

## Experiencias en fertilización completa de trigo/soja en Alberti (Buenos Aires) \*

Ing. Agr. Roberto F. Klein  
Criadero Klein S.A.  
CC 74 ( 6634 ) Aberti – Buenos Aires, Argentina  
e-mail: royjakle@infovia.com.ar [www.trigoklein.com.ar](http://www.trigoklein.com.ar)

### Artículo publicado en Informaciones Agronómicas del Cono Sur, N°17, Marzo 2003

Experiencias realizadas en pasturas consociadas por el Criadero Klein (Alberti, Provincia de Buenos Aires) en 1997 y 1998 demostraron que si la fertilización fosfatada se complementaba con azufre, boro, potasio y magnesio se podría triplicar la producción de materia seca por ha. A partir de estos resultados obtenidos con la fertilización balanceada de pasturas, se propuso realizar experiencias similares para el doble cultivo trigo-soja. En las campañas 1998/99, 1999/00, 2000/01 y 2001/02 se establecieron una serie de ensayos de fertilización con el objetivo de determinar la respuesta del doble cultivo trigo/soja a la aplicación de otros nutrientes que no sean nitrógeno (N) y fósforo (P), los nutrientes generalmente aplicados en la zona.

Las evaluaciones incluyeron dos tipos de ensayos:

1. Ensayos NP-Completa: Estos ensayos fueron de carácter exploratorio con el objetivo de determinar respuestas potenciales a otros nutrientes que no sean N y P (nutrientes “no convencionales”). En siete ensayos se compararon dos tratamientos: la fertilización NP versus una aplicación completa que incluyó además de NP a los nutrientes potasio (K), azufre (S), magnesio (Mg), cobre (Cu), zinc (Zn) y boro (B).
2. Ensayos por Nutriente: En estos ensayos se buscó determinar a cual o cuales de los nutrientes “no convencionales” se debía la respuesta a la fertilización completa observada en los ensayos indicados en el párrafo anterior. Se establecieron tres ensayos en los que se determinó el efecto individual de cada uno de los nutrientes “no convencionales” sobre una base común de fertilización NP.

#### Materiales y Métodos

Los ensayos fueron realizados en y por los miembros de Criadero Klein S.A. situado en la localidad de Plá, Partido de Alberti, Buenos Aires, Latitud 35 ° Sur y Longitud 60 ° W aproximadamente, sobre lotes con siembra directa continua estabilizada de varios años, y a lo largo de 4 campañas agrícolas entre los años 1998 y 2001. Los suelos fueron clasificados como Argiudoles típicos de la Serie O'Higgins de textura franca a franca arenosa, moderadamente profundos, de buena capacidad de retención de humedad, y bien drenados. Las experiencias llevadas a cabo se realizaron en parcelas de tamaño adecuado según su complejidad y tuvieron entre tres y seis repeticiones por tratamiento. Los ensayos evaluados se describen a continuación.

#### 1. Ensayos NP-Completa

Las dosis de nutrientes de la fertilización de base (NP) como la Completa variaron cada campaña de acuerdo a las experiencias que se fueron adquiriendo en la zona (Tabla 1).

Tabla 1. Nutrientes aplicados en los ensayos NP-Completa en el cultivo de trigo

Año	Lote	Tratamiento	N	P	K	S	Mg	Cu	Zn	B
----- kg/ha -----										
1998/99	5	NP	86	34						
		Completa	78	27	6,75	7,2	5,4	1	1,05	0,22
	40	NP	108	34						
		Completa	99	28	9	9,9	6	1	1	0,3
	42	NP	86	34						
		Completa	78	27	6,75	7,2	5,4	1	1,05	0,22
51	NP	86	34							
	Completa	78	27	6,75	7,2	5,4	1	1,05	0,22	
	9	NP	95	25						
1999/00	9	Completa	92	25	6,7	7	4,7	0,8	0,8	0,5
		NP	76	30						
	36	Completa	75	26	7,6	7,7	5	0,8	0,8	0,4
		NP	76	30						
	50	Completa	75	26	7,6	7,7	5	0,8	0,8	0,4

#### 3. Ensayos por Nutriente

Las dosis de N y P utilizadas en los ensayos fueron superiores a las dosis normalmente utilizadas para evitar que deficiencias de estos dos nutrientes enmascaren la respuesta a los otros nutrientes en evaluación.

