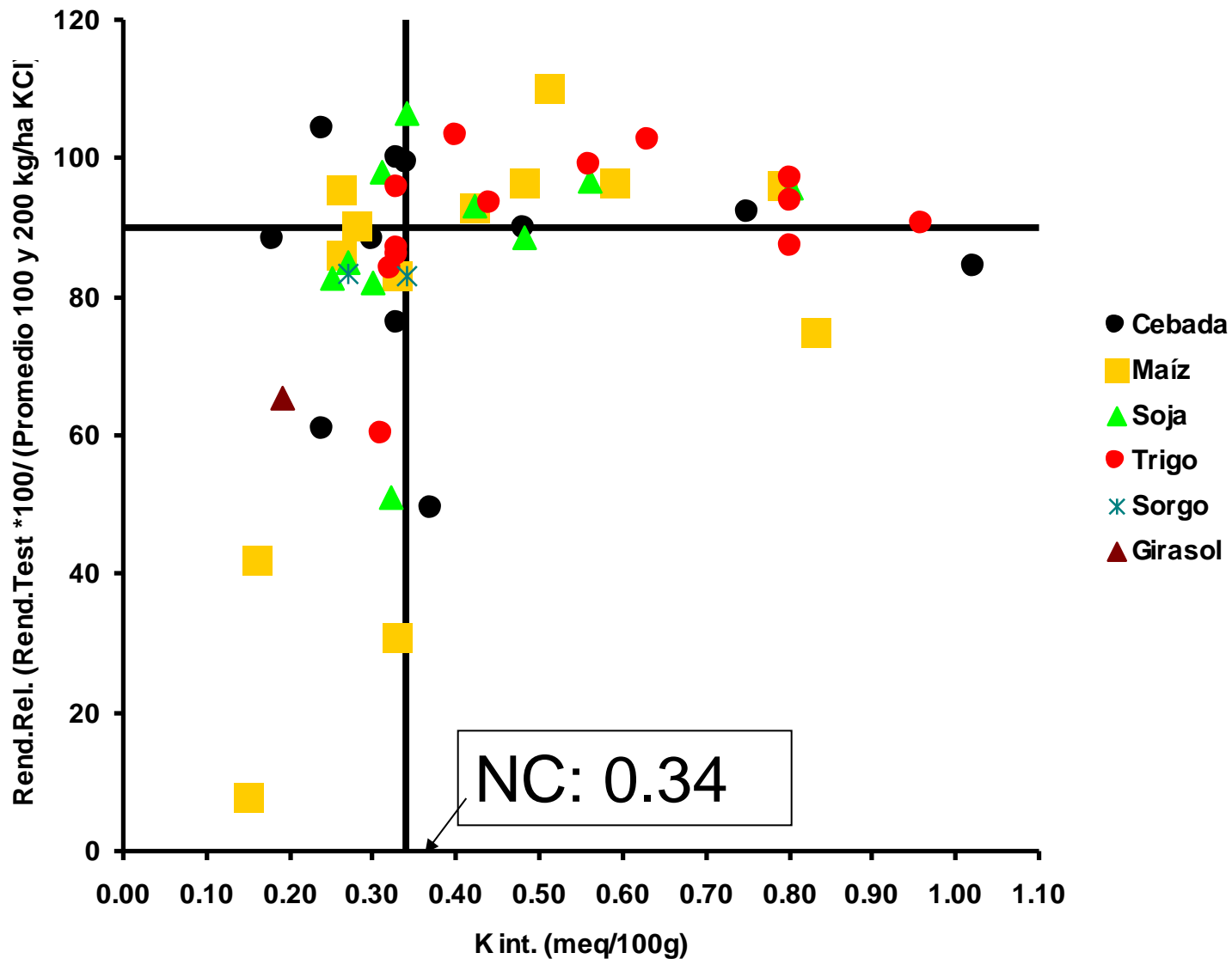




## Verano 2008-09



# ¿Cuál es el valor crítico?



Barbazán, M.M., Bautes, C., Beux, L., Bordoli, Cano, J., J., Ernst, O., García, A., García, F., Quincke, A. 2011. Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos. Agrociencia Uruguay Vol. 15-2: 93-99.

José Bordoli – Apoio ao uso balanceado de K na agricultura brasileira

# Relevamiento nutricional(2009-2012)+

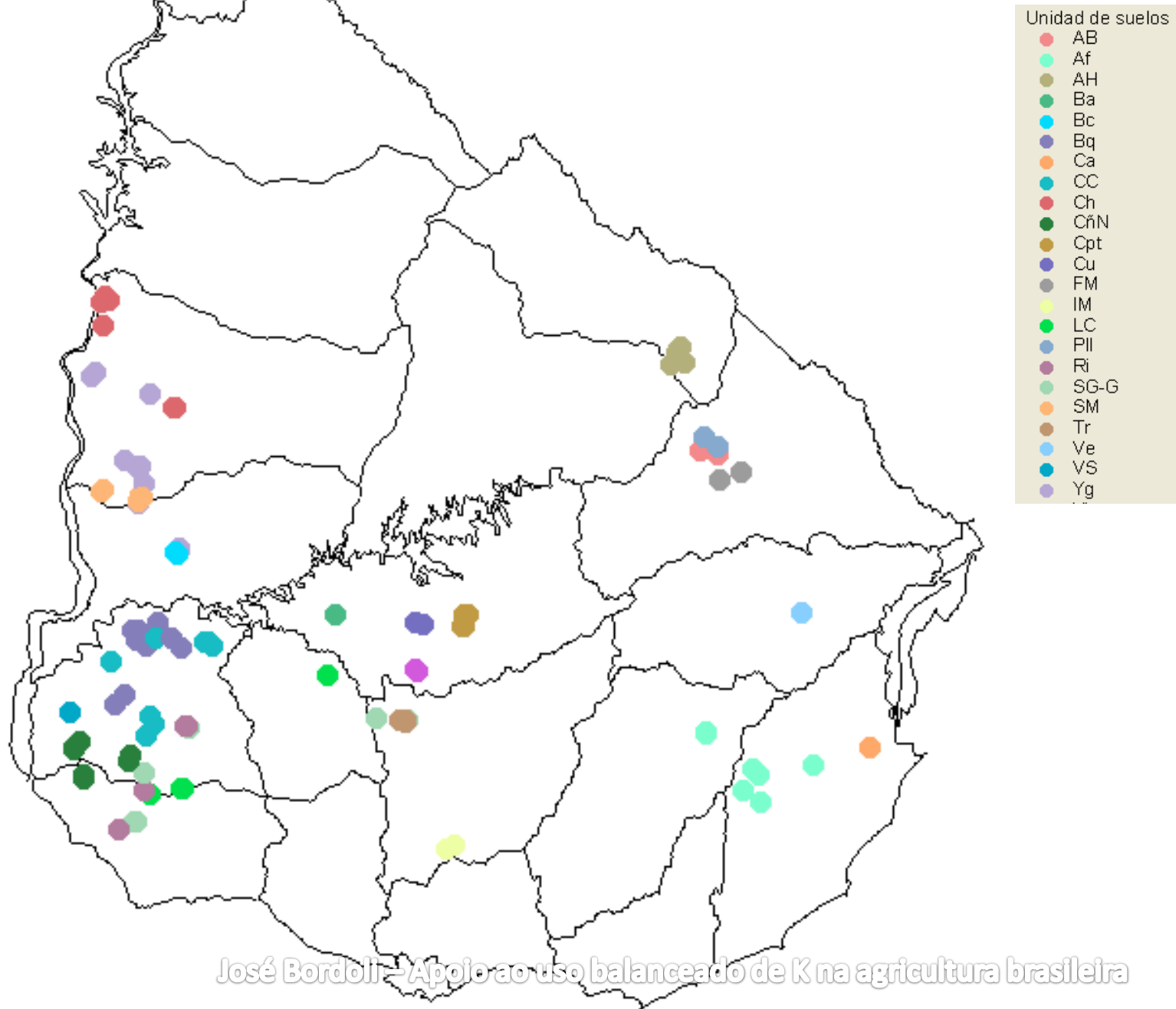
## Análisis de planta y suelos



-Detección de áreas y/o tipos de suelos con problemas nutricionales para el cultivo de soja en Uruguay.



