

Acidificación en el ámbito templado argentino

*Causas, consecuencias
y avances para su diagnóstico*



Dra. Vázquez Mabel E.
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Universidad Nacional de La Plata
mvazquez@agro.unlp.edu.ar

CAUSAS

NATURALES

- meteorización y lavado de
(Ca, Mg, K, Na)

ANTRÓPICAS

- exportación de bases por producción
- fertilización ácida/lluvia ácida
- aumento MO por siembra de
- mineralización de MO por la

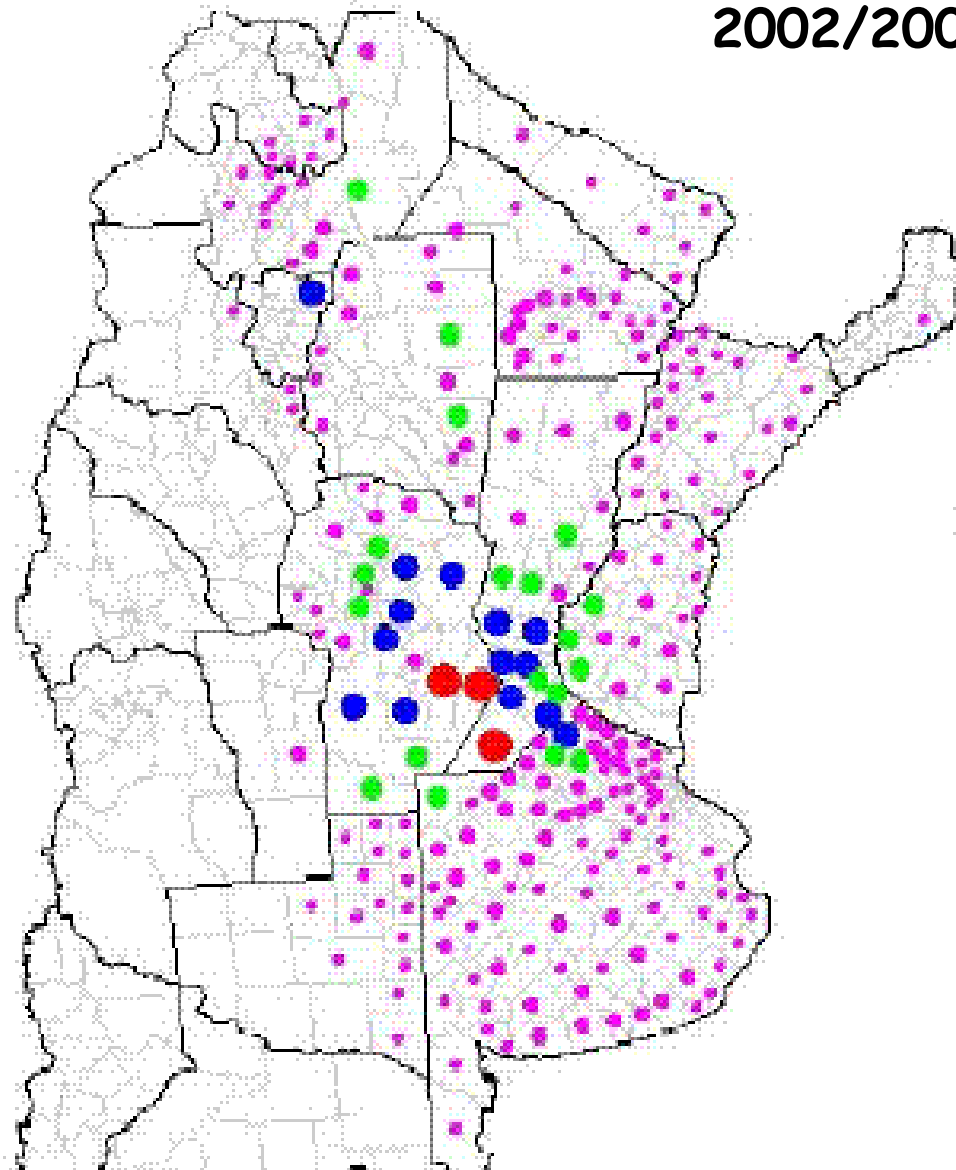


EXTRACCIÓN POR PRODUCCIÓN

	RENDIMIENTO (qq/ha)	REQUERIMIENTO (kg/ha)		EXPORTACIÓN (kg/ha)	
		Ca	Mg	Ca	Mg
MAÍZ	120	36	36	2,7	10,7
TRIGO	70	21	21	2,8	11,2
SOJA	40	64	36	12	20
ALFALFA	150	180	45	-	-
CAÑA DE AZÚCAR	750	-	-	31	26

Calcio exportado en granos

2002/2003

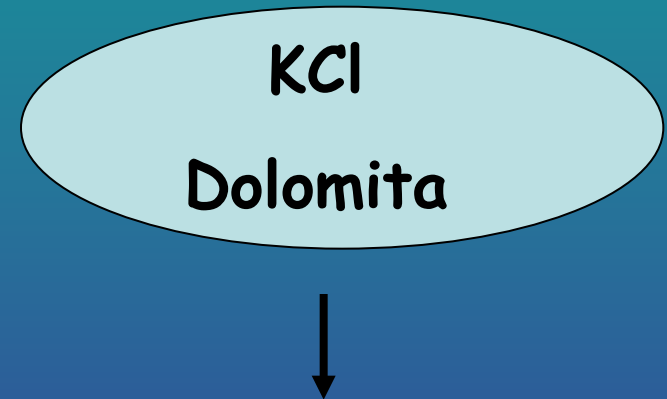
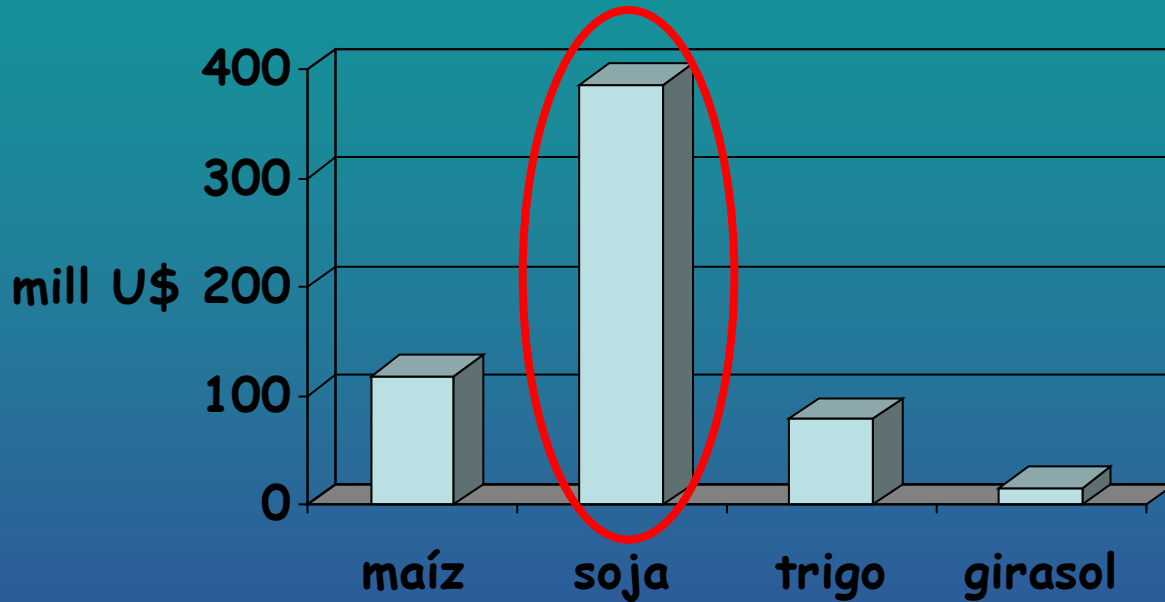


Calcio total exportado

- 0 - 250 tn
- 250 - 800 tn
- 800 - 1.600 tn
- 1.600 - 3.800 tn
- 3.800 - 6.500 tn

PRODUCCIÓN VS REPOSICIÓN

N Bs As (1970-2003)