En la **campaña 1999/00 (lote 27)**, los tratamientos evaluados incluyeron dos niveles de NP (95 y 25 kg/ha para N y P en el nivel bajo y 110 y 49 kg/ha de N y P para el nivel alto) sobre los cuales se evaluaron 8 tratamientos con KSMgCuZn, con y sin la aplicación de boro (0 y 0.5 kg/ha), resultando en un total de 32 tratamientos (2 niveles NP \* 2 niveles B \* 8 tratamientos KSMgCuZn) (Tabla 2).

En la **campaña 2000/01 (lote 7)**, los tratamientos evaluados incluyeron distintas combinaciones de S, Mg, Cu y B sobre una base común de N (200 kg/ha) y de P (36 kg/ha) (Tabla 3).

En la **campaña 2001/02 (lote 50)**, los tratamientos evaluados incluyeron distintas combinaciones de K, S, Mg, y B sobre una base común de N (160 kg/ha) y de P (58 kg/ha) (Tabla 4).

Tabla 2. Combinaciones KSMgCuZn evaluadas a dos niveles de fertilización NP, y con y sin aplicación de boro en el lote 27 (Campaña 1999/00)

Tratamiento	K	S	Mg	Cu	Zn
	----- kg/ha -----				
1	0	0	0	0	0
2	4,9	5,9	2,9	1,2	1,2
3	5	0	0	1,2	1,2
4	5	5,4	0	1,2	1,2
5	4,9	5,9	2,9	0	0
6	0	5,8	0	0	0
7	4,9	5,9	2,9	1,2	0
8	6,7	7	4,7	0,8	0,8

Tabla 3. Combinaciones SMgCuB evaluadas con una fertilización de base NP en el lote 7 (Campaña 2000/01)

Tratamiento	S	Mg	Cu	B
	----- kg/ha -----			
1	0	0	0	0
2	7,7	0	0	0,94
3	15	0	0	0,92
4	0	7,8	0	0,95
5	0	0	0	0,5
6	0	0	0	0,92
7	0	0	1,8	0,89
8	19,8	10,1	2,5	1,23
9	20,7	10,3	2,6	1,29

Tabla 4. Combinaciones KSMgB evaluadas con una fertilización de base NP en el lote 50 (Campaña 2001/02)

Tratamiento	K	S	Mg	B
	----- kg/ha -----			
1	0	0	0	0
2	0	9,6	0	0,4
3	0	9,6	0	0,78
4	0	9,6	0	0
5	0	15	0	0
6	19	15	9,4	0

En todos los ensayos, el fertilizante nitrogenado aplicado fue urea granulada en ambos tratamientos, sirviendo de vehículo en las mezclas con otros nutrientes. Para la aplicación se utilizó una fertilizadora neumática de 9 líneas a 2 metros (18 metros de ancho) al voleo. Para disminuir los errores de aplicación, el fósforo se aplicó cruzado a las parcelas y fue incorporado con sembradora sin semilla. Los tratamientos se aplicaron al trigo y las evaluaciones fueron hechas en dicho trigo y en la soja de segunda, sin fertilizar nuevamente, con el objetivo de evaluar el efecto residual. La soja de segunda se sembró cruzada a las parcelas para disminuir posibles fallas de nacimiento. La distancia entre surcos fue 16 centímetros.

En algunos lotes/año se realizaron análisis de planta de trigo en distintas etapas fenológicas : Planta entera llegando a encañazón y hoja bandera en antesis. También para la soja se analizaron muestras de planta entera joven y de último trifolio desarrollado a floración.

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y se separaron las medias según la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% de probabilidad. Se utilizaron pruebas de contrastes para realizar comparaciones específicas entre tratamientos.

## Resultados

### A. Análisis de suelo

En la Tabla 5 se indican los resultados de los análisis de suelo para cada lote, previo a la siembra del cultivo de trigo.

Tabla 5. Análisis de suelo previo a la siembra del trigo en los distintos lotes y niveles críticos según referencias bibliográficas.