# Relevamento 2009-2012



# Resumen de los análisis de suelos del relevamiento de 214 chacras (2009-12)

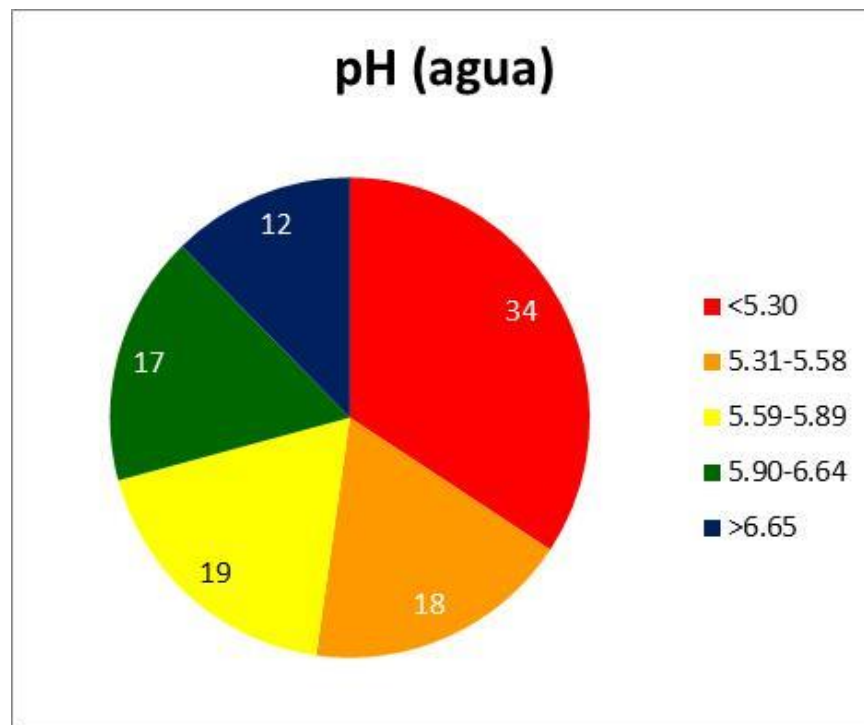
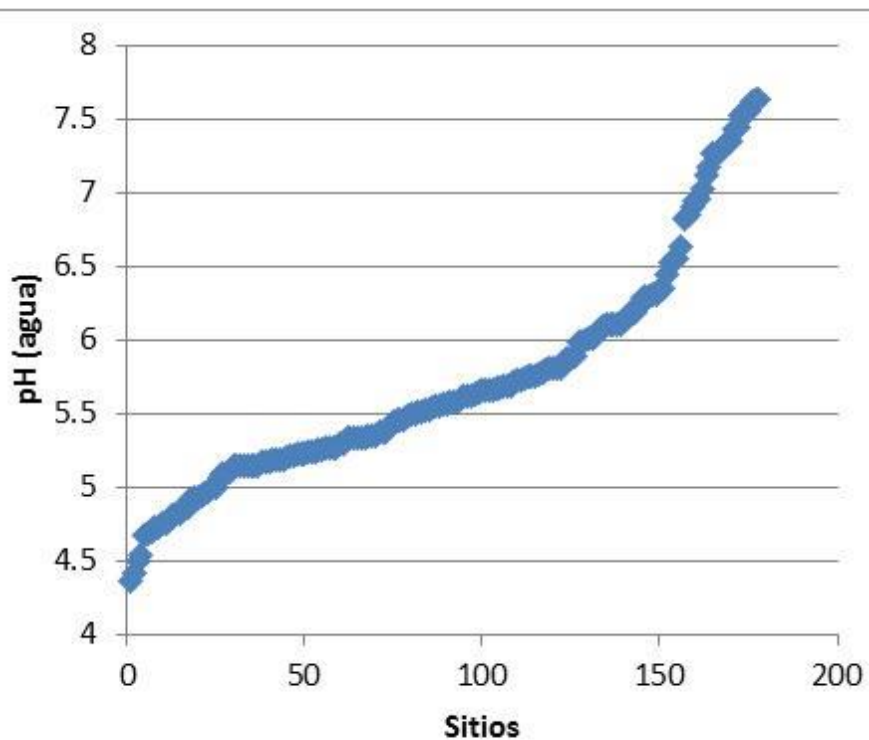


	MO	pH (H <sub>2</sub> O)	Ac. Int.	Ca	Mg	K	Na	P
	%		----- meq/100g -----					ppm
<b><u>Profundidad 0-15 cm</u></b>								
Promedio	3.8	5.6	0.28	15.94	2.31	0.56	0.47	14
Mínimo	1.1	4.4	0.00	2.31	0.56	0.08	0.26	2
Máximo	6.2	7.6	1.16	46.40	9.80	2.50	1.35	84
DE	1.3	0.8	0.22	10.5	1.25	0.37	0.17	9
<b><u>Profundidad 15-30 cm</u></b>								
Promedio	2.9	5.15	0.38	19.5	2.63	0.51	0.57	5.5
Mínimo	0.8	3.81	0.00	1.87	0.42	0.09	0.27	1
Máximo	1.5	9.96	0.86	48.0	9.88	1.47	1.95	29

Ac. Int. para suelos de pH < 5.3

# Relevamientos 2009-12

n= 214

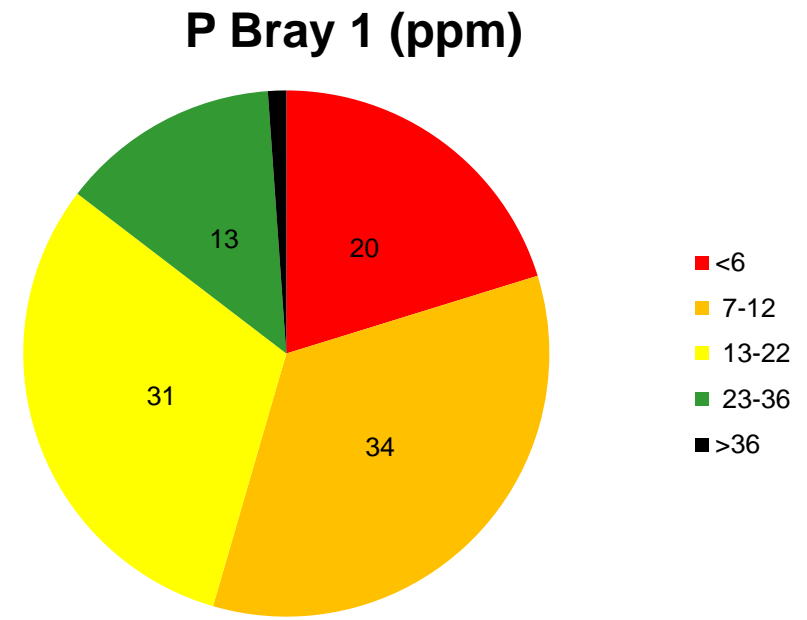
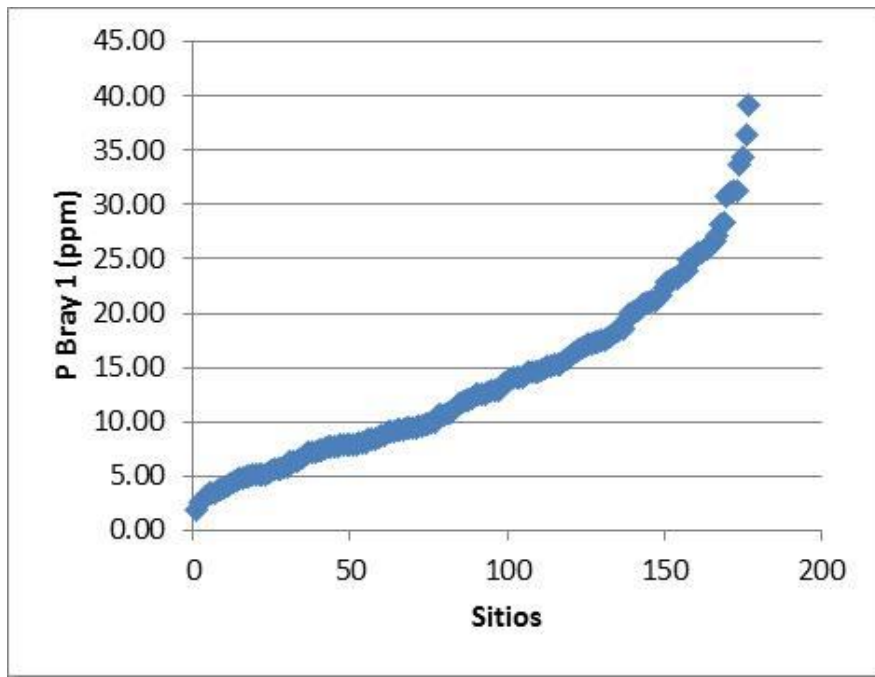