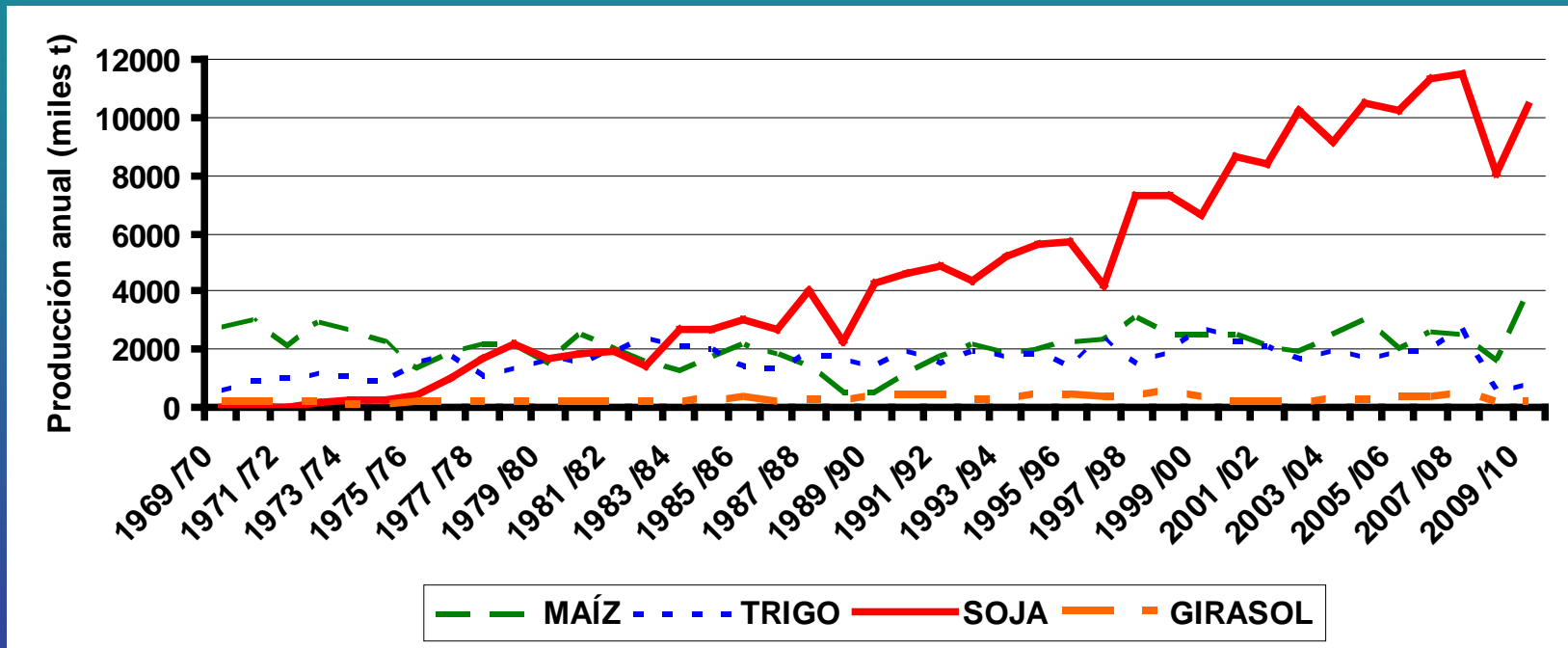
Costo de la reposición

maíz	3,5%	4 mill U\$
soja	6,9%	27 mill U\$
trigo	4%	3 mill U\$
girasol	3,3%	0,5 mill U\$

Gelati & Vázquez, 2008

UN CASO
LA PROVINCIA DE SANTA FE

PRODUCCIÓN TOTAL PROV. SANTA FE



EXPORTACIÓN DE NUTRIENTES BÁSICOS DE ESTOS 4 CULTIVOS (Sta Fe)

**LA REPOSICIÓN CUANTITATIVA NO
ASEGURA REPOSICIÓN
CUALITATIVA**

SOJERA de SANTA FE (1970-2010)

PRODUCCIÓN DE CARNE EXPORTACION NUTRIENTES

	A partir de	
	leguminosas	Gramíneas
	kg/animal año	
Calcio	20	6-10
Magnesio	7-11	2.5-4.0

PRODUCCIÓN LECHERA EXPORTACIÓN

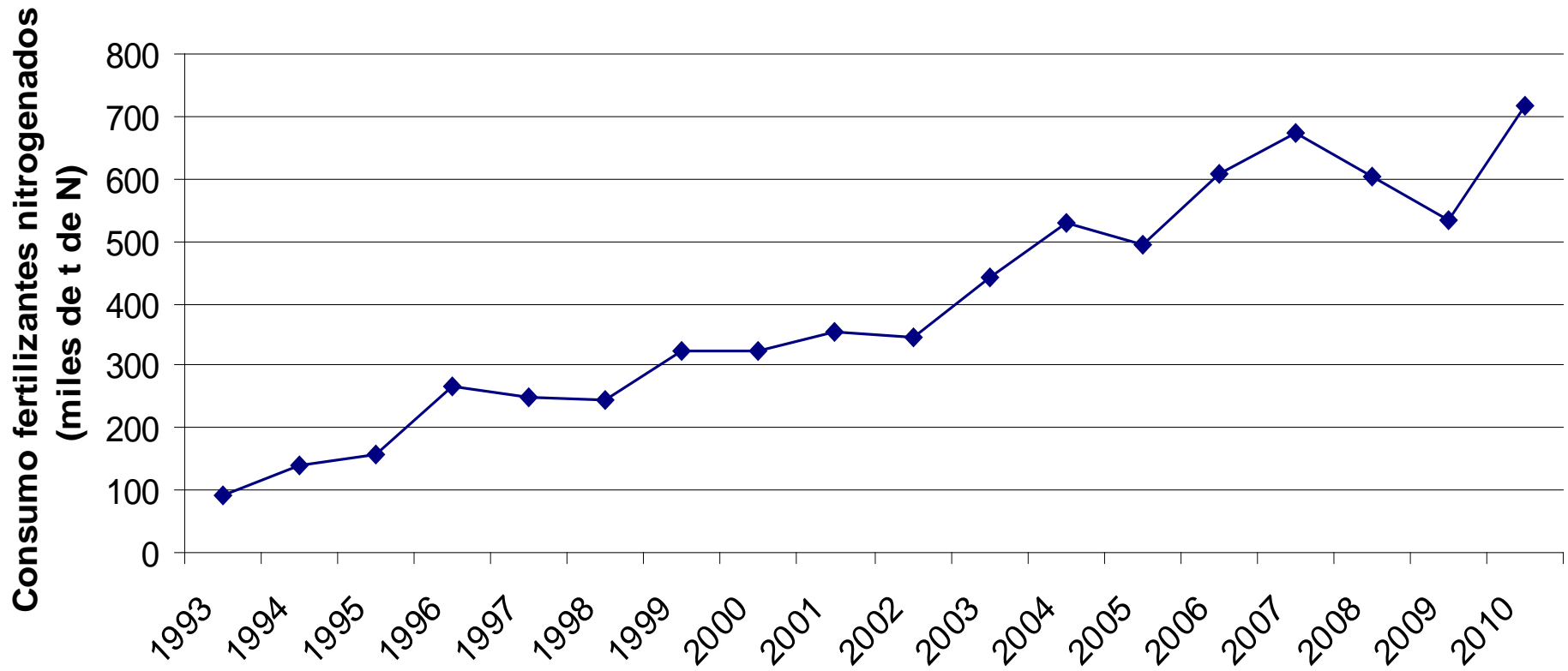
(kg nutriente /vaca * 8 meses)

	10	20	30
		l/vaca día)	
Calcio	2.9- 4.8	5.8-9.6	8.7-14.4
Magnesio	0.4-0.6	0.8-1.1	1.2-1.7

FERTILIZANTES NITROGENADOS

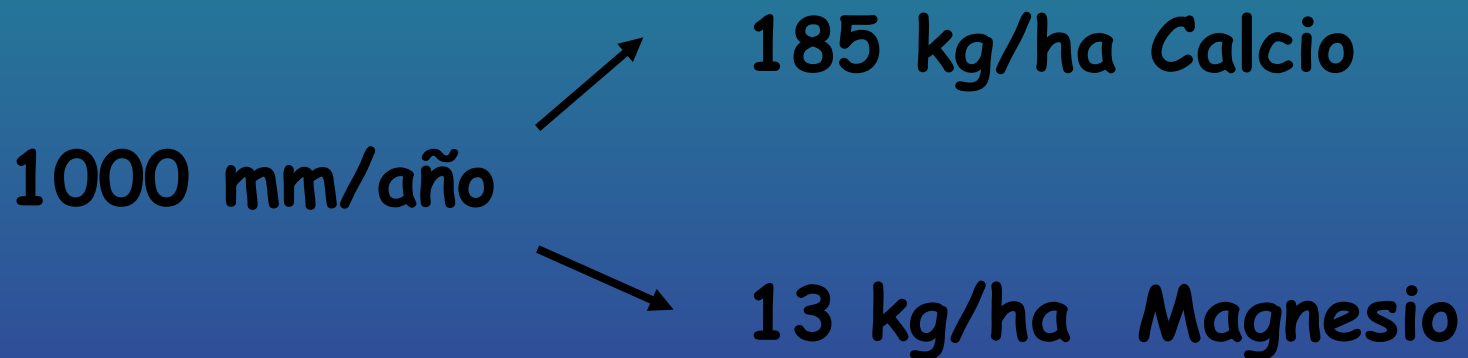


EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS



PERDIDA por LIXIVIACION

Serie Hansen en los 1^{ros} 25 cm



Irurtia, 2004

Pérdida de Ca y Mg

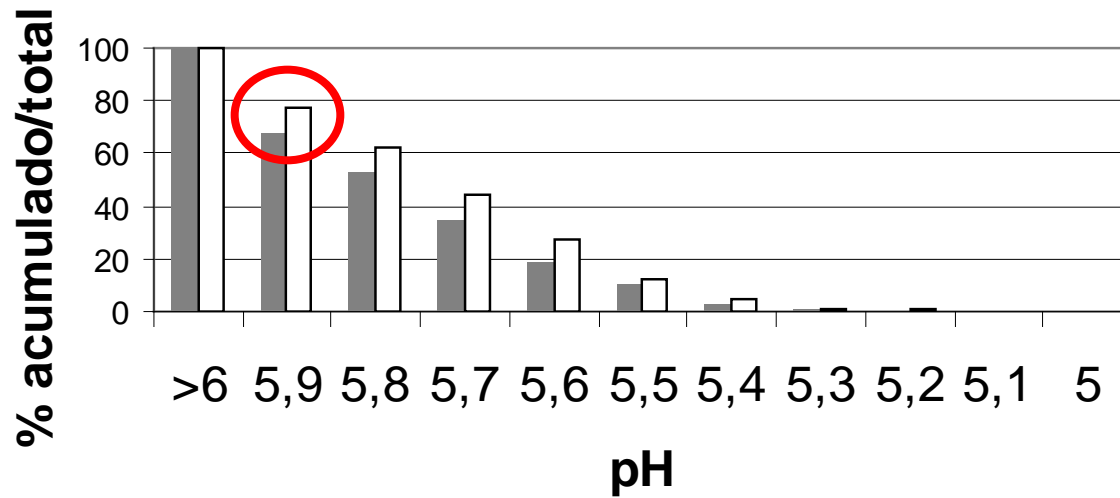
Serie Pergamino 1972 - 2000

	1972 t/ha	2000 t/ha	%	kg/año
Calcio	5,2	3,9	-25	- 46
Magnesio	3,3	2,7	-20	- 21,4

Michelena, 1989

¿LA ACIDIFICACIÓN de la
REGIÓN TEMPLADA
ARGENTINA ES UN HECHO
COMPROBADO?

