

# **Simposio "Fertilidad 2011"**

**IPNI Cono Sur – Fertilizar Asociación Civil**

## **Diagnóstico de la acidez edáfica y su corrección**

Ing. Agr S. Gambaudo y H. Fontanetto  
INTA EEA Rafaela

Proporción relativa de cationes metálicos absorbidos en el complejo catiónico de intercambio de diferentes suelos pampeanos (capa arable) – **Mapas de Suelos**

	<b>Cationes de intercambio (%)</b>			
	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Na</b>
<b>Argiudol</b>	<b>80,8</b>	<b>13,0</b>	<b>6,2</b>	<b>--</b>
<b>Natralbol</b>	<b>65,2</b>	<b>21,1</b>	<b>11,9</b>	<b>1,8</b>
<b>Hapludol</b>	<b>51,0</b>	<b>32,7</b>	<b>11,3</b>	<b>5,0</b>
<b>Natracuol</b>	<b>50,0</b>	<b>13,7</b>	<b>9,9</b>	<b>36,4</b>

# Valores esperados de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

	<b>meq/100g suelo</b>
<b>Materia orgánica</b>	<b>240</b>
<b>Illita (2:1)</b>	<b>20</b>
<b>Caolinita (1:1)</b>	<b>10</b>
<b>Montmorillonita(2:1)</b>	<b>120</b>

# Capacidad de intercambio catiónico

<b>&lt; 6 meq/100g</b>	<b>Muy Baja</b>
<b>6 - 12 meq/100g</b>	<b>baja</b>
<b>13 - 20 meq/100g</b>	<b>Media</b>
<b>21 - 30 meq/100g</b>	<b>Alta</b>
<b>&gt; 30 meq/100g</b>	<b>Muy Alta</b>

Inicio de estudios convenio





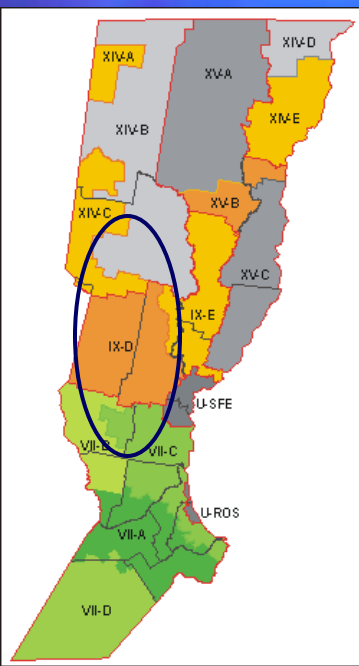
# Datos 3 años Lab. Suelos EEA Rafaela

## Proyecto Nacional INTA: Remineralización

Años 2004-2007

Muestras con niveles de % Ca < 57

San Martín	San Jerónimo	Castellanos	Las Colonias	San Cristóbal
Cda. Rosquín	B. Irigoyen	Vila	S. C. Centro	Col. Alpina
San Jorge	Centeno	Raquel	M. Saavedra	
S.M. Escobas	Gálvez	San Vicente	S. J.del Sauce	
	San Eugenio	Tacurales	Esperanza	
		Ma. Juana	Pilar	
		Roca	Saa Pereyra	
		Lehmann	Hipatia	
		Z. Pereyra		



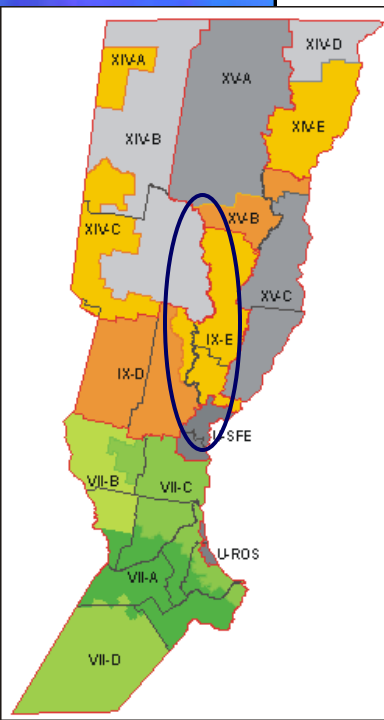
# Datos 3 años Lab. Suelos La Quinta (S.Justo)

## Proyecto Nacional INTA: Remineralización

Años 2004-2007

Muestras con niveles de % Ca < 57

San Javier	San Justo	Santa Fe	Las Colonias	Vera
C. Ariacaiquin	Mo. Escalada	Santa Fe	Esperanza	Calchaquí
	Crespo			
	San Justo			
	Videla			



XV Congreso de AAPRESID (2007)

“Siembra directa. Evolución y  
comportamiento

del sistema”

Echeverría, F. Y Tkachuk, R.

Grupo Regional AAPRESID San Justo

*...”  $Ca^{++}$  y  $K^{+}$ : en  $Ca$  hemos sufrido una pérdida de 40% y 30% en  $K$  dentro del sistema en los últimos 10 años!!!!...”*



# Comparado con situación cuasi natural

- Pérdida de *1040 kg* de Ca/ha en los primeros 0-15 cm
- Pérdida de *600 kg* de Ca/ha en los primeros 15- 30 cm
- Pérdida de *120 kg* de Mg/ha en los primeros 0-15 cm
- Pérdida de *96 kg* de Mg/ha en los primeros 15-30 cm

# Deficiencia visible?

---

Suelos con CIC entre 16 – 20 meq/100g de suelo

Oferta de Ca (0-20cm): 4.992 – 6.240 kg/ha

Oferta de Mg (0-20cm): 292 – 576 kg/ha

# Diagnóstico

---

- Capacidad de Intercambio Catiónico
- Porcentaje de Saturación de bases
- Porcentaje de saturación con calcio
- Porcentaje con saturación con magnesio
- Relación calcio-magnesio
- pH

# Saturación de bases

---

Buena:  $> 80 \%$

Moderada: 60-79 %

Baja:  $< 60 \%$



# Saturación con calcio

---

Buena:  $> 70 \%$

Moderada: 60-69 %

Baja:  $< 60 \%$



# Saturación con magnesio

---

Buena:  $> 7 \%$

Moderada: 5-6 %

Baja:  $< 5 \%$

# pH



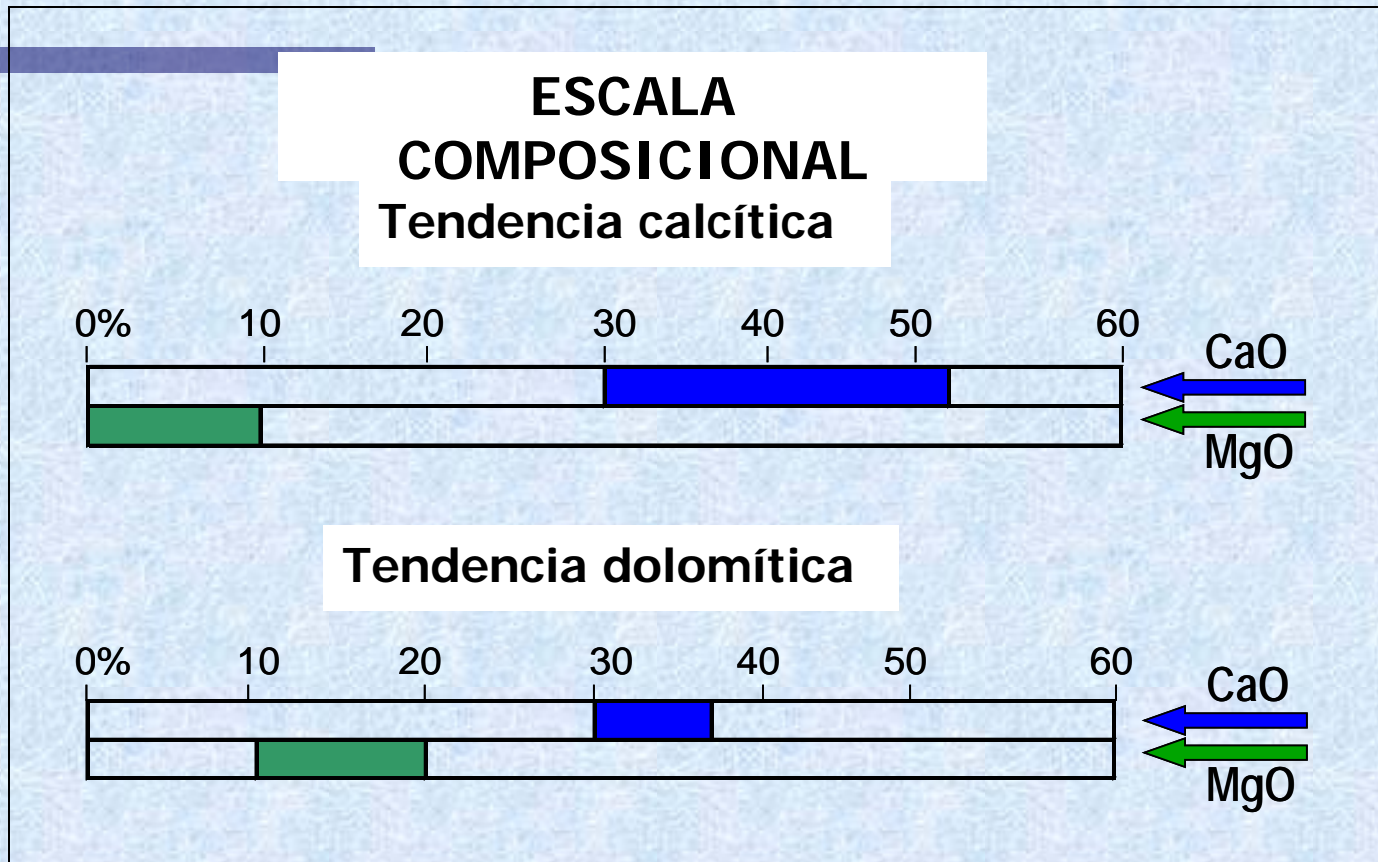
# Fuentes de Ca y Mg

---

Fertilizantes químicos (compuestos o sales simples)