**34% de las chacras con valores de pH< 5.30 (prof. 0-15 cm)**



# Relevamientos 2009-12

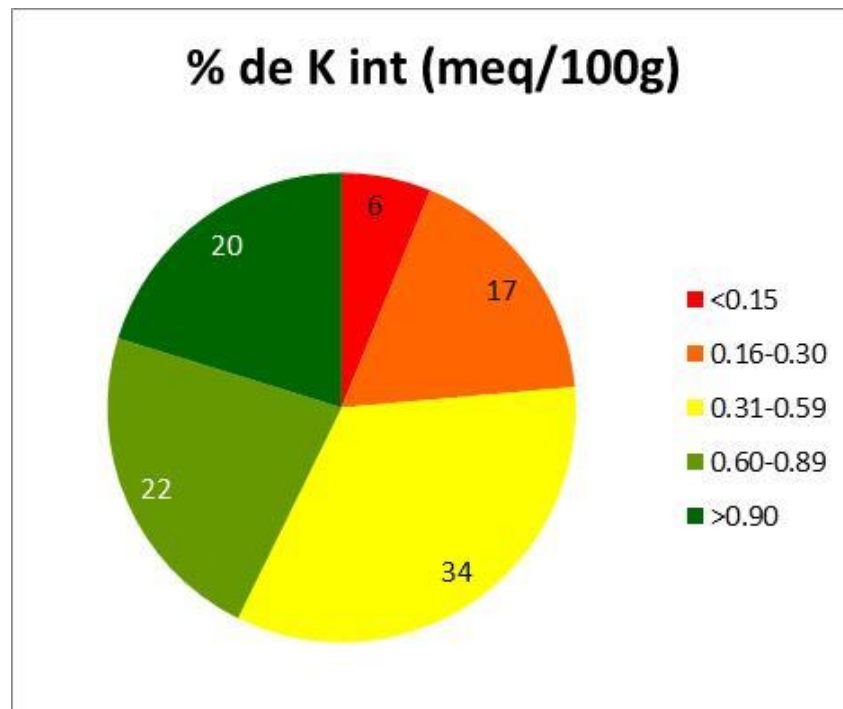
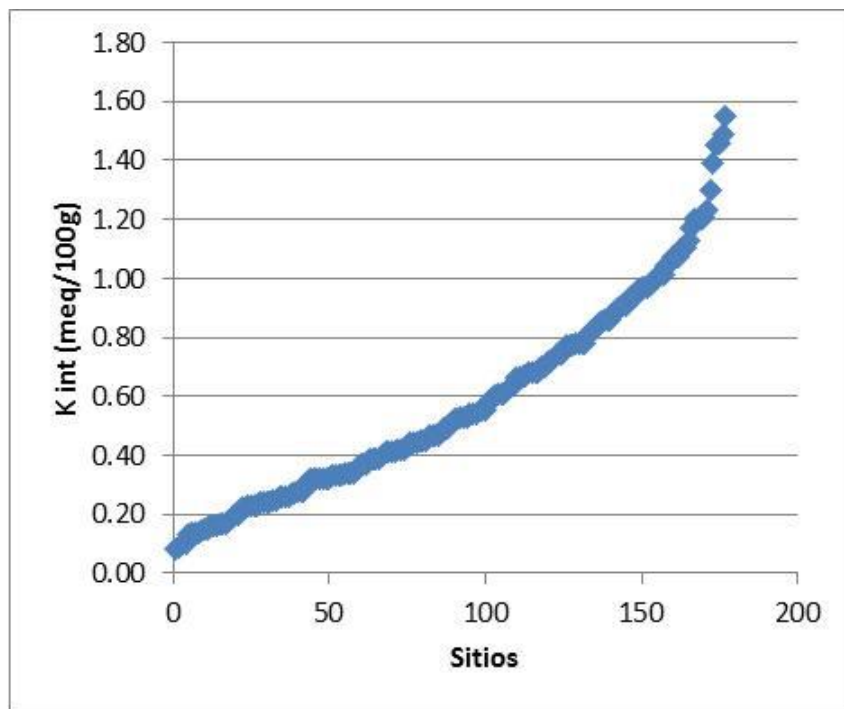
## n= 214



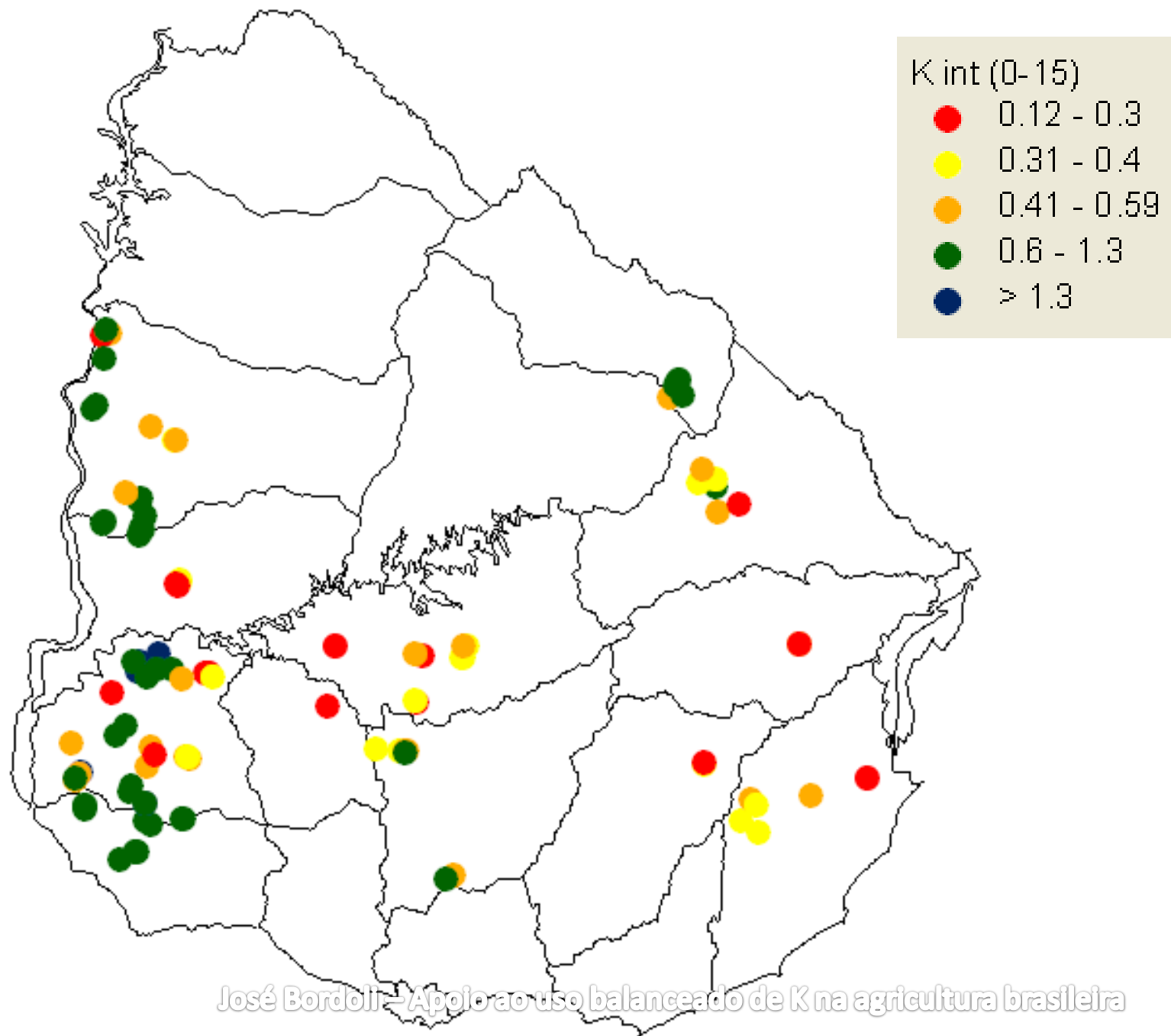
**54% de las chacras con valores de P (Bray N°1) < 12 ppm (prof. 0-15 cm)**