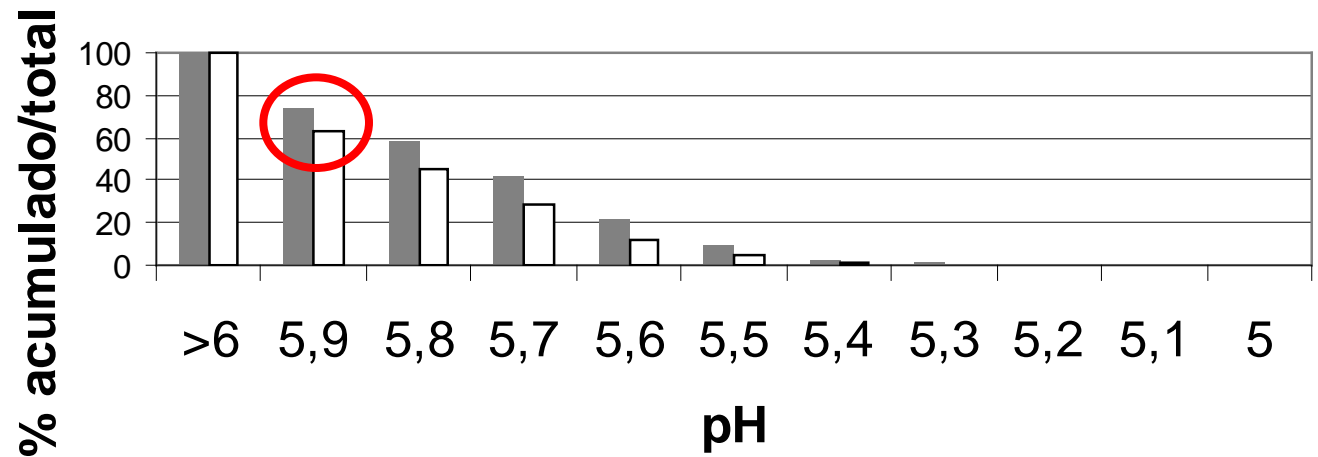
Campaña
2004/05



N Buenos Aires

S Santa Fe

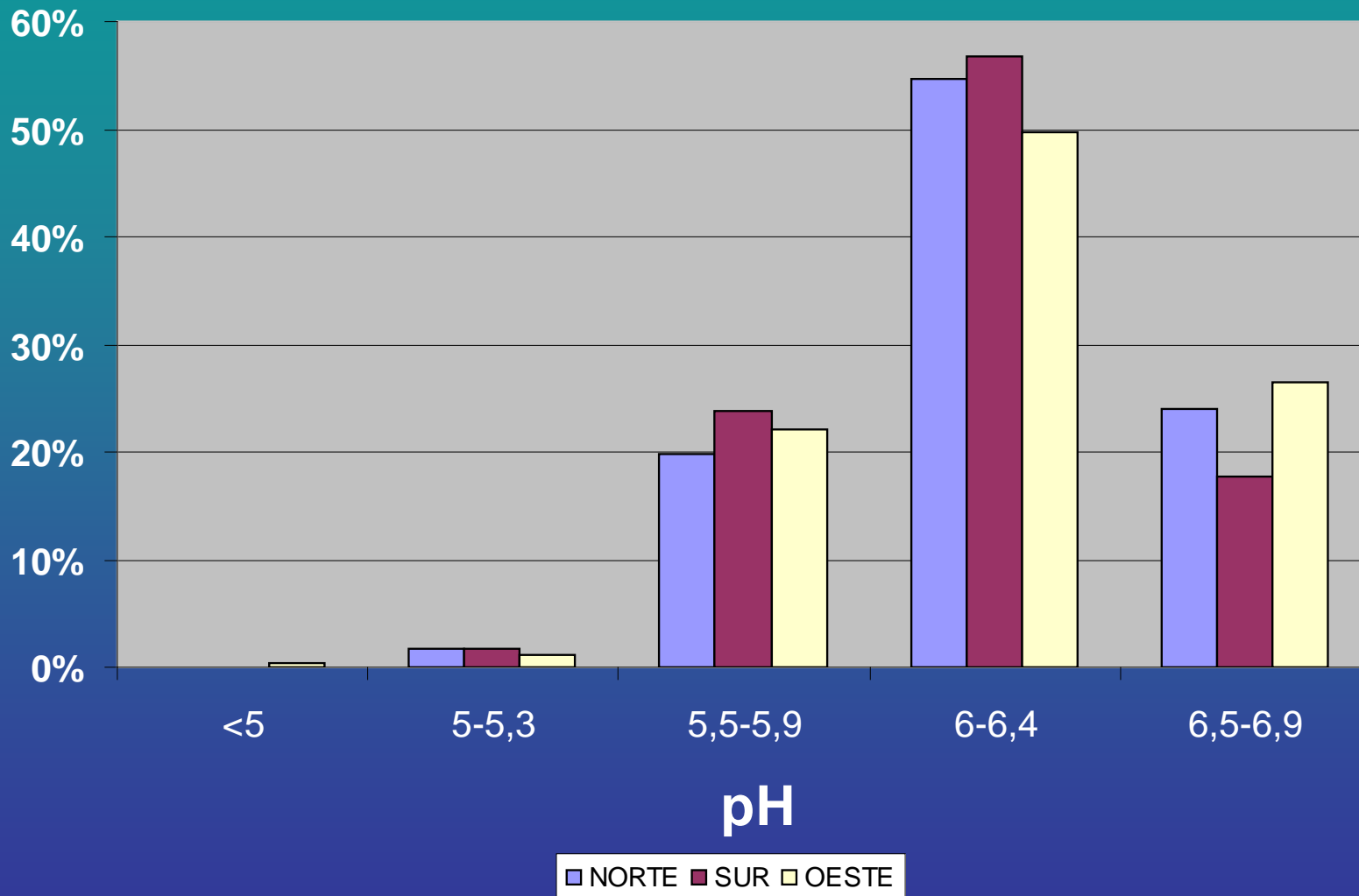
Campaña
2009/10



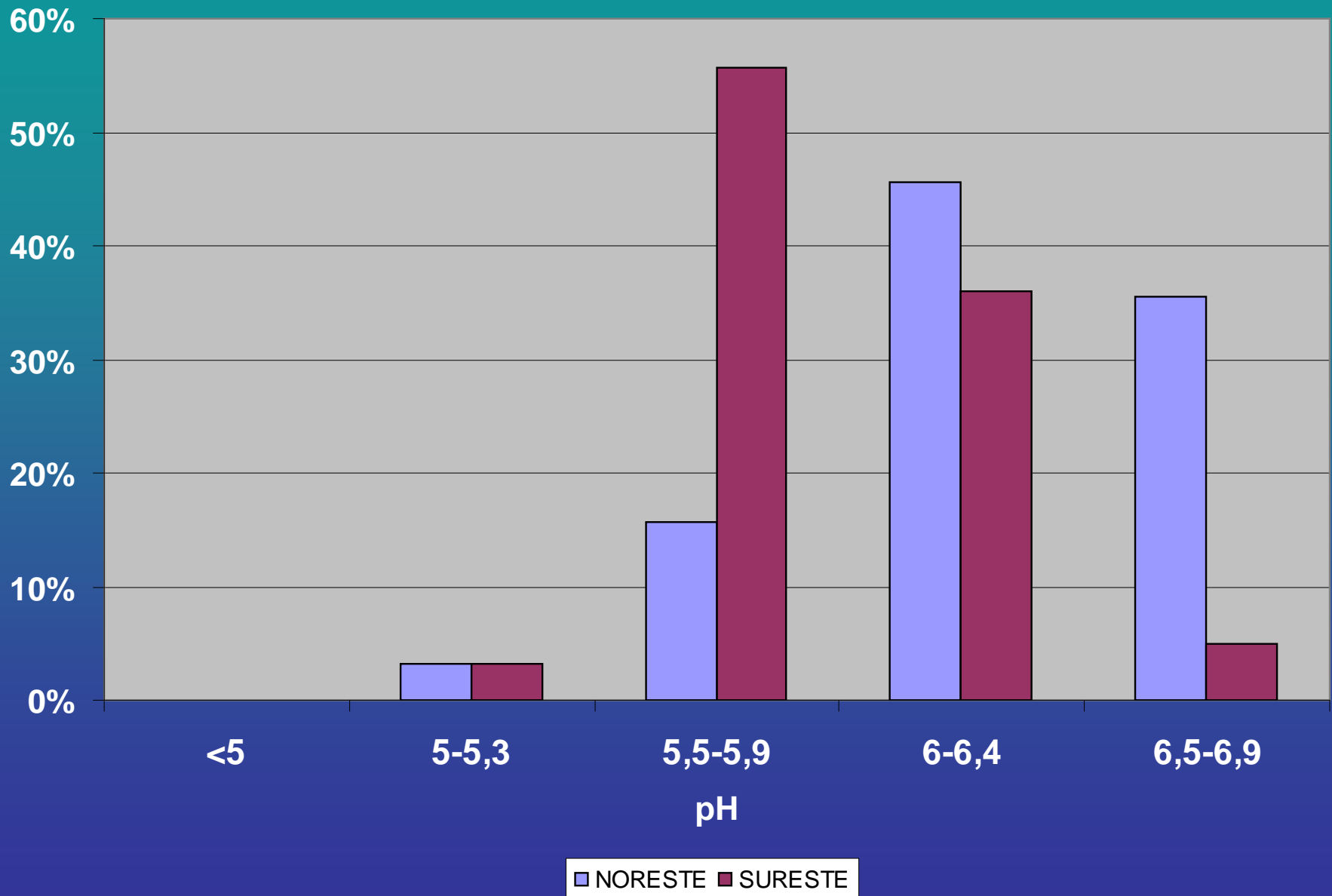
Vázquez y Rotondaro, 2005

Muestras de ALAP
(Asociación Laboratorios
Agropecuarios Privados)