Fertilizantes o enmiendas naturales  
(rocas carbonáticas – yesos)

# Minerales para la corrección de la acidez

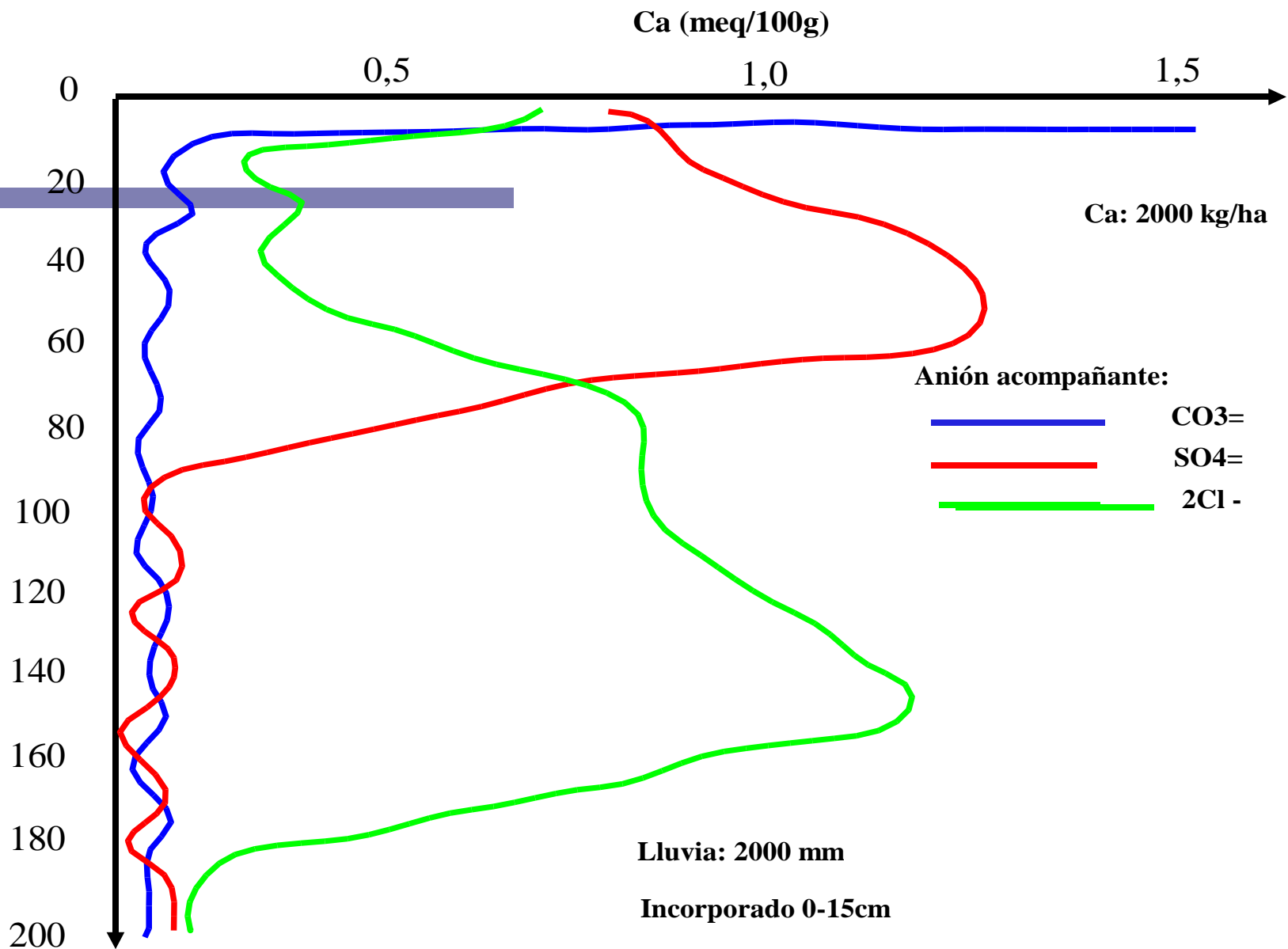


# Solubilidad en agua de diferentes sales a 20° C

Sales	g/l
<b>Ca CO<sub>3</sub></b>	<b>0,01</b>
<b>Mg CO<sub>3</sub></b>	<b>0,10</b>
<b>Ca SO<sub>4</sub>. 2H<sub>2</sub>O</b>	<b>2,40</b>
<b>Ca (HCO<sub>3</sub>)</b>	<b>262,00</b>
<b>Na Cl</b>	<b>360,00</b>
<b>Ca Cl<sub>2</sub>. 6H<sub>2</sub>O</b>	<b>2790,00</b>



# Percolación del calcio con diferentes aniones acompañantes



# Calidad de las enmiendas- fertilizantes minerales

---

**SENASA**

**Normas -Protocolos**

**Contenido de nutrientes**

Concentración de los nutrientes (*en cantidades suficientes*)

Solubilidad de los productos (*en formas disponibles*)

Productos extraños y nocivos



■ **IRAM 22451**

**Materiales calcáreos  
para uso agrícola**

# Material a utilizar

---

*Poder Neutralizador* : contenido de  
Ca y/o Mg

*Eficiencia Relativa* : granulometría



# Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT)

<b>Calidad</b>	<b>PRNT (%)</b>
<b>Superior</b>	<b>más del 90</b>
<b>Buena</b>	<b>entre el 75 y 90</b>
<b>Regular</b>	<b>entre el 60 y 74</b>
<b>Mala</b>	<b>entre el 45 y 59</b>