# Relevamientos 2009-12

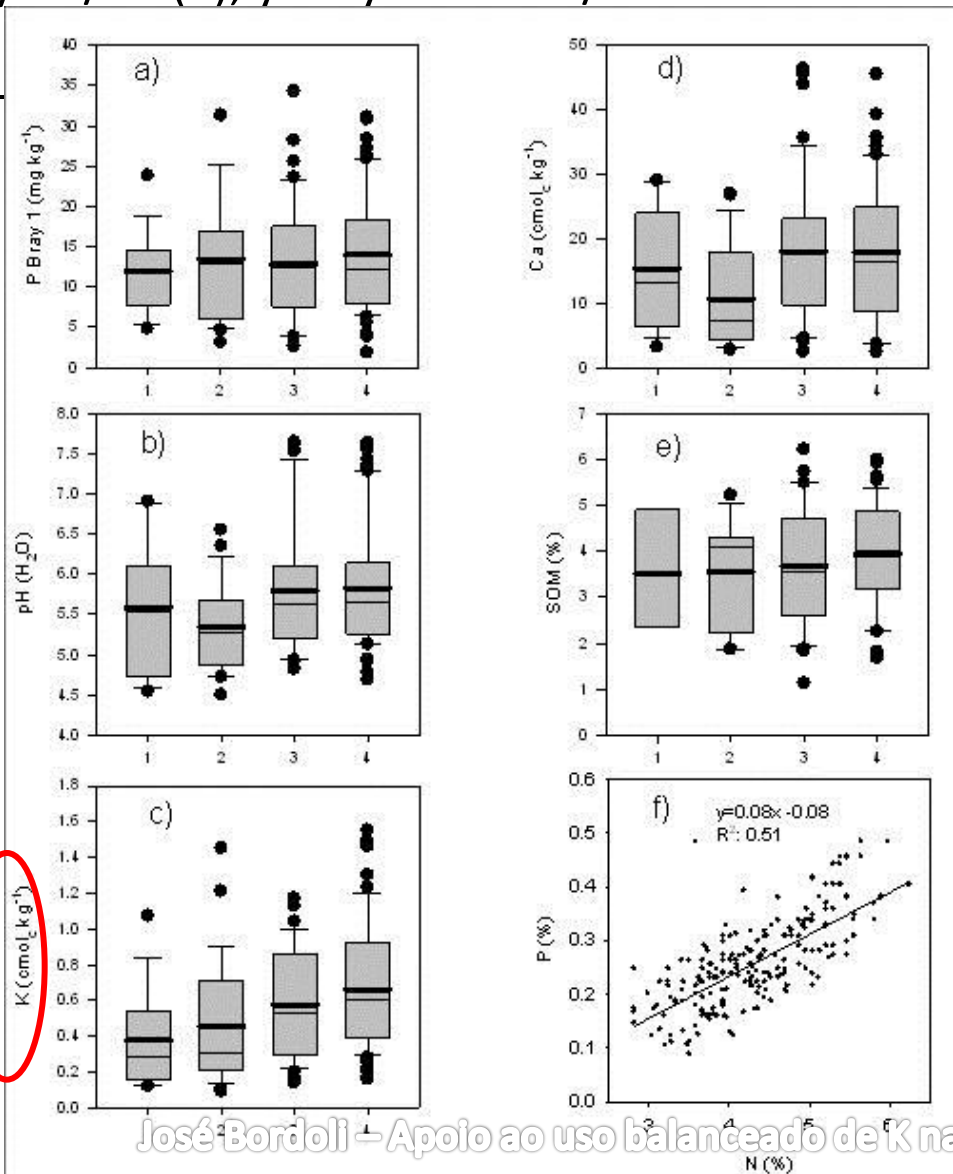
n= 214




**23% chacras con valores K int < 0.30 meq/100g (prof. 0-15 cm)**



Media (línea gruesa), mediana (línea fina) y percentiles (10, 25, 75 y 90 de datos de suelo) para rendimientos de soja menores a 1 t/ha (1), entre 1 y 2 t/ha (2), entre 2 y 3 t/ha (3), y mayores a 3 t/ha. Relación entre P y N en hoja



# Valores promedios, mínimos y máximos de nutrientes + en hojas de soja y rendimiento en grano de las zafras de 2009/10, 2010/11 y 2011/12.



	N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Rend.
	----- % -----						----- ppm -----				kg/ha
<b>Total de muestras</b>											
<b>Promedio</b>	4.31	0.26	1.93	0.31	1.17	0.38	9	84	68	31	2868
<b>Mínimo</b>	2.82	0.09	0.21	0.19	0.67	0.19	2	43	22	8	511
<b>Máximo</b>	6.23	0.48	3.30	1.76	2.05	1.12	18	435	455	62	6333

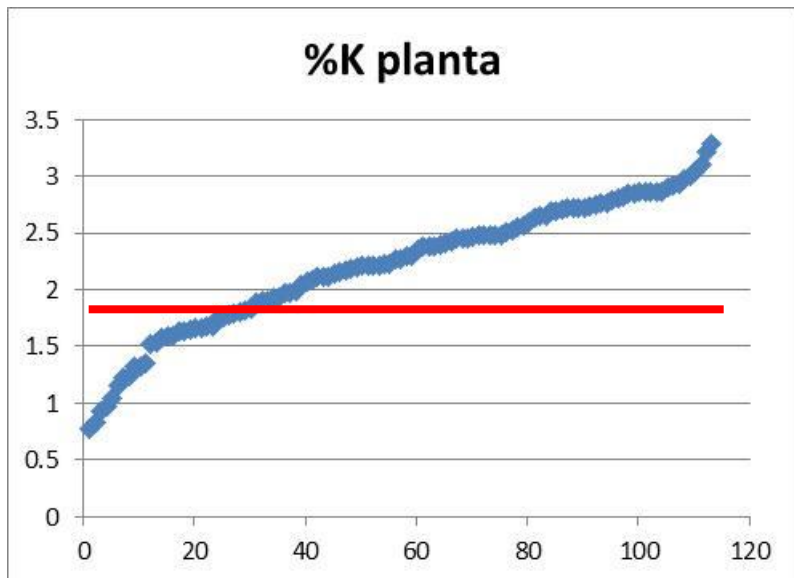
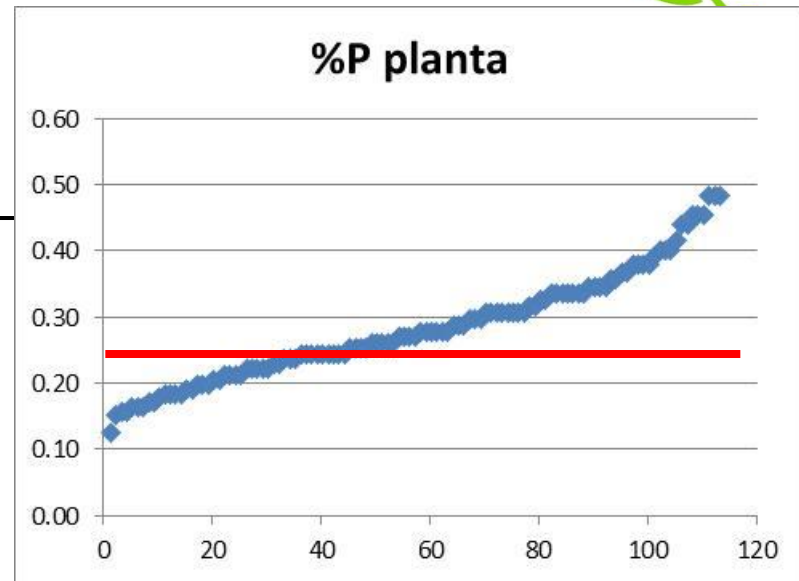
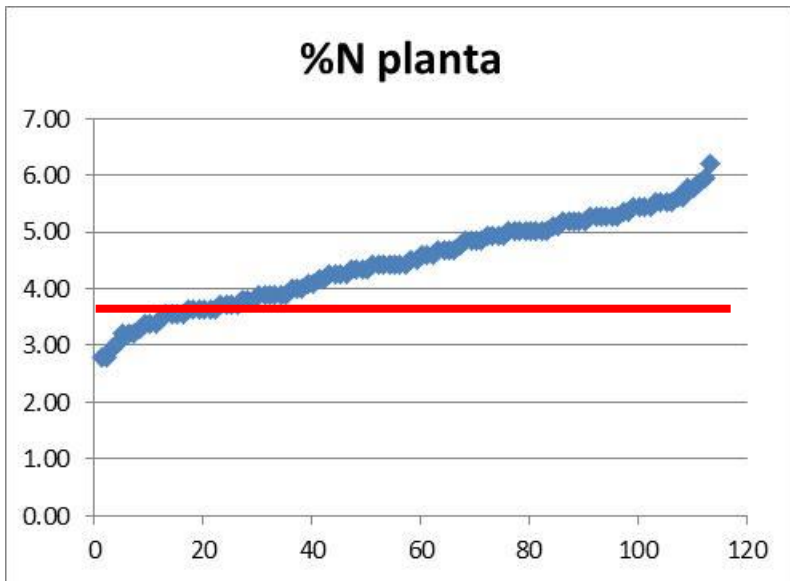
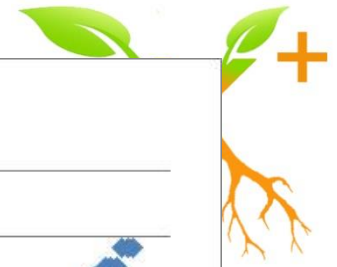
# Efecto año en los análisis de plantas del relevamiento de chacras (2009-10 y 2010-11).



## Análisis foliares (n=119) 2009-10

## Análisis foliares (n=59) 2010-11

	N	P	K	S	N	P	K	S
		%						
<b>Media</b>	3.76	0.29	2.23	0.251	4.07	0.22	1.66	0.372
<b>DE</b>	0.65	0.08	0.56	0.033	0.64	0.07	0.58	0.052
<b>mínimo</b>	2.36	0.13	0.79	0.169	2.82	0.09	0.53	0.235
<b>máximo</b>	5.21	0.48	3.30	0.317	5.55	0.40	2.92	0.508



Ref.