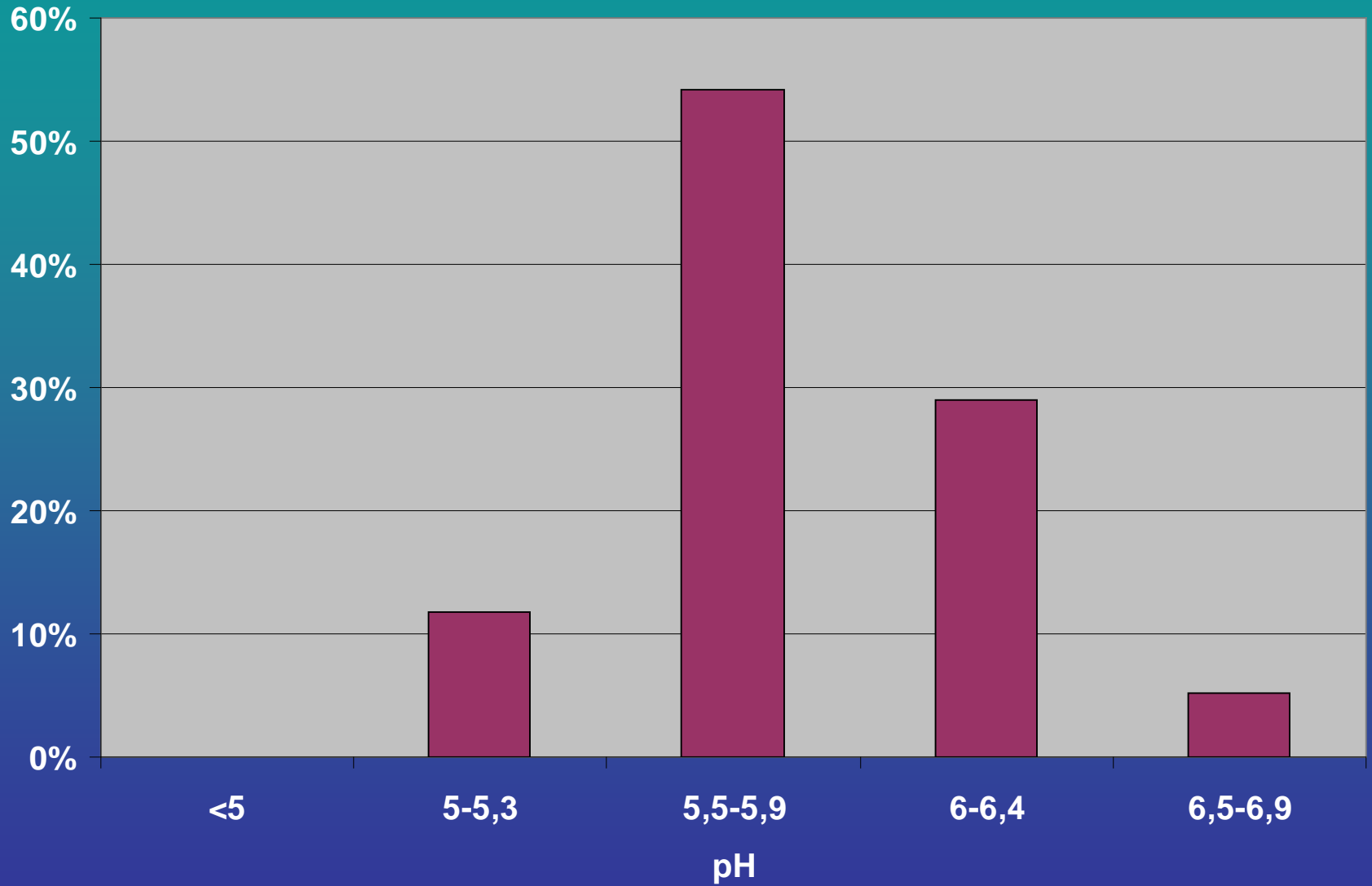
BUENOS AIRES



CÓRDOBA



SANTA FE





Buenos Aires
 Córdoba
 Santa Fe

CONSECUENCIAS

DIRECTAS

- Disminución de la fertilidad de nutrientes básicos (calcio, magnesio, potasio)
- **Afectación de procesos biológicos del nitrógeno y del fósforo**
- Disminución de la disponibilidad de fósforo
- **Disminución de la disponibilidad de micronutrientes (cobre, zinc, molibdeno)**
- **Reducción de la capacidad intercambio catiónica**
- **Afecta la estructuración del suelo**
- **Toxicidad de aluminio, hierro, hidrógeno???**

Algunos suelos

Tratamientos	Bavio	Pergamino	Lujan	Baradero	Azul	C. Casares	Etcheverry	Laboulaye
pH actual	5,5	5,8	5,7	6	5,4	6	5,1	5,1
pH potencial	4,4	4,8	5	5,1	4,9	5,8	4,7	4,4
Complejo de cambio (NH ₄ ⁺ Ac pH 7 1N)								
Cap.Int.Catiónica cmol _c /kg	15,2	17,7	16,1	15,1	20,6	19,1	13,5	11,5
Sat. de Ca ²⁺ %	59,8	68,5	67,4	67,2	73,6	65,3	72,4	64,3
Sat. de Mg ²⁺ %	25,6	18,9	18,4	19,3	18,4	16,9	16,2	20,4
Sat. de K ⁺ %	9,4	10,5	10,6	11,8	7,4	14,5	6,7	13,3
Sat. Básica (S) %	77,0	80,8	87,6	78,8	79,1	64,9	77,8	85,2
Ca ²⁺ / Mg ²⁺	2,33	3,63	3,65	3,48	4,0	3,86	4,47	3,15
(Ca ²⁺ + Mg ²⁺) / K ⁺	9,09	8,33	8,07	7,36	12,5	5,67	13,3	6,38
Mg ²⁺ / K ⁺	2,73	1,8	1,73	1,64	2,5	1,17	2,43	1,54
Al ³⁺ Interc. mg/kg	0,65	< 0,01	0,34	< 0,01	0,54	< 0,01	0,64	1,12
Taxonomía	Argiudol típico	Argiudol típico	Argiudol típico	Argiudol vértico	Argiudol típico	Hapludol típico	Argiudol típico	Hapludol éntico



pH actual



pH potencial

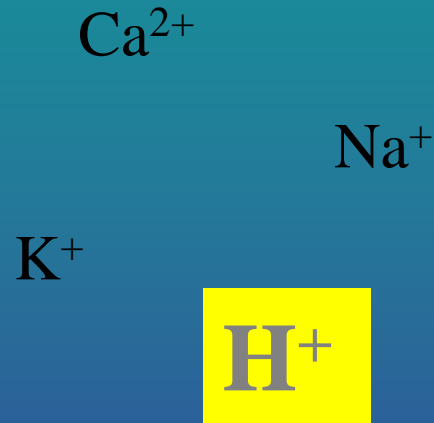
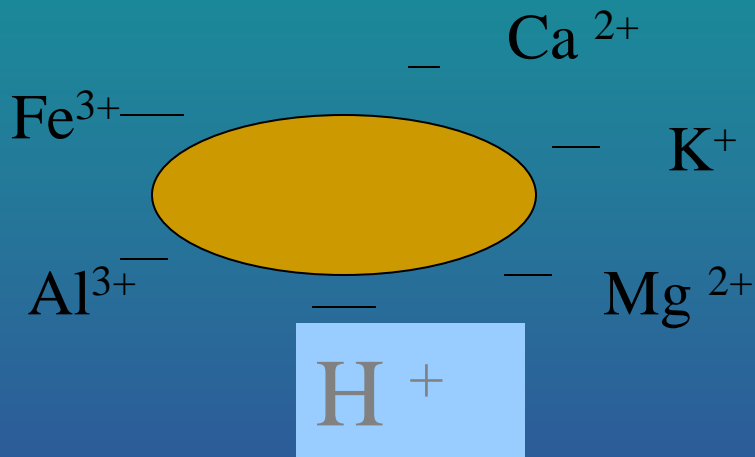