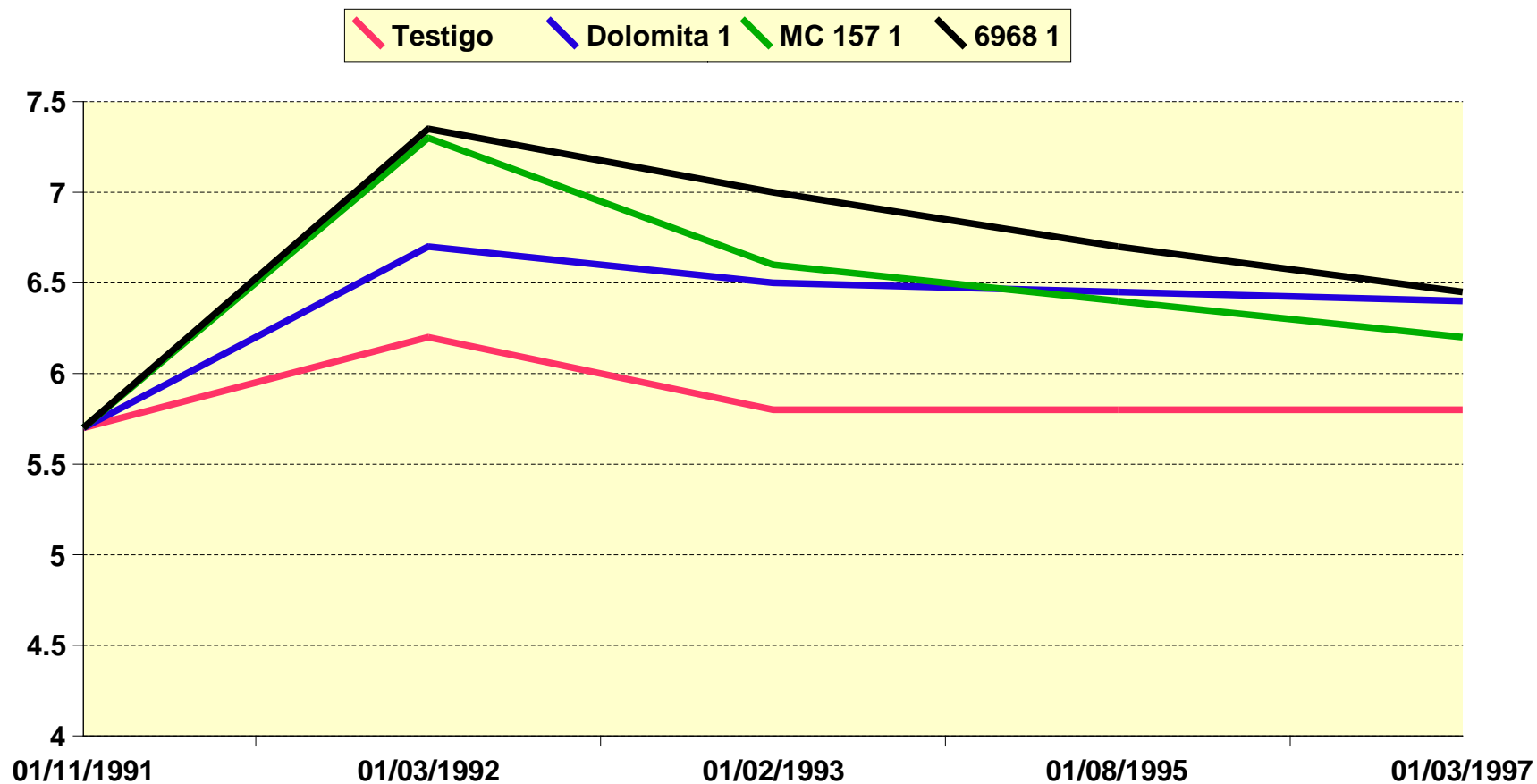


# Resultados obtenidos

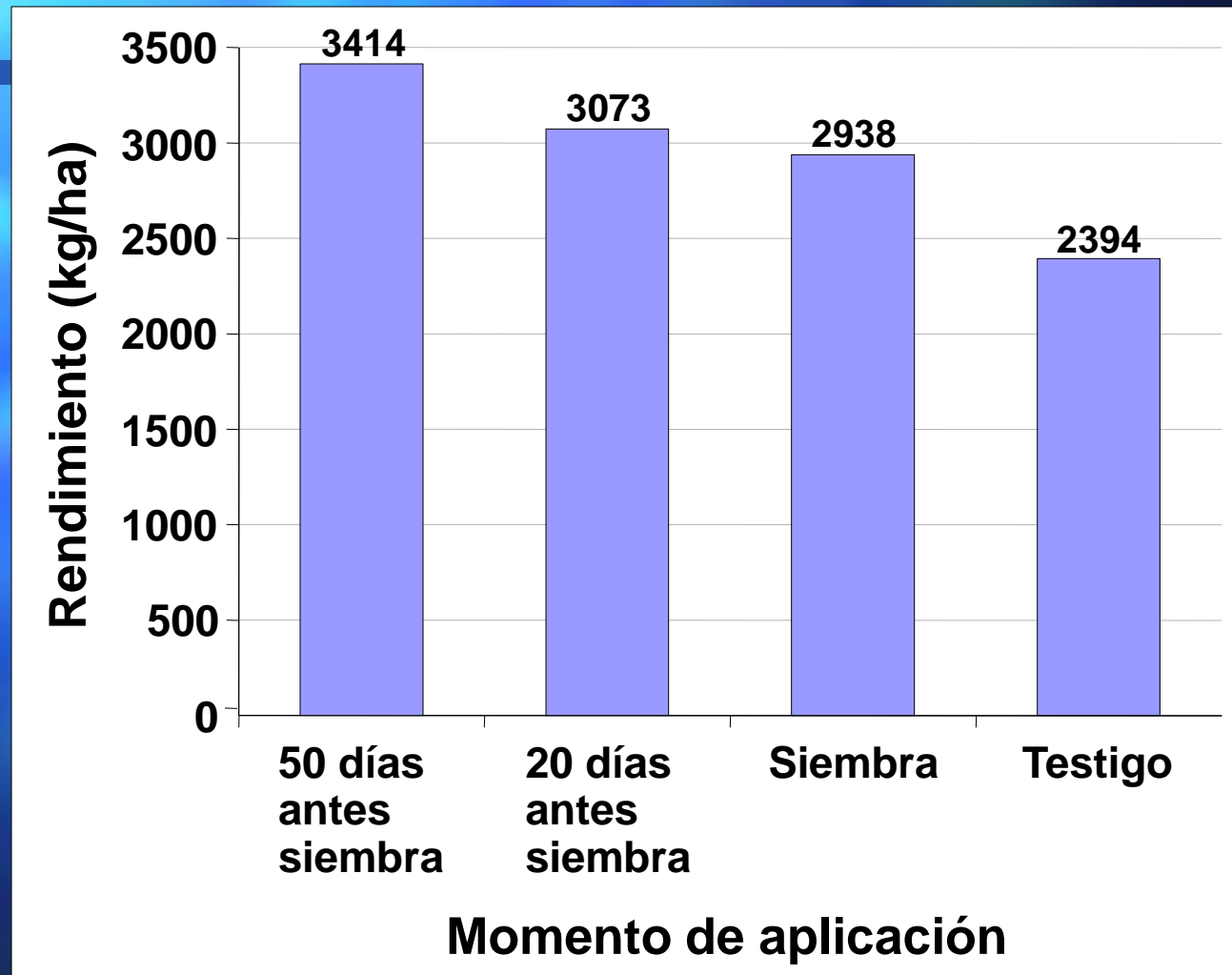
---

- Momento y forma de aplicación
- Enmienda o fertilizante
- Residualidad
- Leguminosas-gramíneas

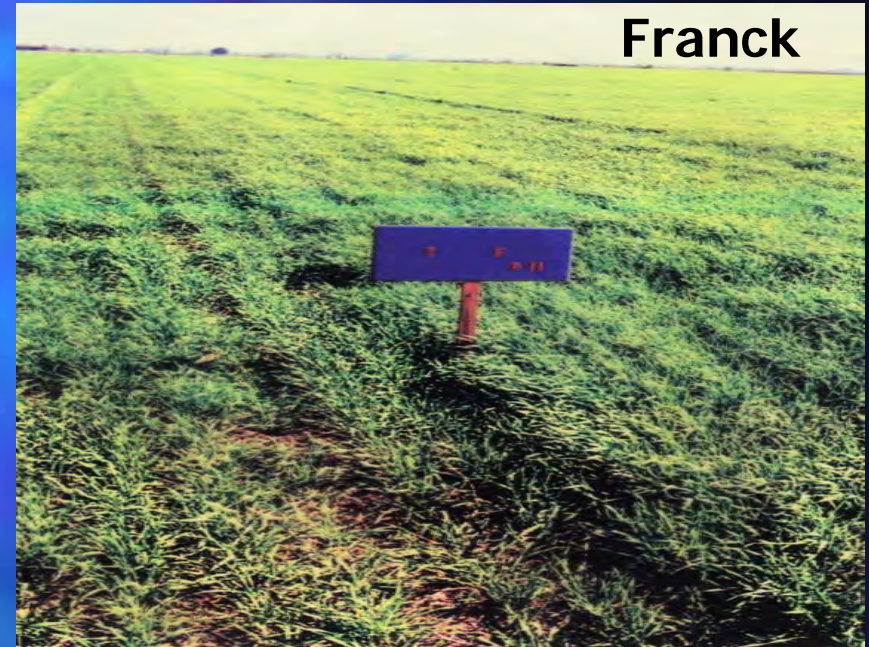
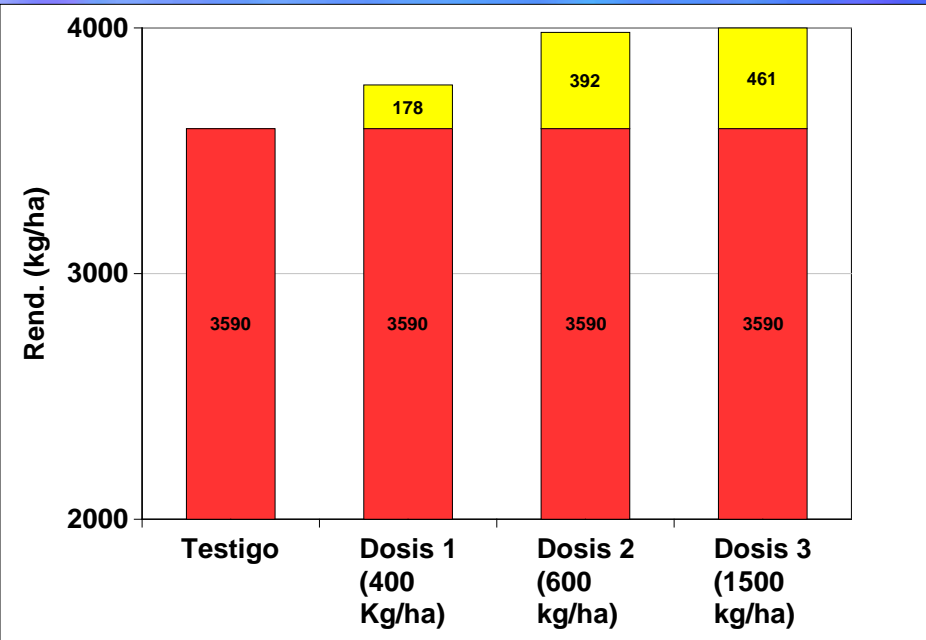
# Residualidad de tres enmiendas *Profundidad suelo: 0 - 10 cm*