N: 3.5 ( 4.3%)

P: 0.24 (0.30%)

K: 1.76 (2.10%)

**-13% chacras < 3.5%N**

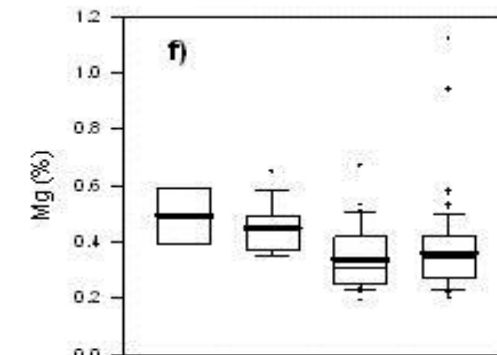
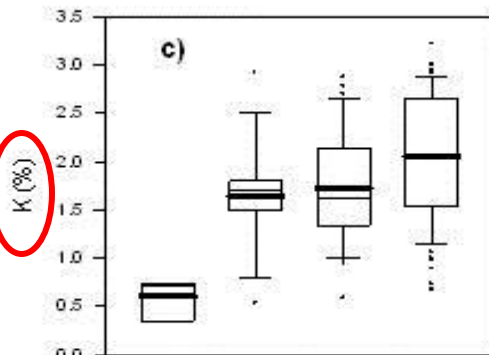
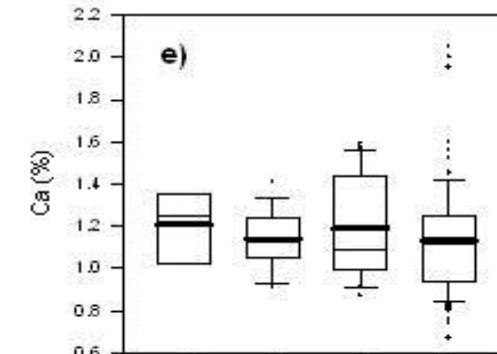
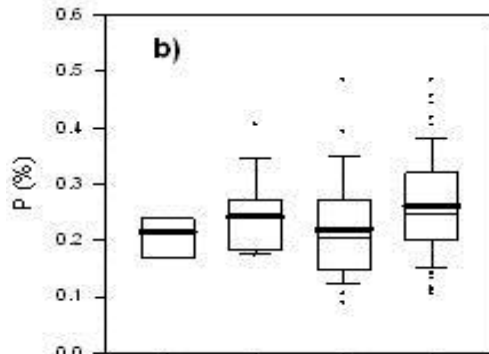
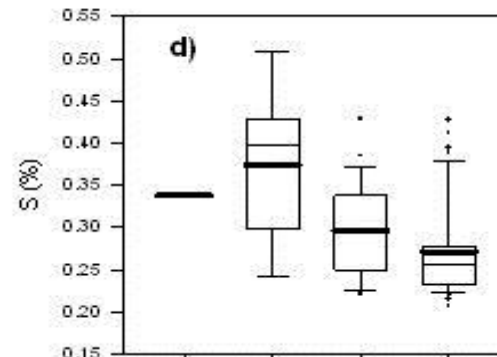
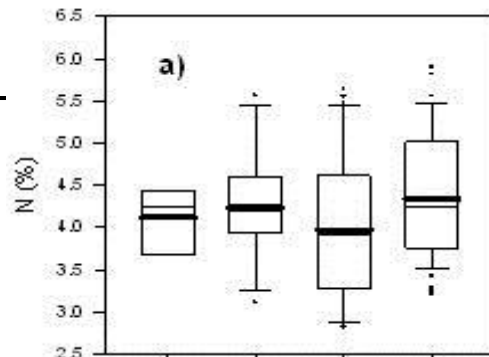
**-42% chacras < 0.24%P**

**-39% chacras < 1.76%K**



# Concentración de nutrientes en hoja y pecíolo al estado de crecimiento R1-

## R2 en función del rendimiento del cultivo de soja de primera

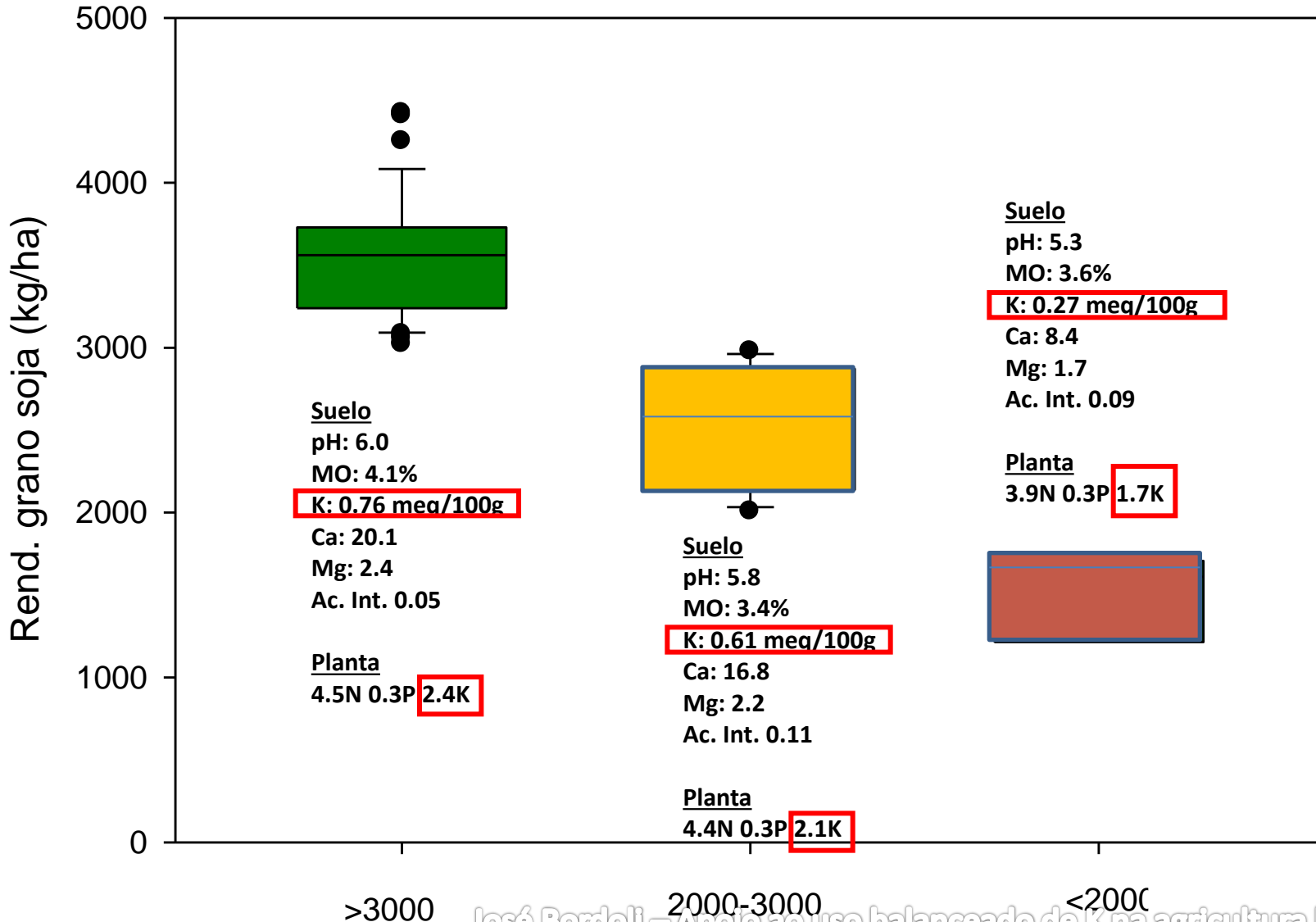


Rendimiento (ton/ha)

Rendimiento (ton/ha)