Al

pH potencial

Arcilla

Solución del suelo



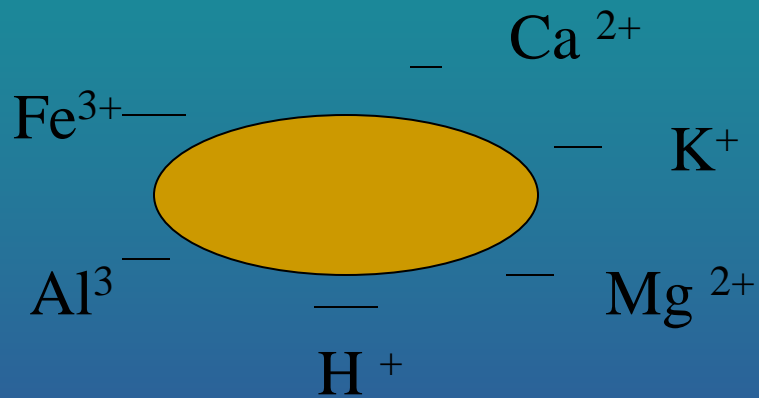
pH



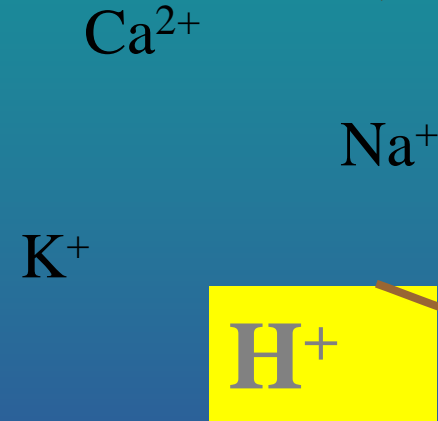
$-\text{Log} (\text{H}^{+})$ H^{+}

pH actual

Arcilla



Solución del suelo



+

H_2O

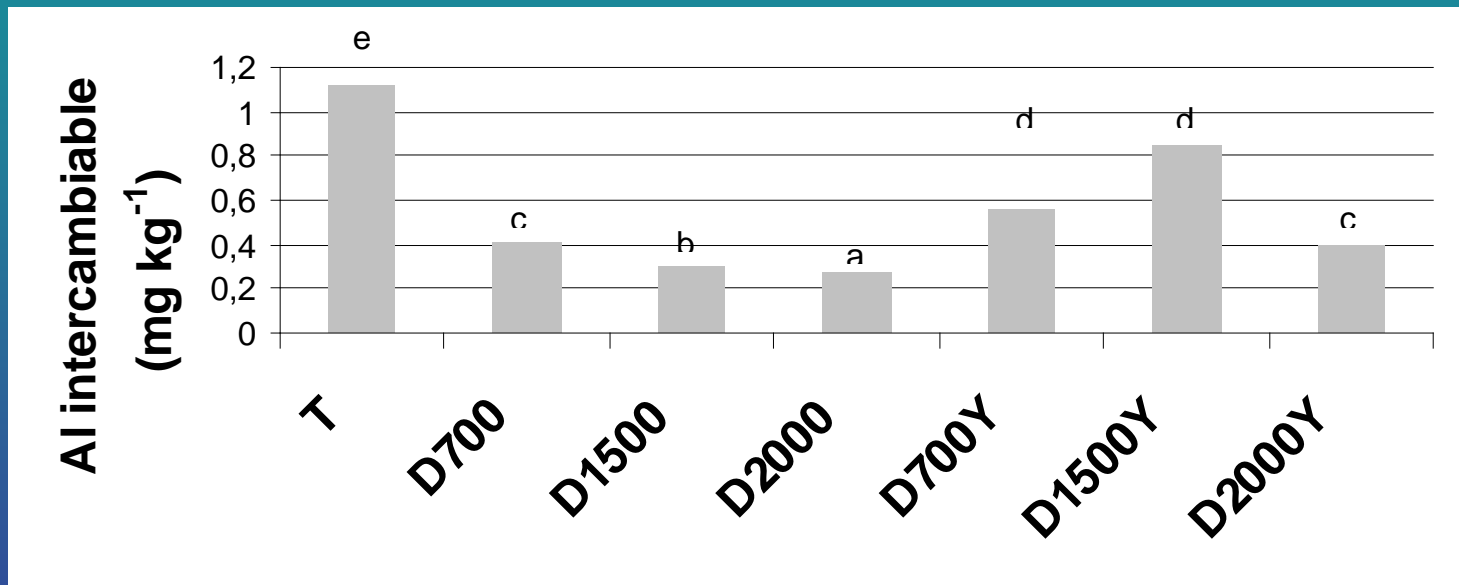


pH



- Log (H^{+})

CONTENIDO DE AL INTERCAMBIABLE



T: testigo

700, 1500, 2000 kg/ha

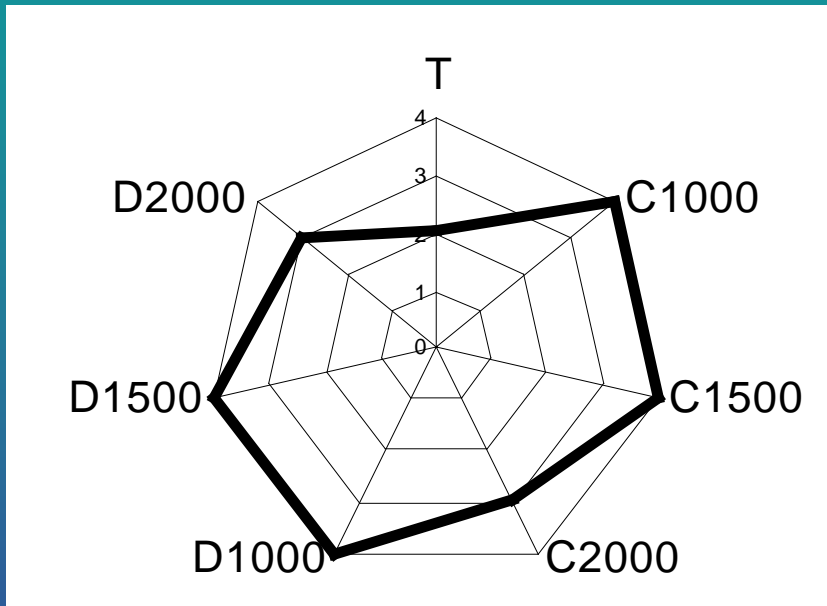
D: dolomita

Laboulaye

Y: yeso

pH actual: 5,1 pH pot.: 4,4

MICORRIZIZACIÓN



T: testigo

D: dolomita

C: conchilla

1000, 1500, 2000 kg/ha

La línea en negrita une los tratamientos estadísticamente superiores ($p < 0,5$)

De Luca et al. (2006)

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

Argiudol típico
La Plata

Tratamiento	MPa
Testigo	1,68
D1000	1,33
D1500	1,51
D2000	1,88
C1000	1,36
C1500	1,66
C2000	1,71

D: dolomita

C: caliza

Vázquez et al., 2009

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

Tratamiento	MPa
Testigo	1,68
D1000	1,33
D1500	1,51
D2000	1,88
C1000	1,36
C1500	1,66
C2000	1,71

D: dolomita

C: caliza

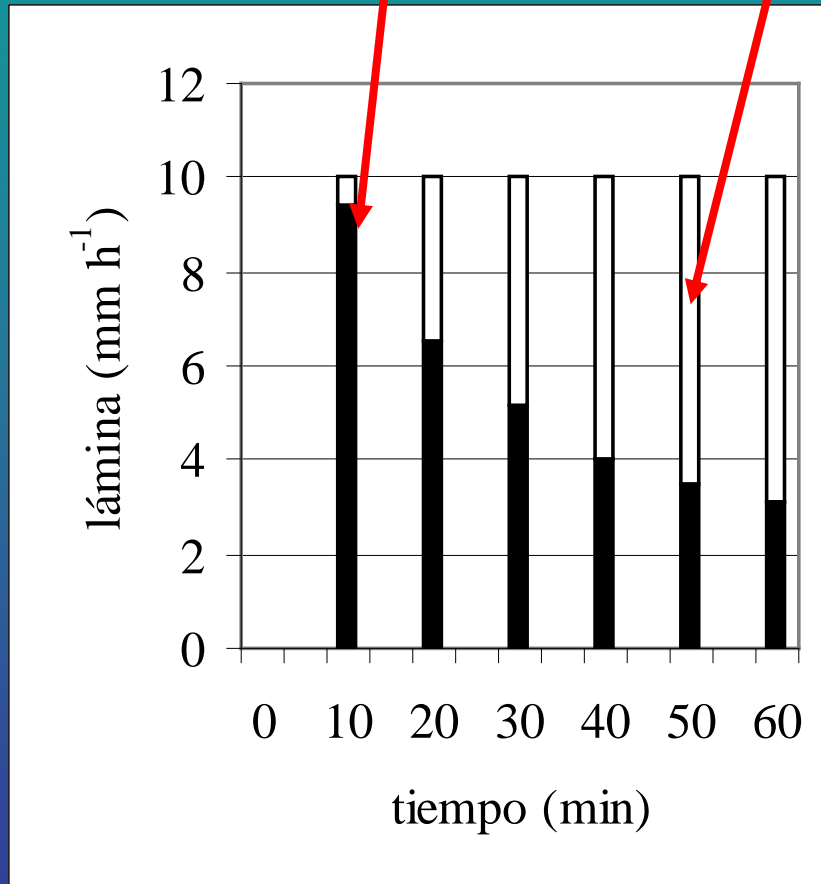
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

Tratamiento	MPa
Testigo	1,68
D1000	1,33
D1500	1,51
D2000	1,88
C1000	1,36
C1500	1,66
C2000	1,71

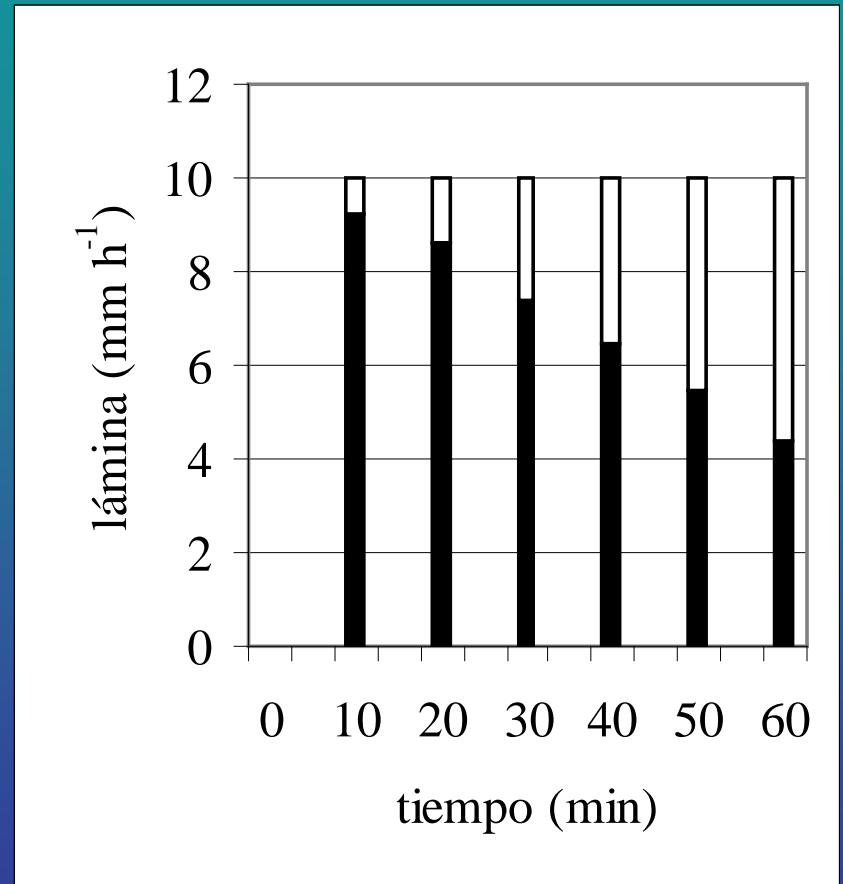
D: dolomita

C: caliza

INFILTRACIÓN ESCURRIMIENTO



TESTIGO



DOLOMITA
1000 KG/HA

INDIRECTAS

PRODUCCIÓN ANIMAL

- Hipocalcemia
- Osteomalacia
- Tetania hipomagnésémica
- Prolongación de anestro post parto
- No retención de servicios
- Endometritis pos-parto
- Irregularidad de celos
- Ovulaciones silenciosas