# Momento de incorporación de una enmienda granulada para el cultivo de soja



# Trigo



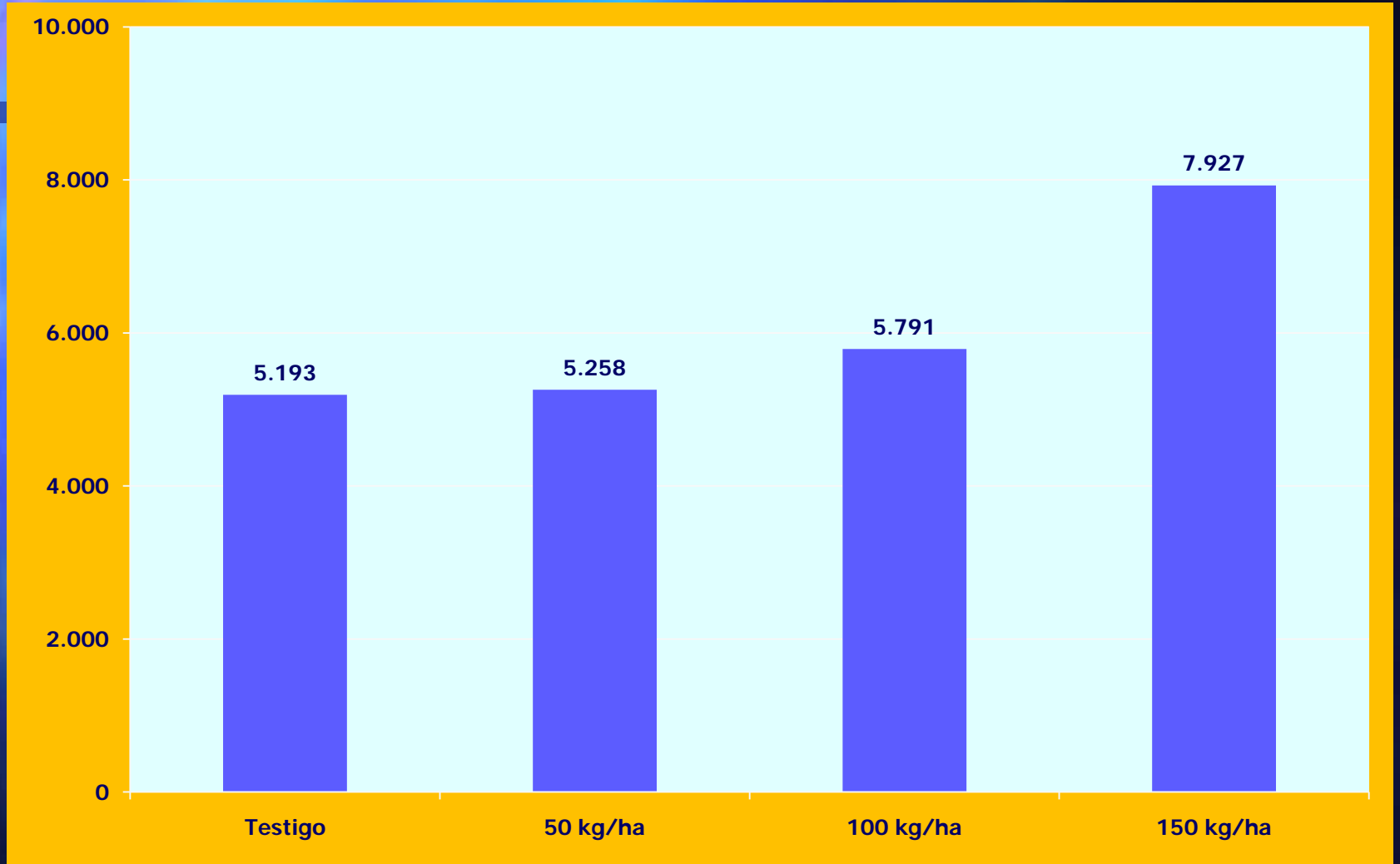
Tratamiento	Grano (kg/ha)	Mat.verde embolsada
Testigo	2.679	12.400
900 kg/ha	2.860	16.275
1.800 kg/ha	3.374	18.600

Rafaela

Enmienda

# Maíz

Franck



Fertilizante



# Sorgo granífero

**Santa Teresa (Sta. Fe)**

**Mayor uso agrícola**

**ENCA 7381 kg/ha a**

**Testigo 6592 kg/ha b**

**Menor uso agrícola**

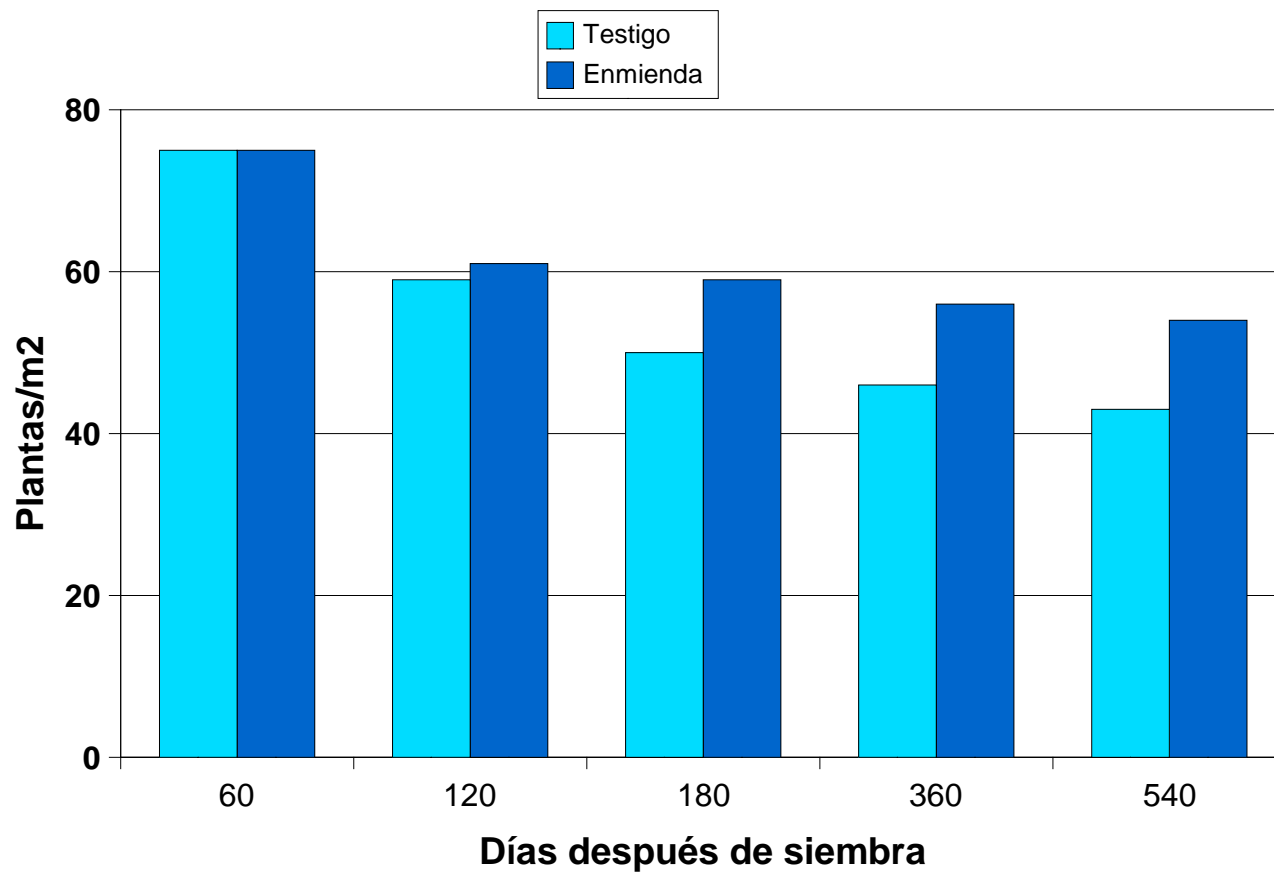
**7670 kg/ha a**

**6580 kg/ha b**

**Enmienda**

Propiedad	Menor uso			Mayor uso	
	Testigo	ENCA		Testigo	ENCA
<b>Ca (meq/100g)</b>					
<b>0 – 5 cm</b>	<b>8,7</b>	<b>9,1</b>		<b>7,8</b>	<b>9,8</b>
<b>5 -10 cm</b>	<b>8,3</b>	<b>8,7</b>		<b>7,8</b>	<b>8,7</b>
<b>10 -15 cm</b>	<b>8,3</b>	<b>8,7</b>		<b>7,5</b>	<b>7,8</b>
<b>Mg (meq/100g)</b>					
<b>0 – 5 cm</b>	<b>2,1</b>	<b>2,7</b>		<b>1,9</b>	<b>1,8</b>
<b>5 -10 cm</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>		<b>1,5</b>	<b>1,9</b>
<b>10 -15 cm</b>	<b>1,5</b>	<b>1,1</b>		<b>1,1</b>	<b>1,1</b>
<b>P (ppm)</b>					
<b>0 – 5 cm</b>	<b>41,5</b>	<b>57,6</b>		<b>24,7</b>	<b>29,3</b>
<b>5 -10 cm</b>	<b>23,5</b>	<b>41,5</b>		<b>11,8</b>	<b>18,1</b>
<b>10 -15 cm</b>	<b>18,3</b>	<b>35,4</b>		<b>12,0</b>	<b>12,9</b>
<b>pH</b>					
<b>0 – 5 cm</b>	<b>6,3</b>	<b>6,8</b>		<b>6,3</b>	<b>6,5</b>
<b>5 -10 cm</b>	<b>6,0</b>	<b>6,3</b>		<b>6,0</b>	<b>6,3</b>
<b>10 -15 cm</b>	<b>6,0</b>	<b>6,1</b>		<b>5,9</b>	<b>6,1</b>