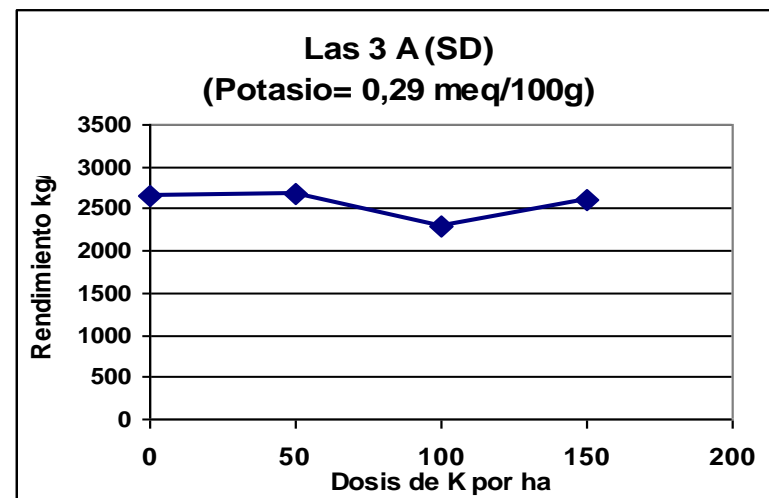
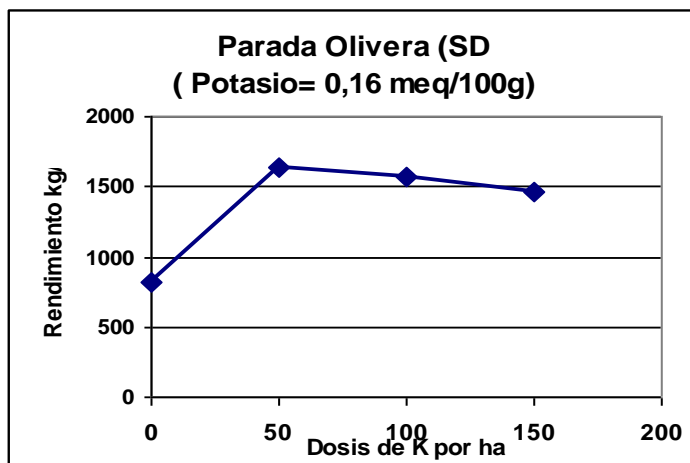
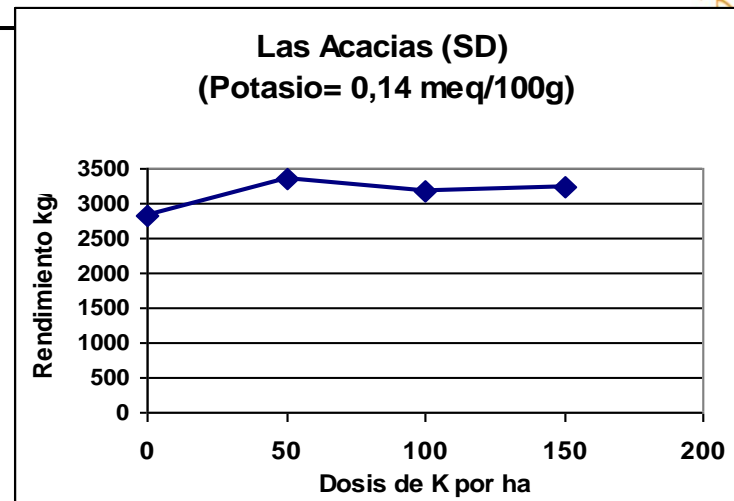
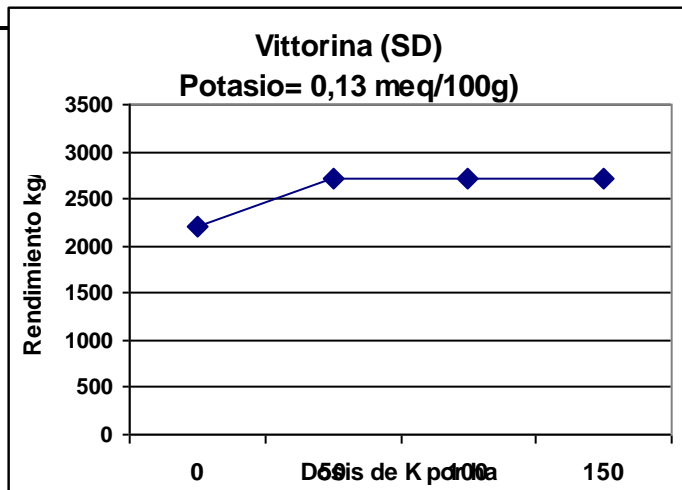
# Relevamiento de soja a floración:

zafras 2009/10; 2010/11 (FPTA: Bordoli, Barbazán, Rocha)

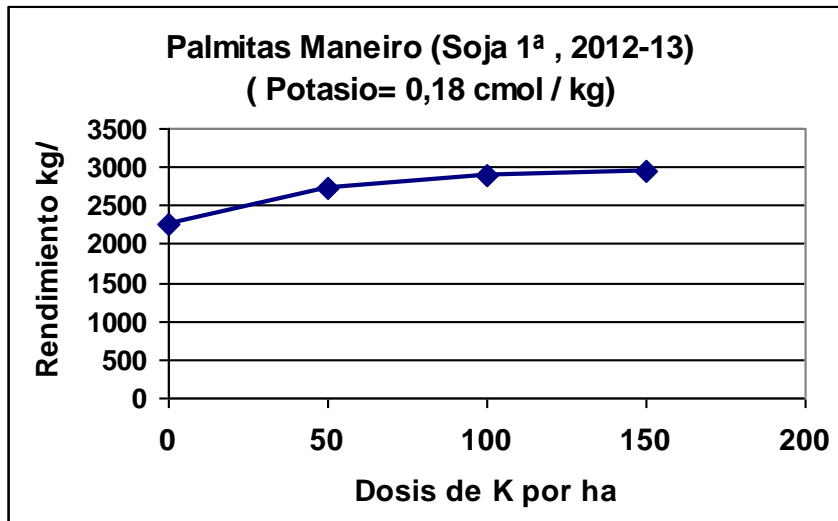




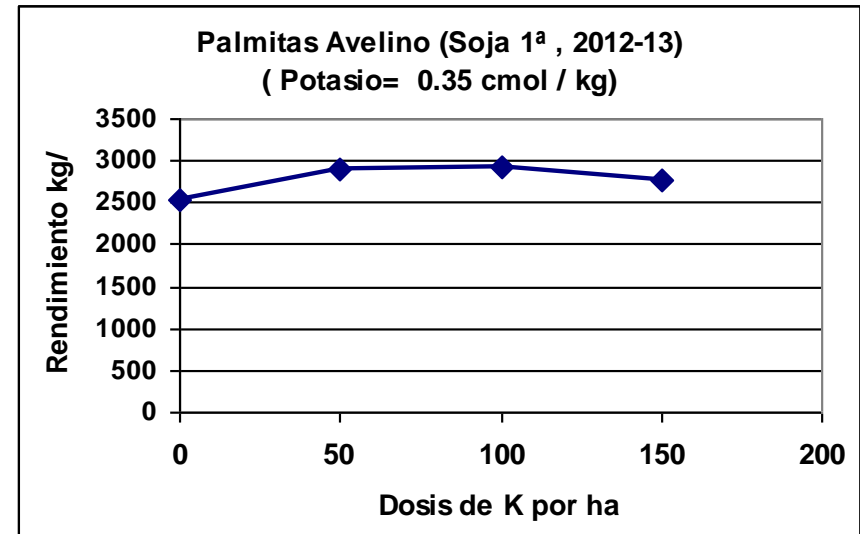
# Ensayos de dosis de potasio con apoyo de IPI + a partir de 2010-2011 : Soja de 1ª. (P y S no limitante)



# Soja 1ª (2012-13) (Cuchilla Corralito)



Dosis K	Kg/ha
0	2248
50	2721
100	2880
150	2949

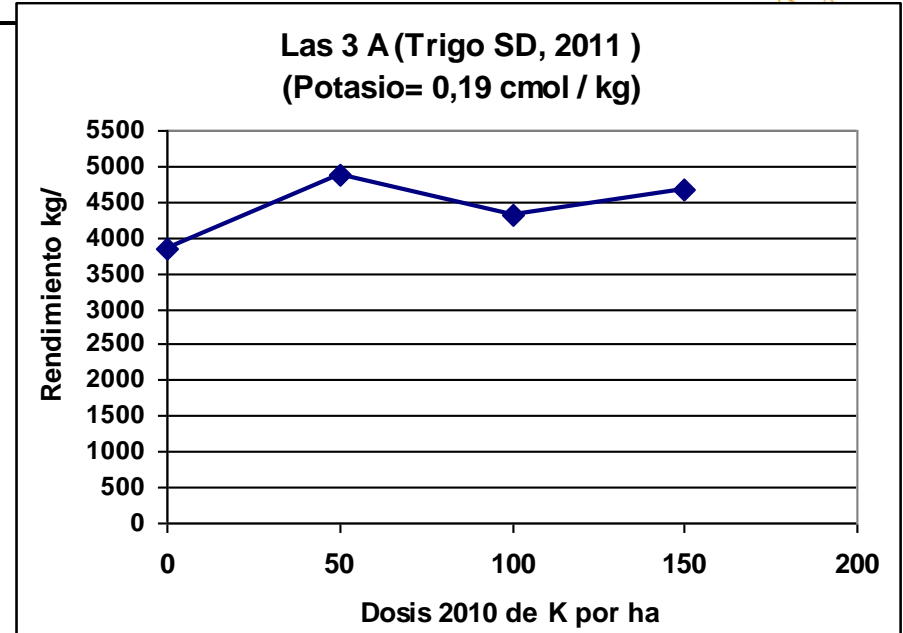
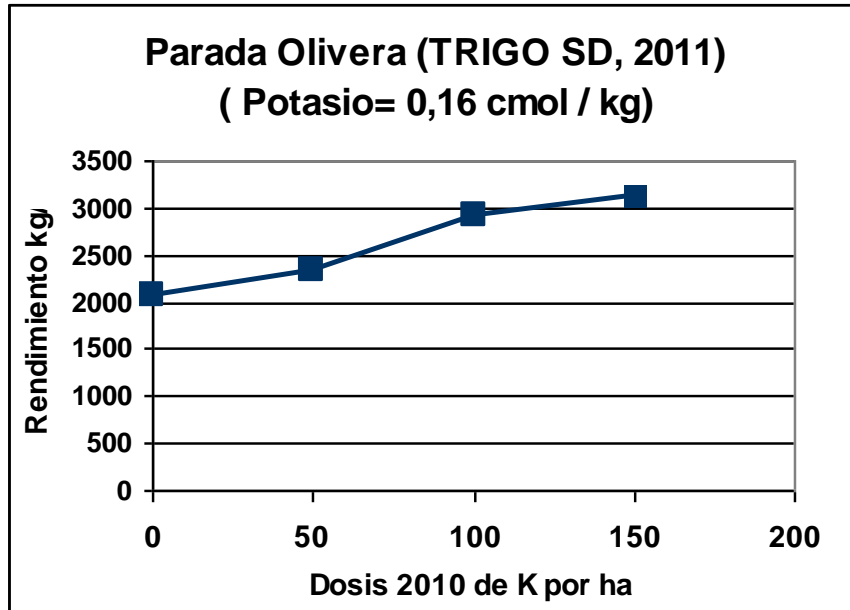