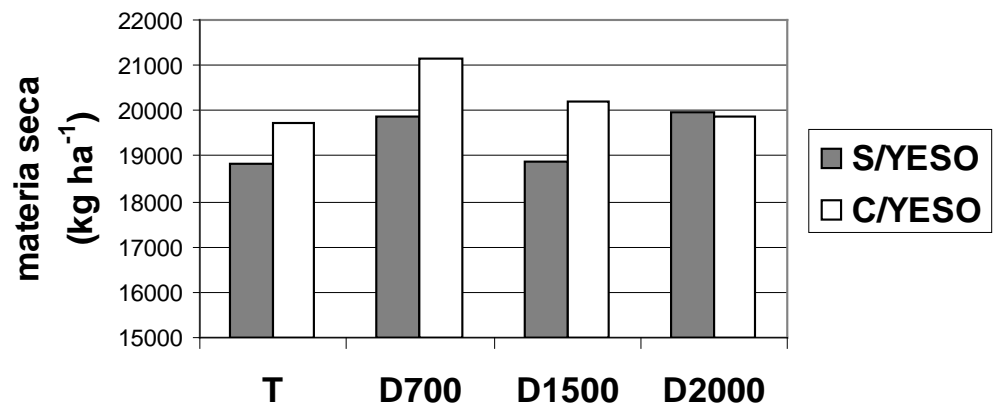
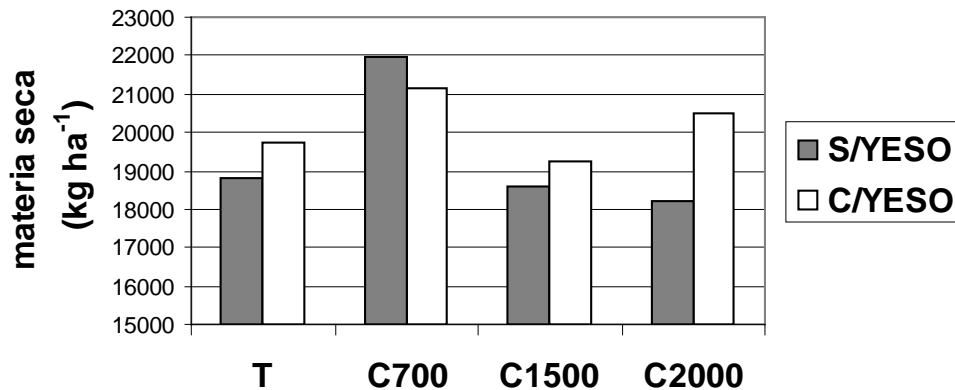
PRODUCCIÓN VEGETAL

ALFALFA (Laboulaye)

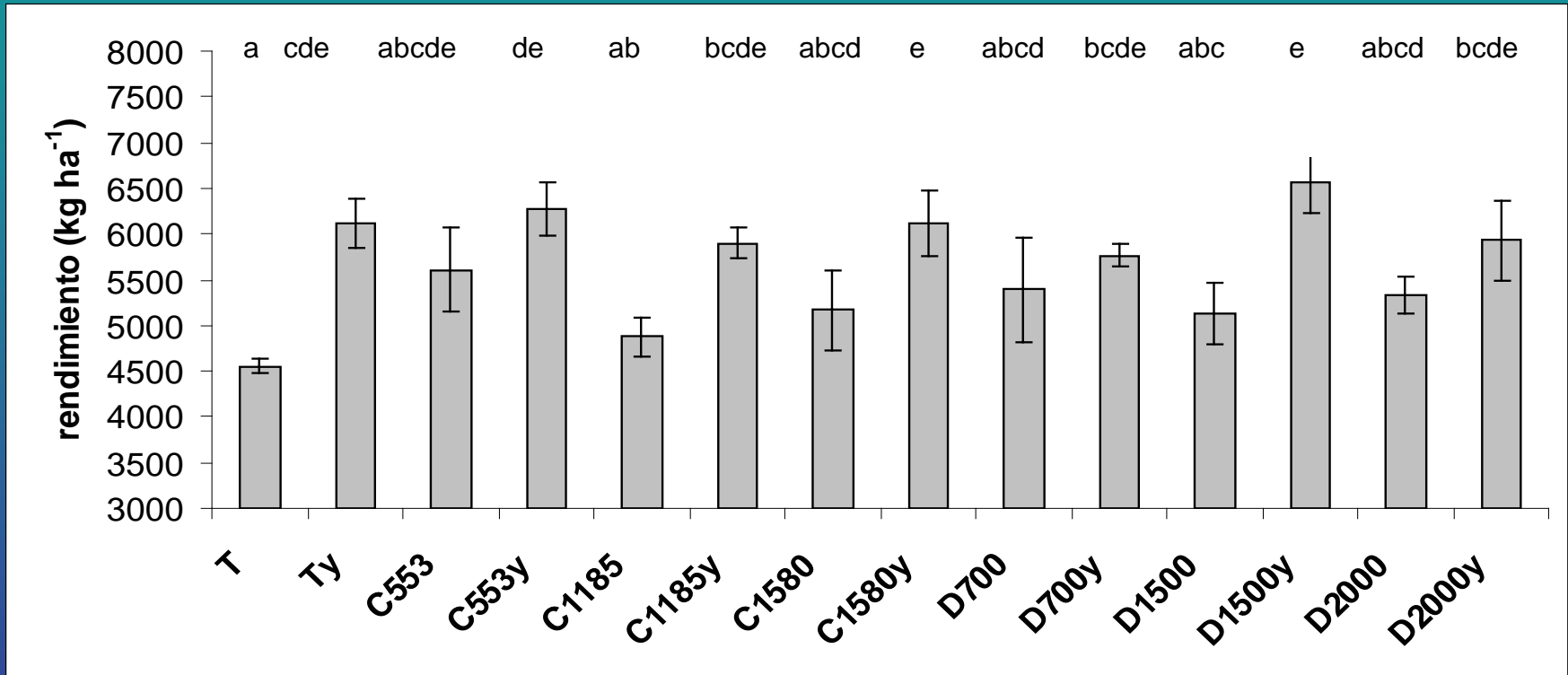
C: caliza

D: Dolomita

700, 1500, 2000 kg/ha



SOJA (Saladillo)



T: testigo
Y: yeso

C: caliza
D: dolomita

RESPUESTA EN RELACIÓN A LA CAPACIDAD PRODUCTIVA

Localidad	Rendimiento testigo	Δ Rendimiento por encalado
	kg/ha	
Rosario	3382,3	209,2
N. De la Riestra	3604,6	746,5
Roberts	3930,8	720,5
Saladillo	4769,0	1264,0

DIAGNÓSTICO

DOSIS RECOMENDADA POR DIFERENTES MÉTODOS

CaCO₃ (kg/ha)

Localidad	pH	Curva titulación	Buffer doble	SMP	pH Ac.NH4		
					1 vez	2 veces	3 veces
Tres Arroyos	6,4	1500	2730	1214	1340	2680	4020
Lincoln	6,0	1000	3569	1055	1560	3120	4680
Bavio	5,5	3720	5977	1684	910	1820	2730
Pergamino	5,8	1928	6067	1388	0	0	0
Luján	5,7	2370	5140	1915	0	0	0
Baradero	6,0	2400	3782	1275	470	940	1410
Azul	5,4	6600	6077	1332	1120	2240	3360
C. Casares	6,0	750	2540	912	0	0	0
Etcheverry	5,1	3600	7337	1376	1780	3560	5340

pH óptimo

- Alfalfa 6,5 - 7,5
- Soja 6,0 - 7,0
- Trebol Rojo 6,0 - 7,0
- Maíz 5,5 - 7,0
- Trigo 6,0 - 7,0
- Girasol 6,0 - 7,5
- Trébol rojo, *Lotus corniculatus* < 6

CASO SOJA

- EL pH es sólo orientativo
- Deben analizarse otras variables
 - Suelo (pH pot., saturación, Al)
 - Germoplasma
 - Enmienda (contenido de Ca, Mg, microelementos)

Saturación Básica

$$S \text{ (Saturación)} = (Ca + Mg + K + Na) / CIC$$

S ideal

65 - 85 %

Saturación de las bases/S

- Cálctica: 65 a 85%
- Magnésica: 6 a 12%
- Potásica: 2 - 5%

Relaciones entre las bases intercambiables

Algunos valores de referencia

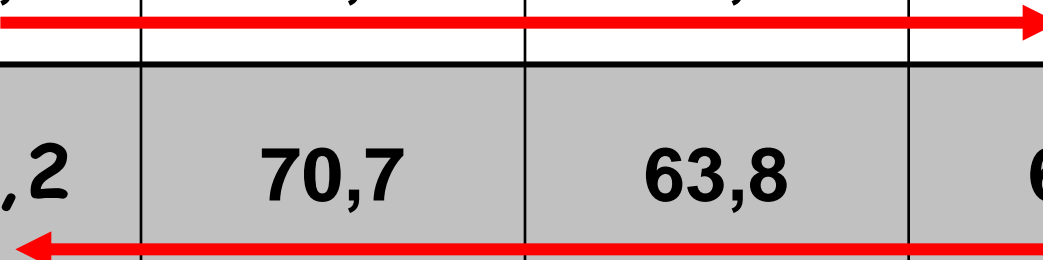
- $Ca + Mg / K$ 7 - 11/1
- Ca / Mg 3 - 15 /1
- Mg / K 2 - 5/1

¿MÉTODO DEL ACETATO DE AMONIO 1N pH7?