# Perdurabilidad de la alfalfa La Aguada (Cba)

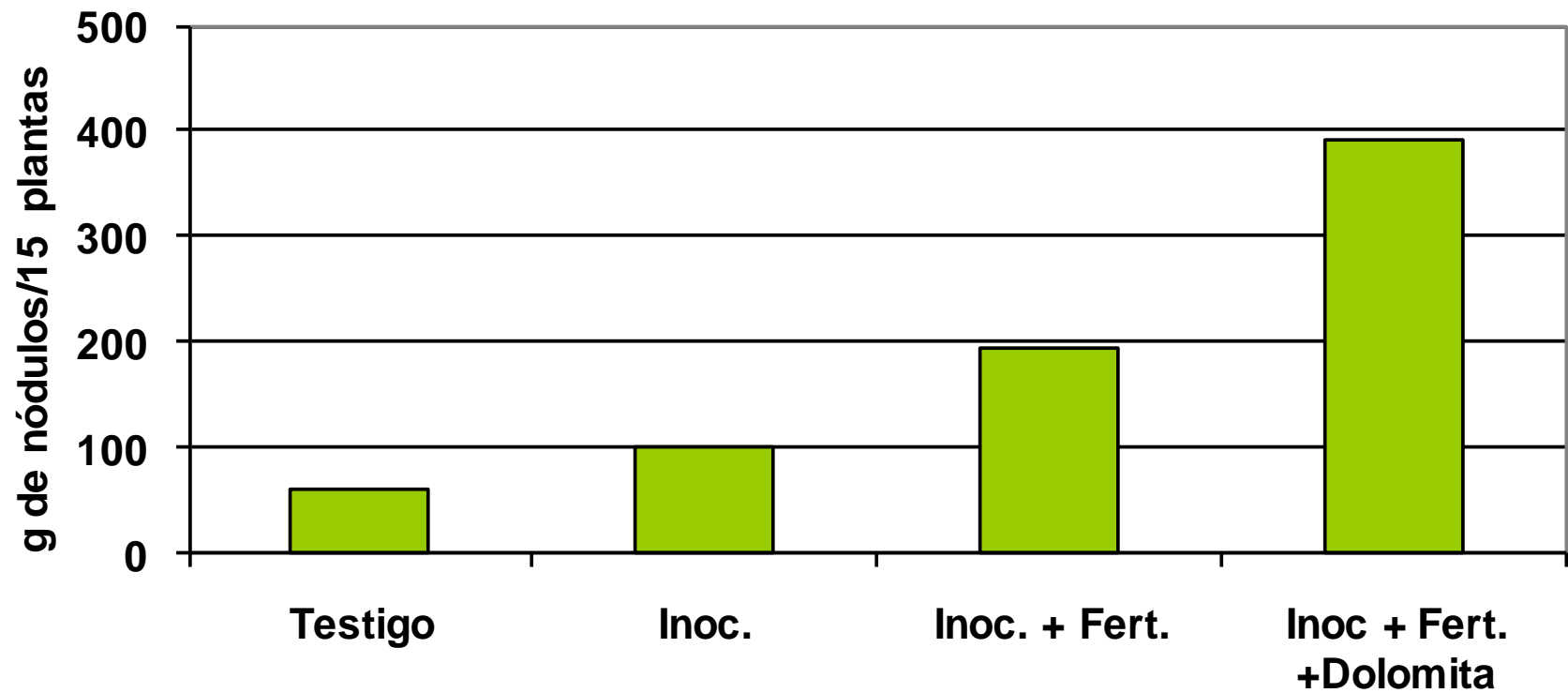


**Evolución del pH y del contenido de Ca.  
La Aguada (Cba)**

**Dosis aplicada: 2156 kg/ha**

	Días después de aplicado							
	60	120	180	360	60	120	180	360
	Testigo				Corregido			
pH	5,33	5,37	5,34	5,36	5,83	6,04	6,09	6,23
%sat Ca	50,78	50,97	51,0	50,09	55,38	59,70	62,05	65,03

## Masa nodular en alfalfa a los 5 meses de la siembra

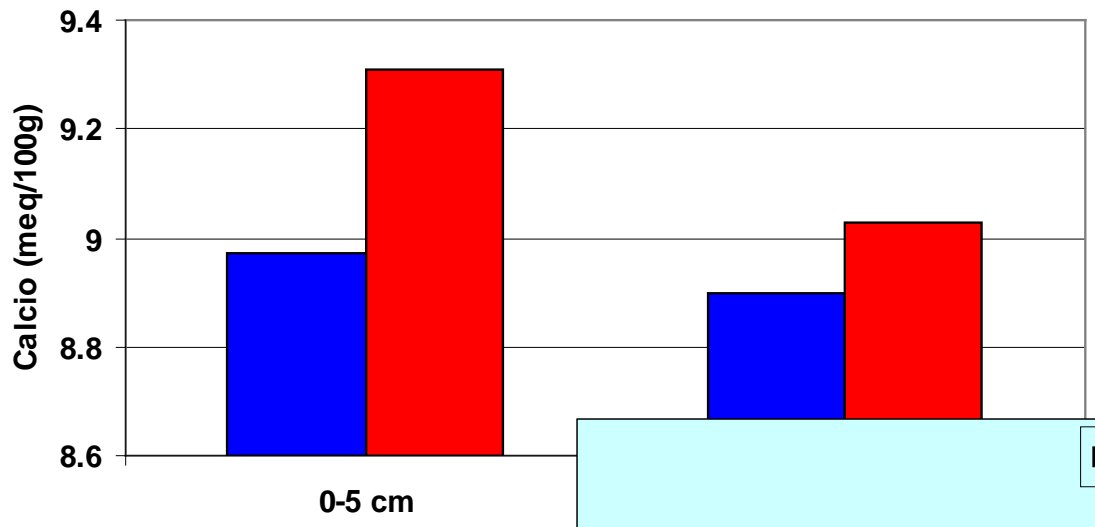




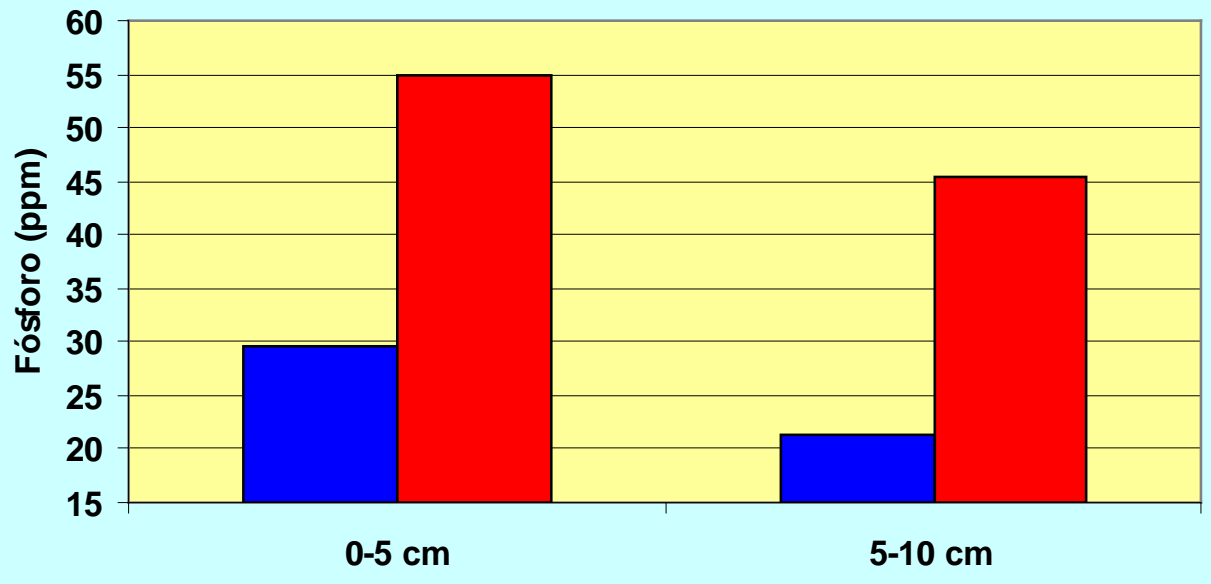
## San Carlos Sur (Sta. Fe)

	<b>7 cortes (kg MS/ha)</b>	
<b>Encalado</b>		<b>7124</b>
<b>Testigo</b>		<b>5340</b>
<b>Diferencia</b>	<b>33%</b>	<b>1784</b>

■ Testigo ■ Encalado



■ Testigo ■ Encalado



Diferencia 14,5 kgP/ha  
72 kg/ha de PDA

# Soja

Experiencias	Rendimiento	Diferencia
	Kg/ha	
Enmienda a	4.805	1.091
Enmienda b	4.788	1.074
Testigo	3.714	
Enmienda a	3.545	501
Enmienda b	3.558	514
Testigo	3.044	
Enmienda a	4.200	890
Enmienda b	4.049	739
Testigo	3.310	