Dosis K	Kg/ha
0	2540
50	2889
100	2920
150	2758

# Ensayos de dosis de potasio con apoyo de IPI +



## Trigo. (P y S no limitante)



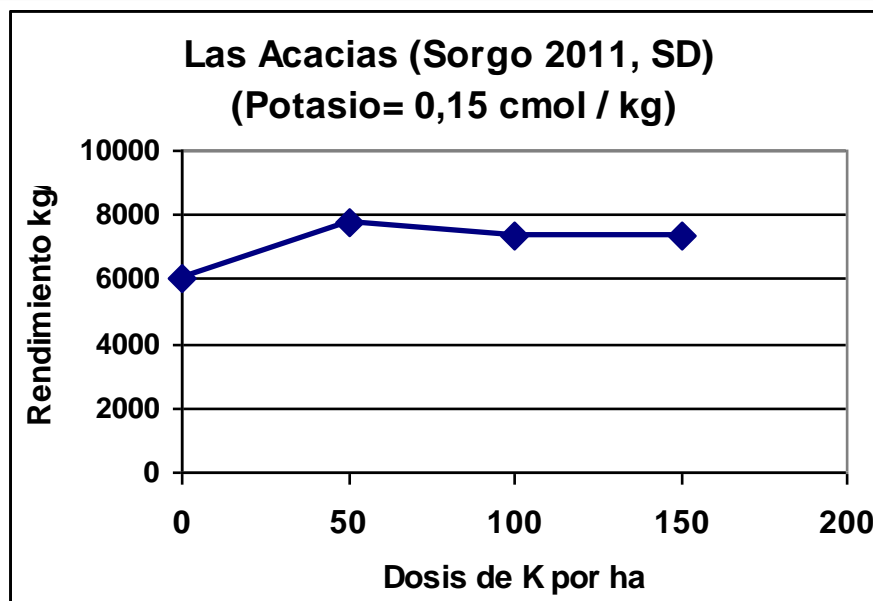
TRIGO	PARADA OLIVERA	TRIGO
Dosis K 2010	K int (0-15 cm Prof)	Kg grano/ha
0	0.16	2070
50	0.18	2344
100	0.24	2924
150	0.28	3117

TRIGO	Las 3A	TRIGO
Dosis K 2010	K int (0-15 cm Prof)	Kg grano/ha
0	0.19	3836
50	0.24	4892
100	0.32	4306
150	0.35	4686



# Las Acacias **Sorgo** 2011-2012

(90 kg 10-50-50-0)



LAS ACACIAS

SORGO

Dosis K 2010    K int (0-15 cm Prof)

Rendimiento Kg/ha

0	0.15	6061
50	0.16	7729
100	0.17	7352
150	0.20	7391

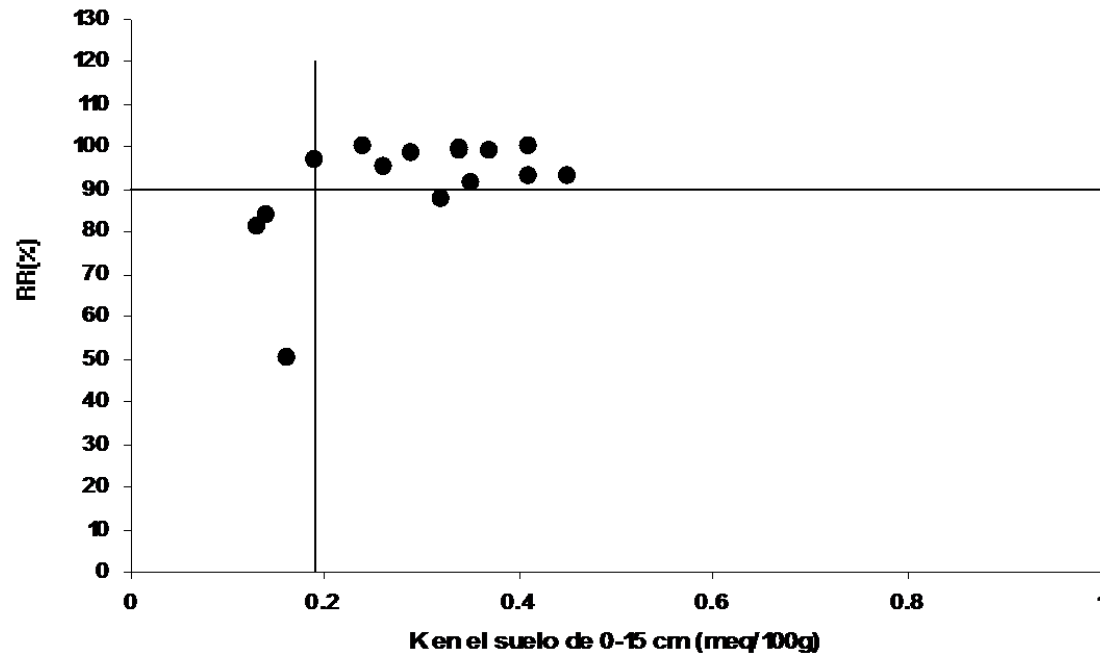
K no limitante (fresco)

8399

# Soja: Nivel crítico tentativo para contenido de K intercambiable en el suelo (0-15 cm de profundidad)



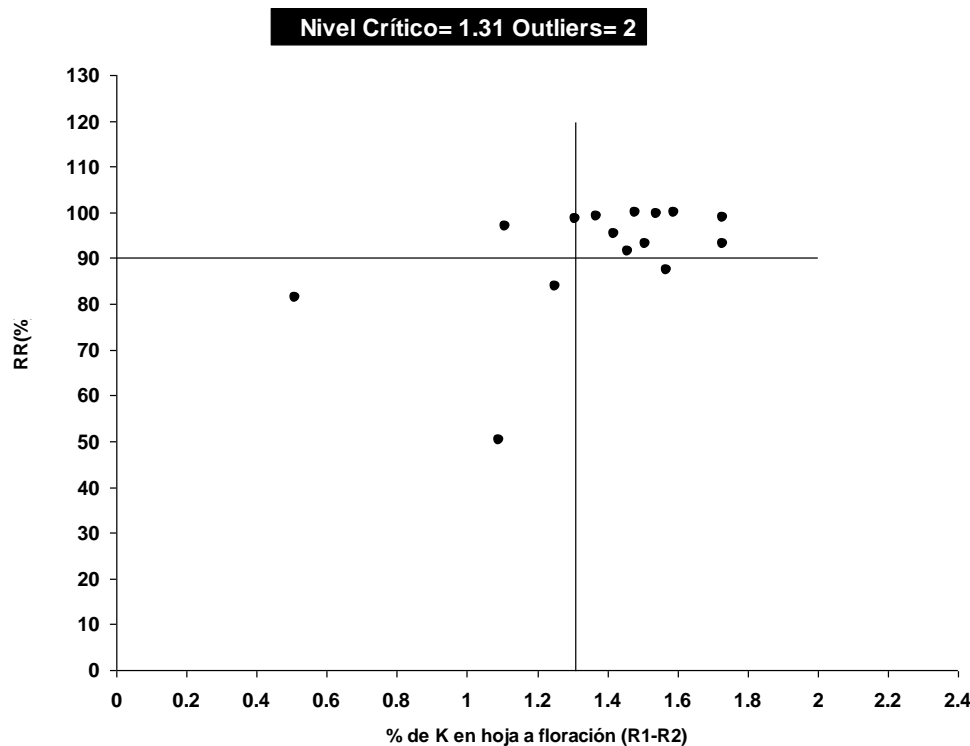
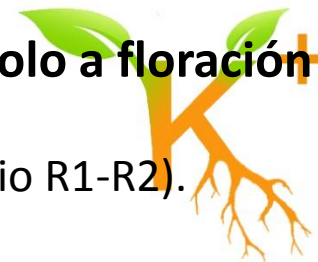
Nivel Crítico= 0.19 Outliers= 1



- 0.19** meq/100g de K int. = 90% - 95% del rendimiento máximo
- 0.24** meq/100 g de K int. = 97-98% del rendimiento máximo
- **0.45** meq/100 g de K int. = 99-100% del rendimiento máximo

# Soja: Nivel crítico tentativo para contenido de K en hoja con pecíolo a floración

(última hoja con pecíolo totalmente desarrollada a floración, estadio R1-R2).