Millán et al. 2010

C: caliza

	Testigo	C1000	C1500	C2000
pH actual	5,1	5,9	6,0	6,0
pH potencial	4,4	5,2	5,1	5,1
CIC (cmoc/kg)	11,5	13,5	14,8	15,1
Saturación (%)	85,2	70,7	63,8	65,9

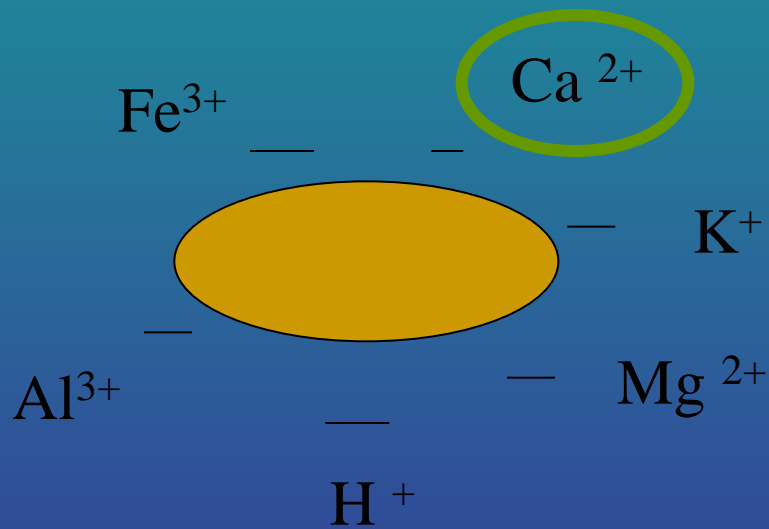


pH 6

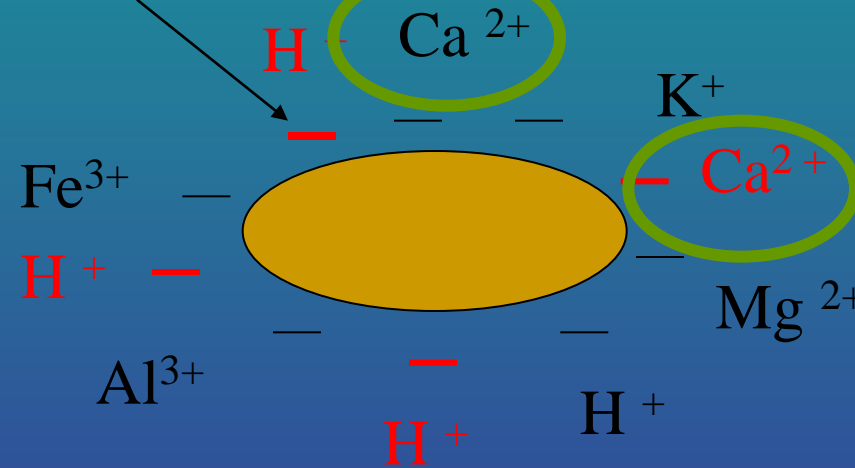


pH 7

Arcilla



más cargas negativas



SITUACIÓN ARTIFICIAL

CARGAS VARIABLES O DEPENDIENTES DEL pH afectadas por el extractante



ESTO EXPLICARÍA MAYOR CIC

NO EXPLICARÍA DIFERENCIAS
ENTRE TRATAMIENTOS

¿POR QUÉ CAMBIA CIC CON
LOS TRATAMIENTOS SI TODO
ESTA MEDIDO A pH 7?



El tenor de CO_2 afecta los
fenómenos de adsorción

¿MÉTODO DE NH_4Cl 0,2M

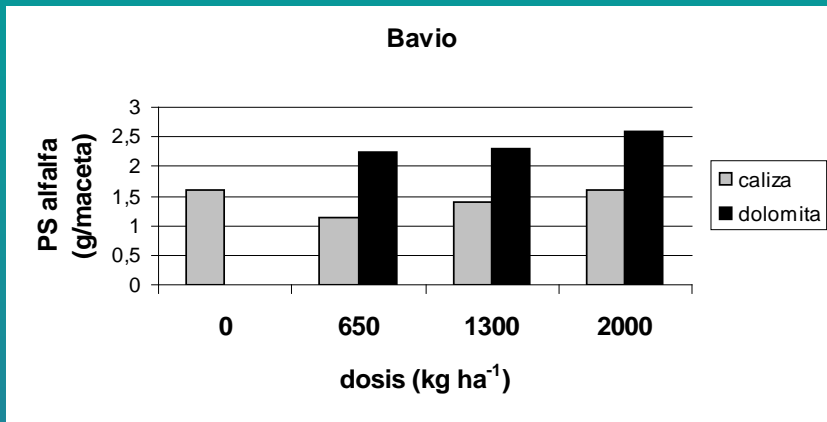
pH del suelo?

C: caliza

	Testigo	C1000	C1500	C2000
pH actual	4,4	5,9	6,0	6,0
pH potencial	5,1	5,2	5,1	5,1
CIC pH 7	11,5	13,5	14,8	15,1
CIC pH suelo	9,1	9,8	10,0	10,2

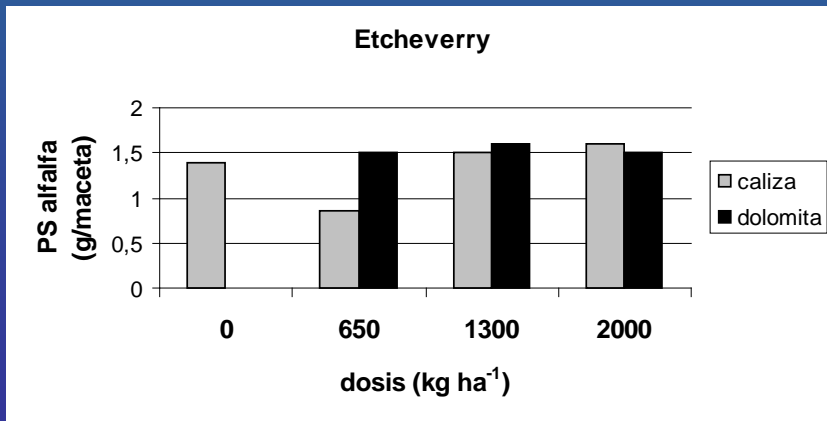
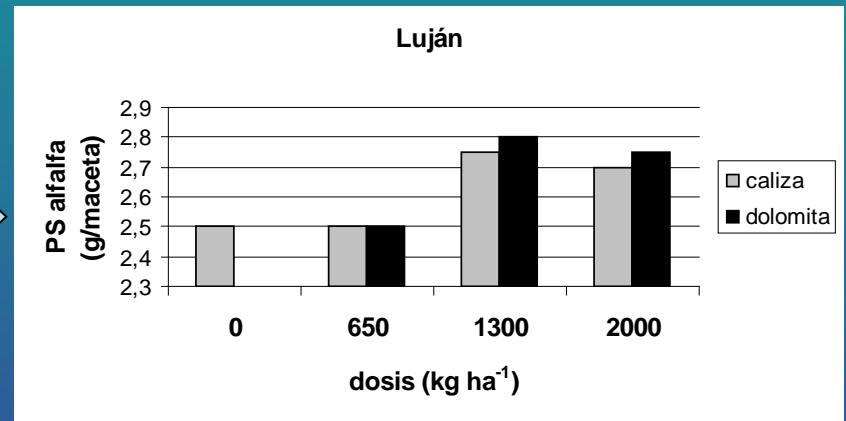
Es importante medir la CIC,
Ca y Mg al pH del suelo para
hacer diagnóstico

¿CÓMO ELEGIMOS EL
PRODUCTO?



pH actual: 5,5
 pH pot.: 4,4
 Sat. cálcica: 59,8 %
 Sat. magnésica: 25,6 %
 Ca int.: 7 cmolc kg⁻¹
 Mg int.: 3 cmolc kg⁻¹

pH actual: 5,7
 pH pot.: 5,0
 Sat. cálcica: 67,4 %
 Sat. magnésica: 18,4 %
 Ca int.: 9,5 cmolc kg⁻¹
 Mg int.: 2,6 cmolc kg⁻¹



pH actual: 5,1
 pH pot.: 4,7
 Sat. cálcica: 72,4 %
 Sat. magnésica: 16,2 %
 Ca int.: 7,6 cmolc kg⁻¹
 Mg int.: 1,7 cmolc kg⁻¹

1. Analizar la escala jerárquica de las problemáticas y el lugar en ella de la acidificación
2. Analizar la saturación de Ca y Mg y su relación en el suelo
3. Evaluar las características de la enmienda (solubilidad, otros elementos)
4. Evaluar el requerimiento del material genético
5. Realizar experiencias de campo

CONCLUSIONES

Suelos de la Región Pampeana afectados por acidificación se caracterizan por:

- **deficiencias relativas generalizadas de Ca, en relación a Mg y K, y en menor medida de Mg en relación al K**
- **en suelos con valores de pH actual entre fuerte/ligeramente ácidos, el pH potencial fue desde muy fuerte/medianamente ácido, en muchos casos por debajo de 5,5, permitiendo prever la posibilidad de aumento del Al intercambiable**
- **hasta el presente el Al intercambiable no ha alcanzado niveles de toxicidad citados por la literatura.**

Entre las causas deben destacarse:

- la producción agropecuaria no repositiva de elementos básicos
- la producción de soja
- el alto nivel de rendimiento de los cultivos de las últimas décadas
- la alfalfa y otros tréboles en áreas ganaderas de carne o leche
- el importante incremento del consumo de fertilizantes nitrogenados

Las consecuencias más importantes son:

DIRECTAS

- Disminución de la disponibilidad de nutrientes (Ca, Mg, K, N, P, Cu, Zn, Mo)
- Reducción de la capacidad intercambio catiónica
- Afectación propiedades físicas
- Eventual toxicidad de aluminio, hierro, hidrógeno