# *Secuencia trigo - soja*

**San Nicolás (Bs. As)**

**100 kg/ha de enmienda - (22% Ca -10% Mg)**

**50 kg/ha de enmienda (22% Ca - 18% S)**

	<b>Trigo</b>	<b>Soja</b>
	<b>(kg/ha)</b>	
<b>Enmienda</b>	<b>2388</b>	<b>4273</b>
<b>Testigo</b>	<b>2037</b>	<b>3659</b>
<b>Diferencia</b>	<b>349</b>	<b>614</b>

**Aplicados en línea en el momento de la siembra del trigo**



**Red Agricultura  
de Precisión**

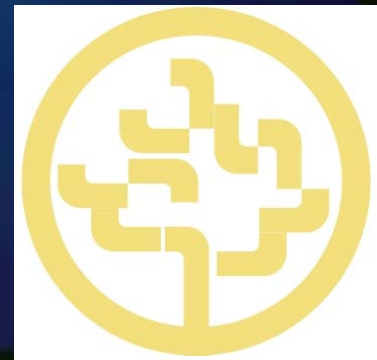
# Agricultura de Precisión

Diagnóstico por ambientes





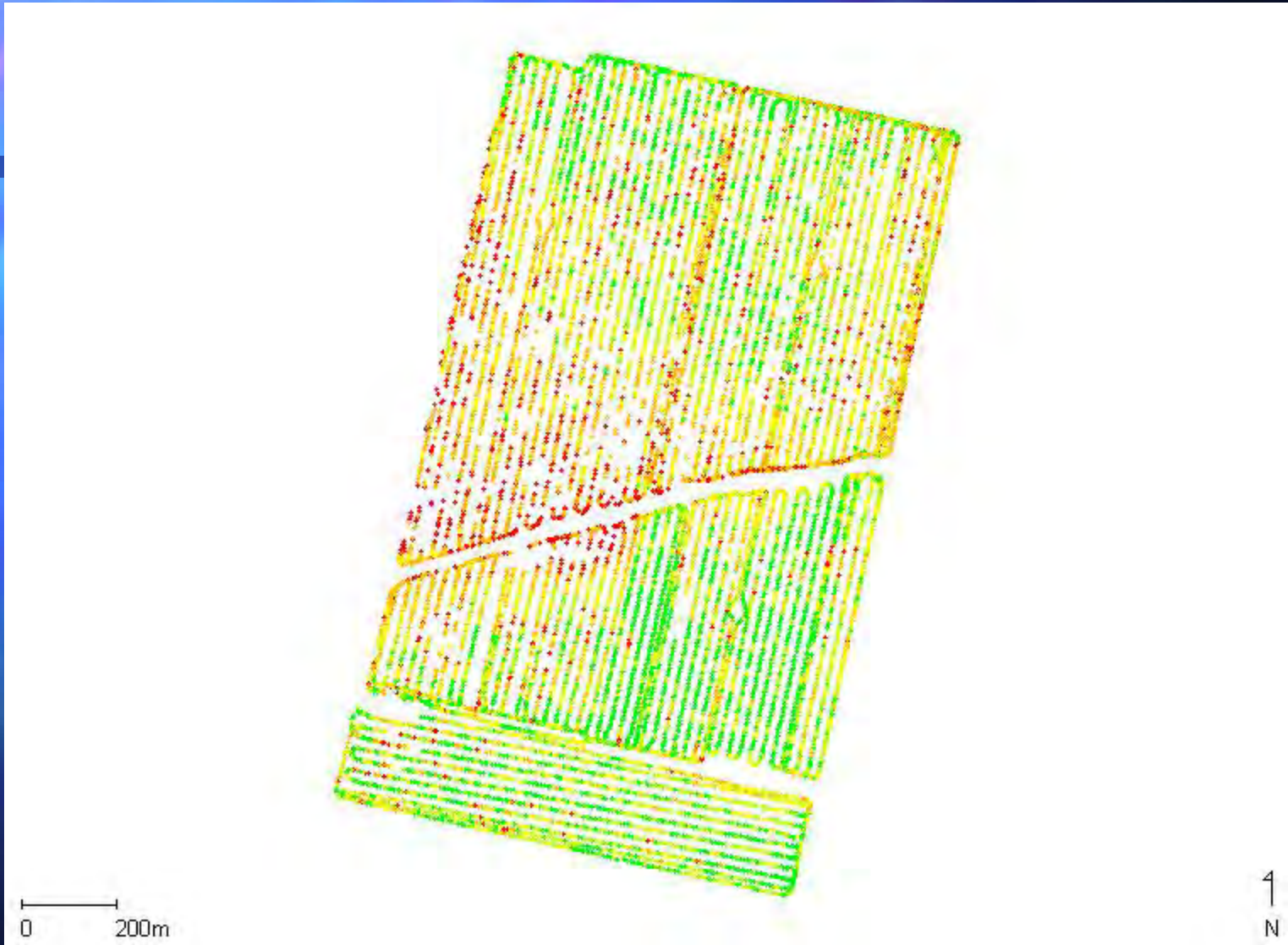
**S. Gambaudo; H. Fontanetto y N. Sosa (INTA Rafaela)  
R. Melchiori (INTA Paraná) ; A. Mendez (INTA Manfredi) ;  
D. Boretto (AER Gral. Cabrera)  
H. Boschetto (Consultora Bosque Chico)  
J. Albrecht ; G. Meroi y P. Ruffino (AFA María Juana)  
O. Zen y S. Imhoff (FCA-UNL)  
G. Beccaria (CREA)  
L. Tron (Fertil SA) ; J. Mazzanti (D&E) ;  
D. Giailevra; C. Negro y L. Belotti (Asesores privados)**