Lote	CIC meq/100 g	pH	MO %	P	K	Mg	Ca	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
				----- mg/kg -----									
<i>1998/99</i>													
5	15	5,9	3,5	4	489	189	1319	14	0,1	1,3	100	42	3
40	14	5,9	3,3	7	453	195	1350	14	0,1	1,3	95,6	42	3
42	15	5,9	3,3	9	559	203	1324	15	0,3	1,3	74,4	41	3
51	16	5,9	3,7	7	491	203	1383	14	0,1	1,3	99,9	42	4
<i>1999/00</i>													
9	17	5,8	3,7	8	571	223	1540	14	0,2	1,4	66,9	40	5
36	13	5,9	2,8	5	513	179	1286	15	0,3	1,3	65,7	40	4
50	15	5,9	2,6	5	516	200	1363	15	0,3	1,3	70,3	40	4
27	14	6,1	2,5	8	563	210	1391	13	0,2	1,2	67	39	5
<i>2000/01</i>													
7	15	6,0	3,3	7	497	182	1246	15	0,4	1,2	61	39	3
<i>2001/02</i>													
50	14	6,2	3,5	11	540	210	1392	7,7	0,2				5
<i>Niveles críticos</i>				<i>15-20</i>	<i>180</i>	<i>60</i>		<i>10</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>4 #</i>

# Nivel crítico para Zn de acuerdo a la metodología de determinación utilizada. Los niveles críticos normales de Zn son de 1 ppm para las metodologías normalmente utilizadas.

Los contenidos de materia orgánica (MO) y los niveles de pH y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) son normales para suelos de la zona de buena fertilidad. Los contenidos de P disponible y de B fueron bajos en todos casos. Los contenidos de K, Mg, Cu, Fe y Mn se ubicaron muy por arriba de los niveles considerados críticos en la literatura. La de Zn estuvo cerca del nivel crítico en todos los casos. Los análisis se realizaron en el laboratorio Spectrum (Ohio, EE.UU), salvo el lote 50 – 2001/02 realizado en Suelo Fertil ACA (Pergamino, Buenos Aires).

### B. Rendimientos

#### B. 1. Ensayos NP-Completa

El promedio de los tratamientos NP fue de 4262 y 2125 kg/ha para trigo y soja, respectivamente, mientras que los tratamientos de fertilización completa mostraron promedios de 4726 y 2425 kg/ha también para trigo y soja, respectivamente. Es decir que la respuesta promedio a la fertilización completa fue de 464 kg/ha en trigo y de 300 kg/ha para soja de segunda.

Las condiciones climáticas de la campaña 1998/99 fueron muy buenas para el trigo y la soja lográndose altos rendimientos y diferencias entre los tratamientos (Tabla 6). La fertilización completa incrementó significativamente el rendimiento de trigo y soja de segunda en dos de los cuatro ensayos analizados. Las diferencias visuales que se manifestaron notablemente en todo el ciclo del cultivo fueron más importantes en soja que trigo.

La campaña 1999/00 tuvo una primavera y verano seco, esto afectó al trigo en su etapa de llenado disminuyendo el peso de 1000 granos en las parcelas con fertilización completa que alargaron su ciclo. Los rendimientos de trigo fueron menores que en la campaña 1998/99 y los de soja se vieron muy afectados por la falta de agua en la implantación y en los estados vegetativos y reproductivos iniciales.

Los lotes en los que se observaron respuestas significativas a la fertilización completa presentaron niveles muy bajos de B en suelo (0.1-0.2 mg/kg) y bajos de Zn (3-5 mg/kg). Entre los sitios con respuesta se observaron bajas concentraciones de Mg en planta joven de soja en los lotes 5 y 40 (datos no mostrados).

Tabla 6. Rendimientos promedios en trigo y en soja de segunda en los ensayos NP-Completa.