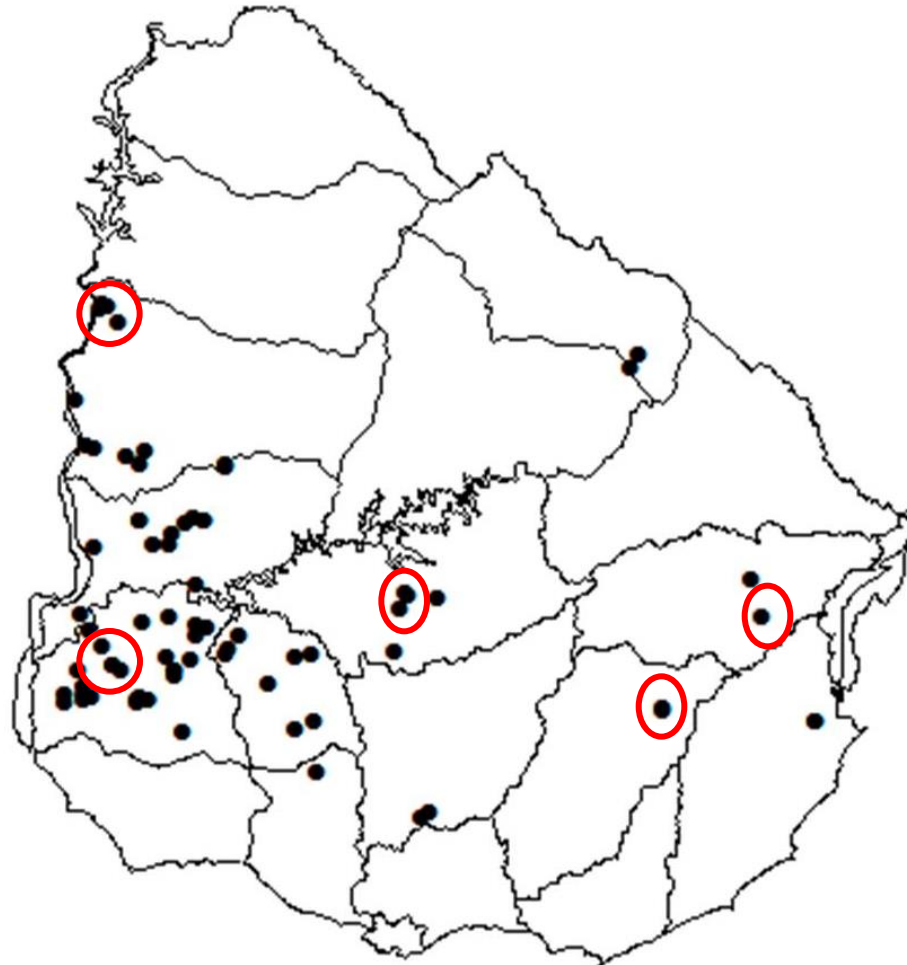
**-Valor para 90% del rendimiento máximo = 1.31 % K**

(Valor más bajo que el valor crítico o suficiente más bajo reportado en la literatura = 1.71% -1.76% K (Reuter et al., 1997)).

# Experimentos de campo realizados por Facultad de Agronomía entre 2010 y el presente para estudiar la respuesta a K en cultivos



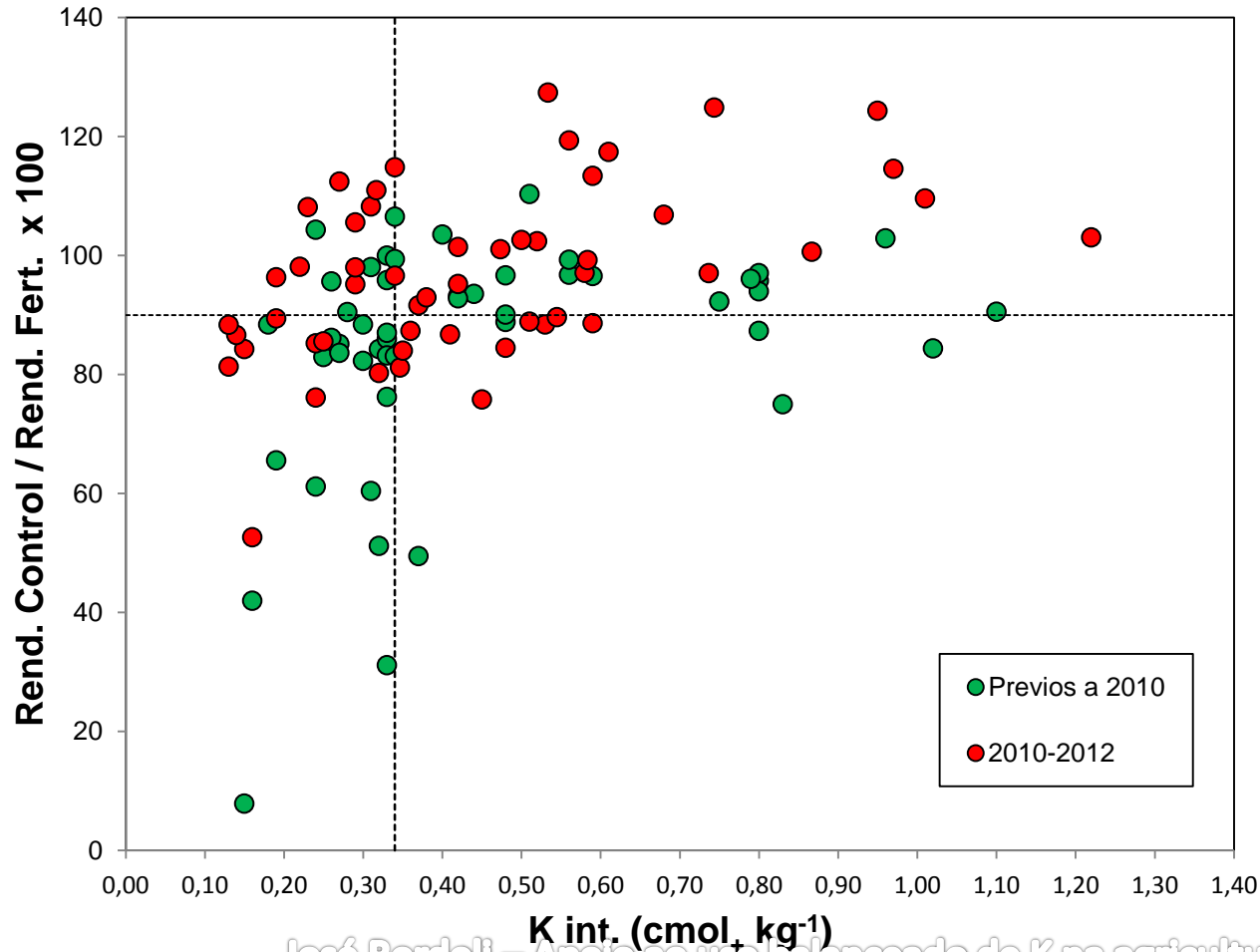
○ con apoyo de IPI



2010-12: datos de J.Bordoli; S.Mazzilli; E.Hoffman (Arcaus et al., 2012); M.Barbazán; y J.Coitiño. Mayoría en soja

José Bordoli – Apoio ao uso balanceado de K na agricultura brasileira

# Experimentos de campo realizados por Facultad de Agronomía entre 2010 y el presente para estudiar la respuesta a K en cultivos



José Bordoli – Apoio ao uso balanceado de K na agricultura brasileira

2010-12: datos de J.Bordoli; S.Mazzilli; E.Hoffman (Arcaus et al., 2012); M.Barbazán; y J.Coitiño. Mayoría en soja

# ¿Qué falta?



-Necesidad de profundizar en la dinámica de K

---

- Separar por textura
- Separar por cultivos
- Separar por mineralogía de arcilla.
- Aplicación profunda de K en SD ?
- Secado de la muestra o análisis en muestra húmeda ?
- .....?