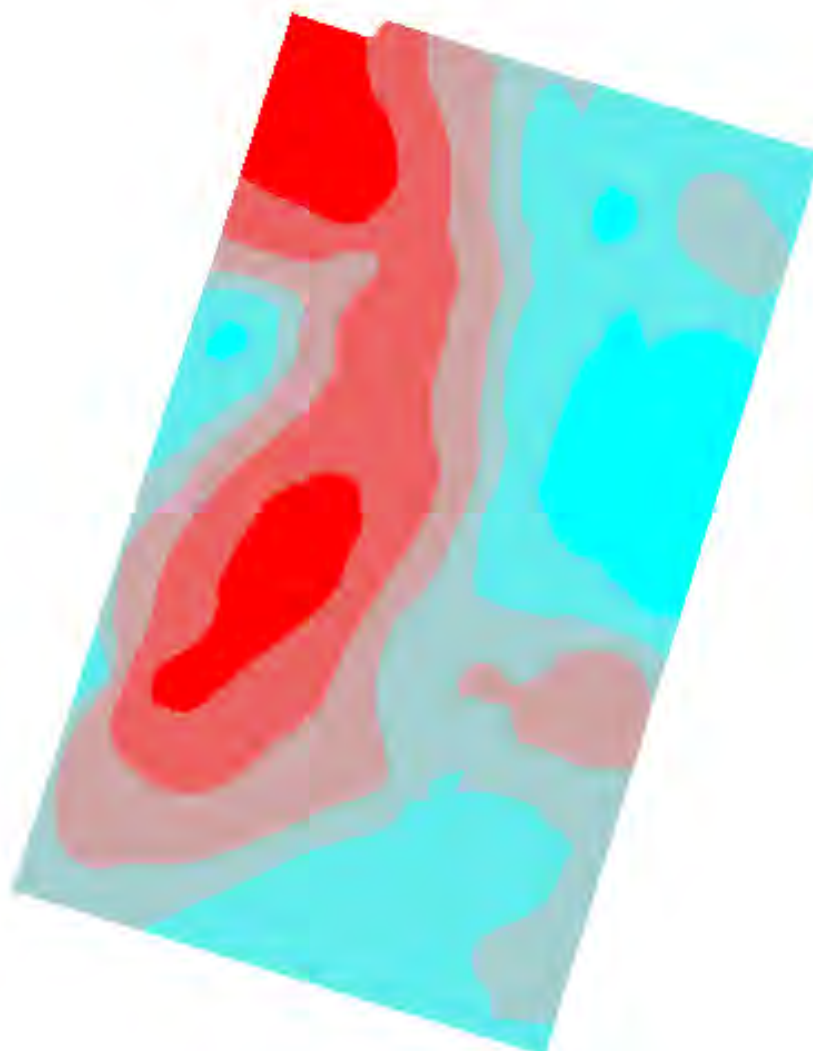




# Detalle preliminar de la medición efectuada con la sonda Veris

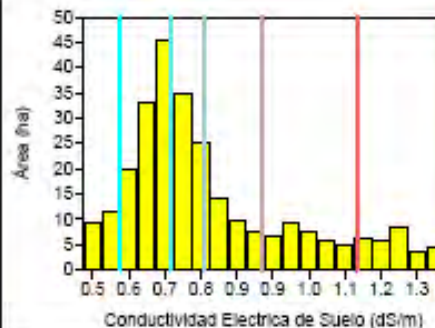


Agricultor : Banchio  
Granja : Est. Banchio  
Lote : Fusionados  
Año : 2009



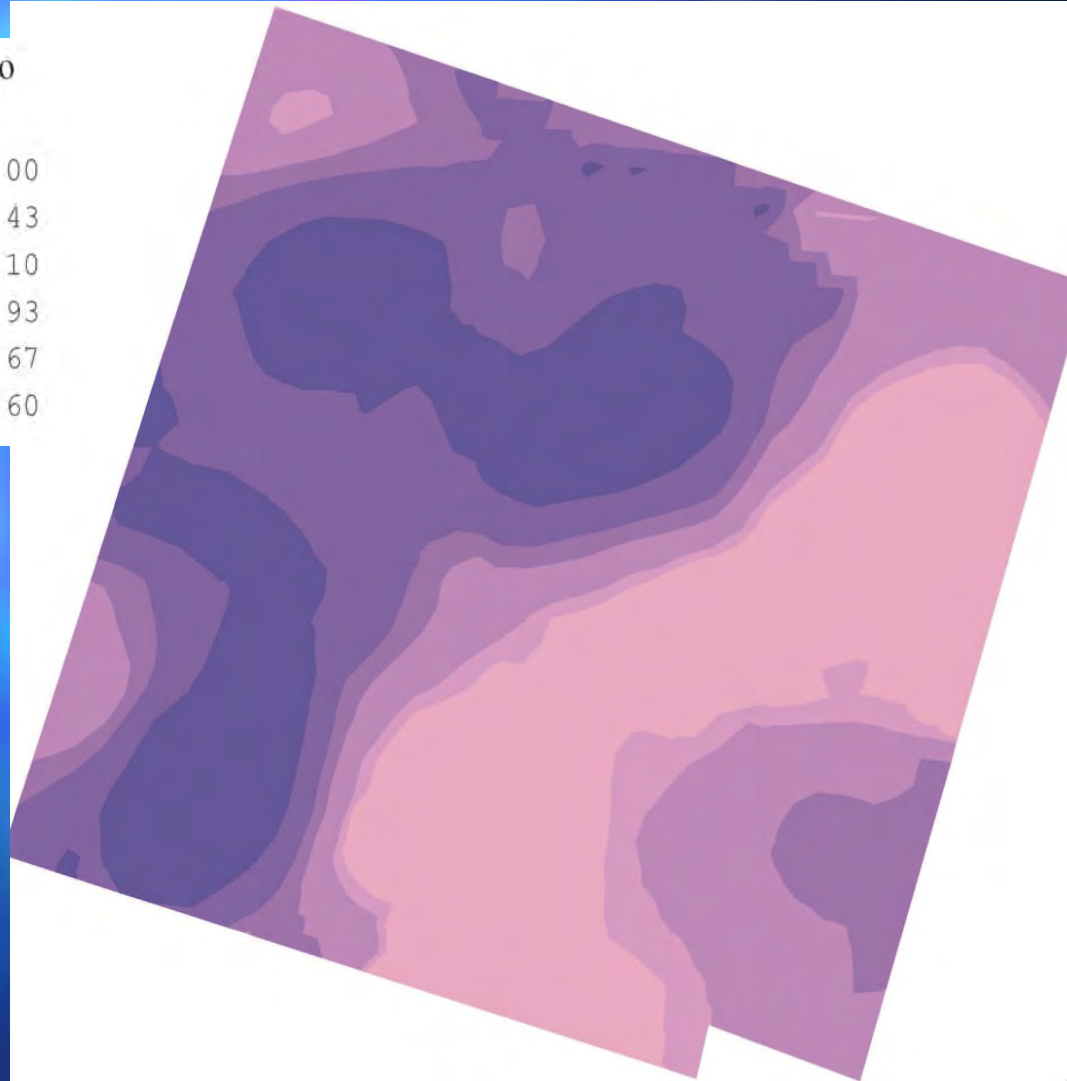
### Conductividad Electrica de Suelo (dS/m)

Red	1.15 - 1.36 (2)
Pink	0.92 - 1.15 (1)
Brown	0.78 - 0.92 (2)
Dark Cyan	0.70 - 0.78 (2)
Light Cyan	0.58 - 0.70 (4)
Blue	0.49 - 0.58 (3)



Mapa detallado de la variación espacial de la CE (0-30 cm)

pH del suelo  
((1))





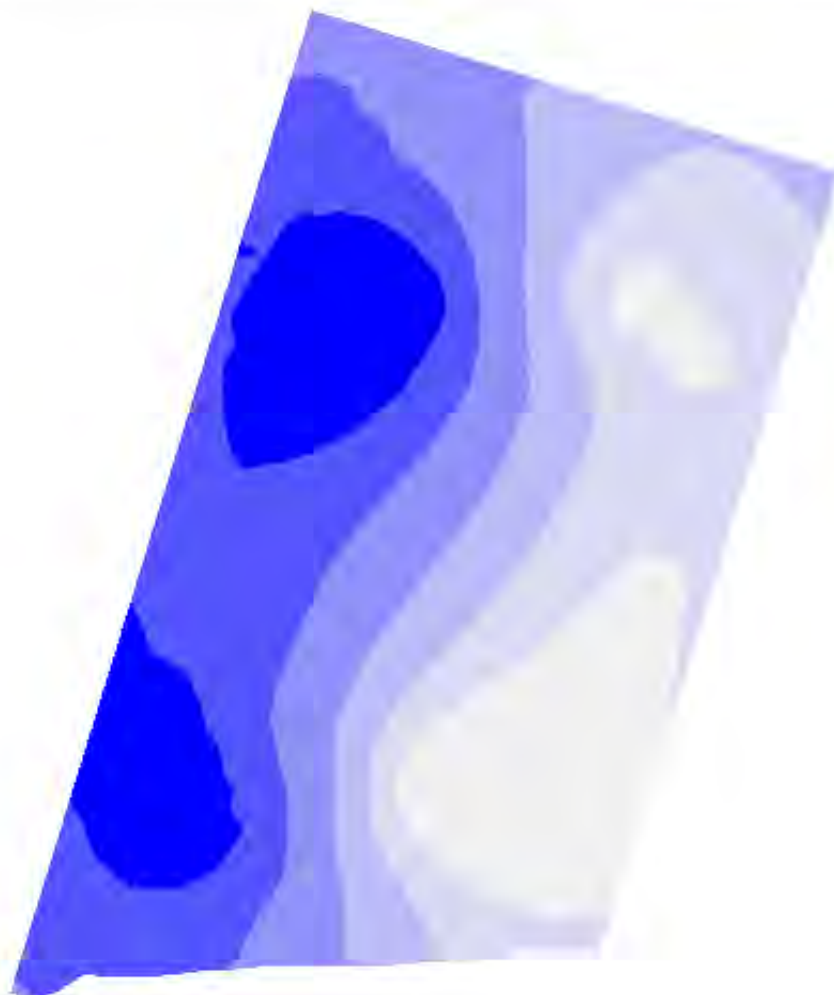
Luego de acuerdo a la variabilidad espacial y con datos de mapas de rendimientos de años previos, se efectúa un muestreo dirigido de suelos

Lote Aurelia (150 ha)		
Nº	Latitud S	Longitud W
1	31,45918°	061,47571°
2	31,46203°	061,47665°
3	31,46109°	061,47614°
4	31,45989°	061,47708°
5	31,46381°	061,47831°
6	31,46002°	061,47862°
7	31,46097°	061,47858°
8	31,46294°	061,47982°
9	31,46428°	061,47972°
<b>10</b>	<b>31,46589°</b>	<b>061,48377°</b>
<b>11</b>	<b>31,46181°</b>	<b>061,48299°</b>
<b>12</b>	<b>31,46135°</b>	<b>061,48334°</b>
<b>13</b>	<b>31,46039°</b>	<b>061,48368°</b>
<b>14</b>	<b>31,45819°</b>	<b>061,48449°</b>
<b>15</b>	<b>31,46045°</b>	<b>061,48505°</b>
<b>16</b>	<b>31,46249°</b>	<b>061,48552°</b>
<b>17</b>	<b>31,46482°</b>	<b>061,48616°</b>

Lote Aurelia (150 ha)		
Nº	Latitud S	Longitud W
18	31,46800°	061,48725°
19	31,46817°	061,48654°
20	31,46711°	061,48281°
<b>21</b>	<b>31,45799°</b>	<b>061,48223°</b>
<b>22</b>	<b>31,45852°</b>	<b>061,48240°</b>
23	31,46898°	061,48382°
24	31,46682°	061,48166°
25	31,46939°	061,48215°
26	31,47010°	061,48127°
27	31,46750°	061,48054°
28	31,46604°	061,47745°
29	31,46725°	061,47803°
30	31,46965°	061,47934°
<b>31</b>	<b>31,47179°</b>	<b>061,47968°</b>
<b>32</b>	<b>31,47282°</b>	<b>061,48014°</b>
<b>33</b>	<b>31,47208°</b>	<b>061,48407°</b>
<b>34</b>	<b>31,47174°</b>	<b>061,48645°</b>

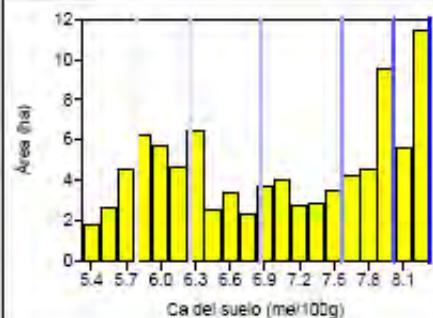
# Estimación de Distribución Espacial de Prop. Edáficas (0-20 cm)