INDIRECTAS

- nivel de producción (forrajeras, cultivos de cosecha)
- problemas sanitarios en ganado
- pérdida de capacidad productiva del suelo

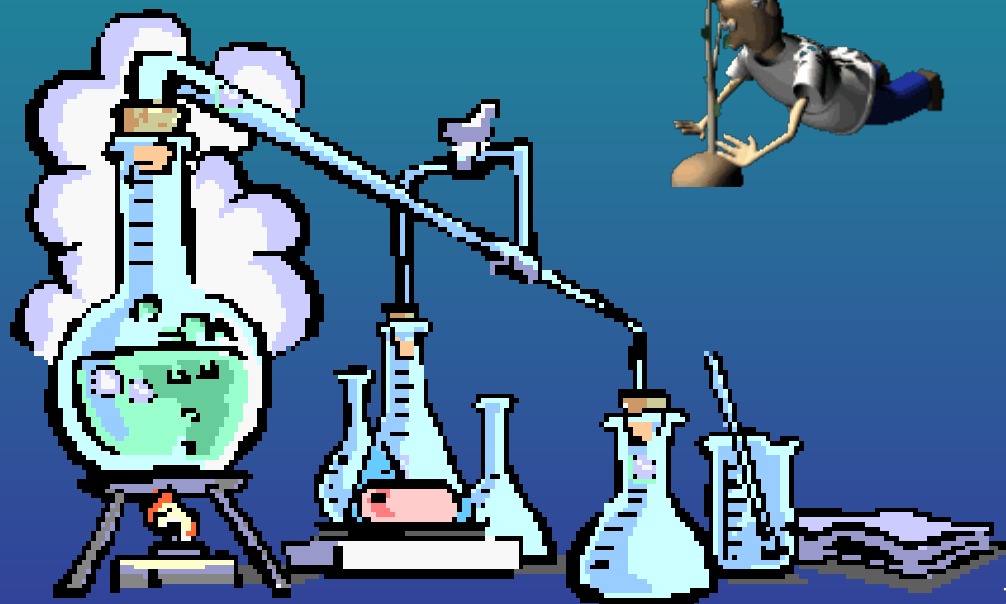
Para el diagnóstico debe evaluarse:

- pH actual y potencial
- CIC y cationes de cambio al pH del suelo
- Saturación básica y de cada base en particular
- Relaciones entre las bases

La elección del producto debe tener en cuenta:

- análisis del suelo
- análisis de la enmienda
- resultados de las experiencias de campo

¡Muchas Gracias!

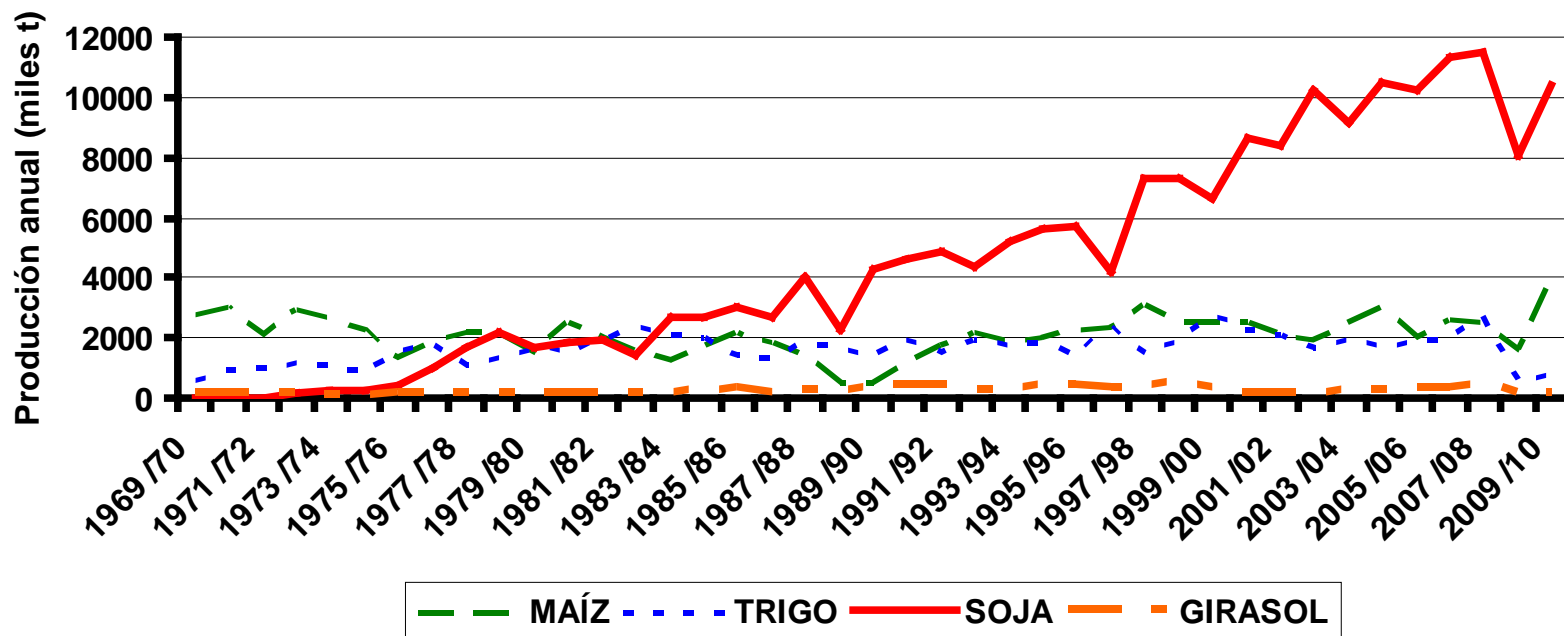


Dra. Ing. Agr. Mabel E. Vázquez
FACyF - UNLP

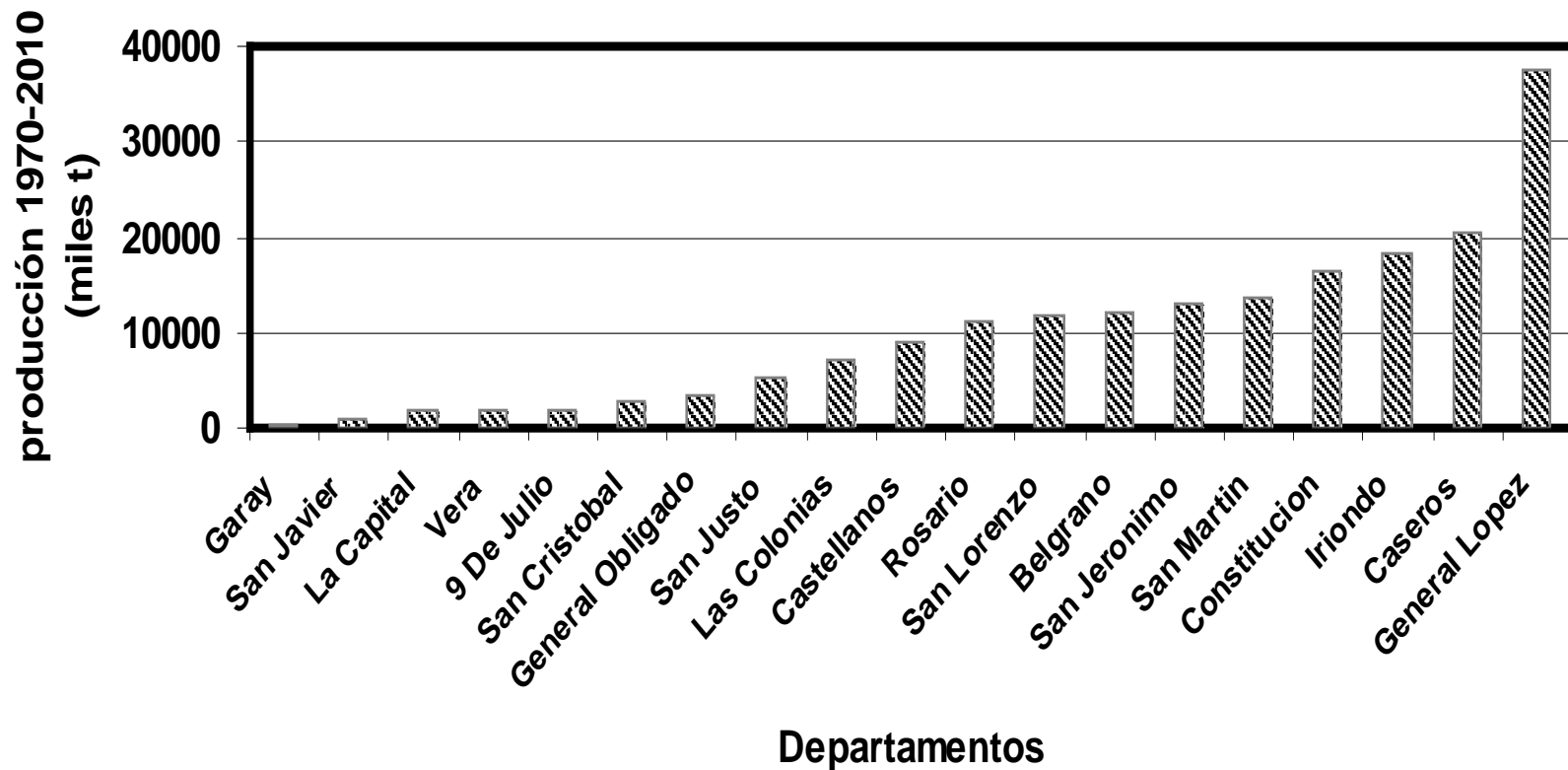
E-mail: mvazquez@agro.unlp.edu.ar

UN CASO
LA PROVINCIA DE SANTA FE

PRODUCCIÓN



PRODUCCIÓN SOJA



EXPORTACIÓN DE NUTRIENTES BÁSICOS