Agricultor : Banchio  
Granja : Est. Banchio  
Lote : A  
Año : 2009

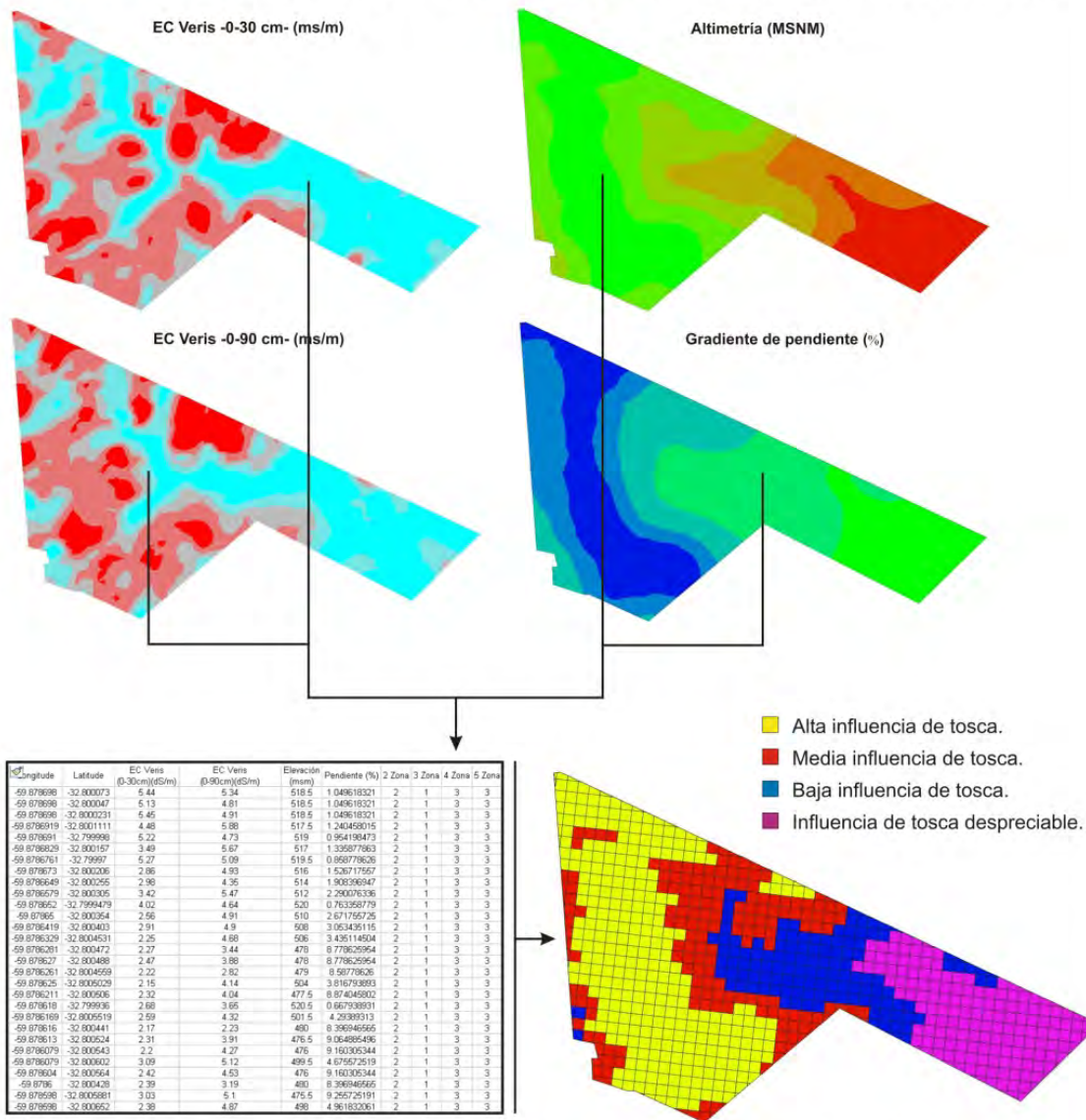


## Ca del suelo (me/100g)

Dark Blue	7.98 - 8.28 (3)
Blue	7.53 - 7.98 (1)
Light Blue	6.83 - 7.53 (1)
Very Light Blue	6.24 - 6.83 (1)
Lightest Blue	5.78 - 6.24 (1)
White	5.33 - 5.78 (2)



## Análisis de superposición de capas de inb. (Clusterización de variables múltiples)



Ensayo Exploratorio: Clusterización de múltiples variables (EC Veris-Altimetría-Gradiente de pendiente) para delimitación de ambientes de producción bajo influencia de tosca cerca a superficie (Est. La Remota - Rincón del Nogoyá -E.R.-).

Ing. Agr. Darío Boretto 2007



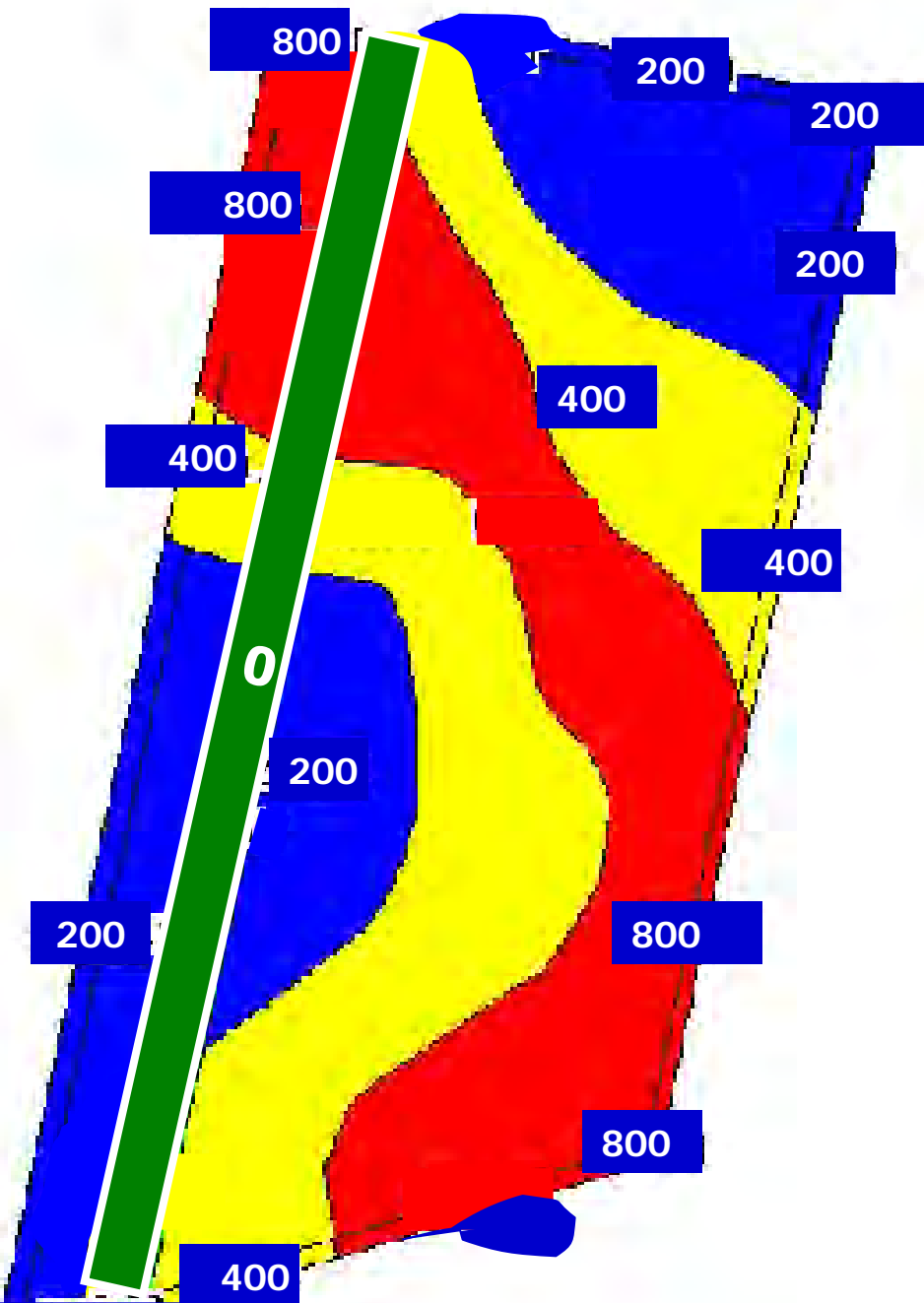












Prescripción de aplicación variable de enmienda de suelo



# Consideraciones finales

- Debemos cambiar la forma de pensar: balance de nutrientes (altos rendimientos no es sustentabilidad)
- *“Leer e interpretar el análisis de suelo en forma completa”*
- Diagnóstico por ambientes
- *Elaborar mapas de disponibilidad de nutrientes*
- Se dispone de enmiendas y maquinarias para su aplicación

---

Muchas gracias