Año	Lote	Tratamiento	Rendimiento Trigo	Rendimiento Soja
----- kg/ha -----				
1998/99	5	NP	4227	2223
		Completa	5109 *	2541 *
	40	NP	4154	1985
		Completa	4725 ns	2607 *
	42	NP	5018	2625
		Completa	5249 ns	2815 ns
	51	NP	5620	2927
		Completa	6263 *	3061 ns
1999/00	9	NP	3225	1454
		Completa	4000 *	1475 ns
	36	NP	3890	1699
		Completa	4012 ns	2105 #
	50	NP	3701	1962
		Completa	3721 ns	2374 #

\* Indica diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos de fertilización.

ns Indica que no hubo diferencias significativas entre tratamientos de fertilización

# Figura sólo el promedio, ya que no fue posible contar con los datos de todas las repeticiones.

## B. 2. Ensayos por Nutriente

### Campaña 1999/00 – Lote 27

El rendimiento de trigo del tratamiento testigo con base NP bajo fue de 3925 kg/ha y el promedio del mejor tratamiento fertilizado, que fue el completo con K, S, Cu, Zn y B y NP alto, alcanzó 5151 kg/ha. Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos. Las pruebas de contrastes realizadas entre tratamientos específicos determinaron que las respuestas se debieron a efectos significativos de dosis de NP, de S y de B (Fig. 1). El mismo tipo de prueba de contrastes no mostró respuestas significativas a la aplicación de Mg, Zn o Cu+Zn. Las concentraciones de Mg, B, Cu y Zn en planta entera en encañazón del tratamiento testigo (base NP bajo) se ubicaron por debajo de los niveles críticos según referencias internacionales. Este lote presentó muy baja disponibilidad de B y baja disponibilidad de Zn en suelo.

Los rendimientos de soja fueron afectados por las muy reducidas precipitaciones registradas a la implantación y en los estados vegetativos de desarrollo del cultivo. El rendimiento del tratamiento testigo (NP bajo) fue de 1077 kg/ha y el promedio del mejor tratamiento, que fue el que contenía S con base NP alto, alcanzó 1475 kg/ha. A pesar de los bajos rendimientos, se determinaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo las pruebas de contrastes no permitieron identificar el o los nutriente/s responsable/s de esta respuesta.

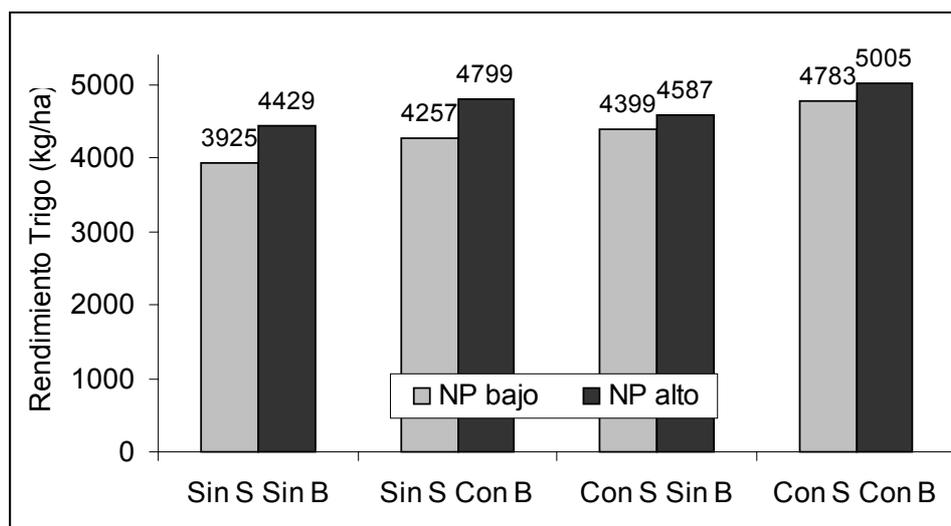


Figura 1. Rendimientos promedios de trigo para tratamientos con dosis baja o alta de NP y con y sin la aplicación de azufre (S) y boro (B). Campaña 1999/00, lote 27. Criadero Klein S.A., Alberti, Buenos Aires.

### Campaña 2000/01 – Lote 7

Este lote presentó disponibilidades bajas de B y Zn en suelo. Los rendimientos de trigo variaron entre 3999 y 4221 kg/ha sin diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Las concentraciones de Mg, B y Cu en planta

entera a encañazón y de Mg, Cu y Zn en hoja bandera a espigazón fueron inferiores a los valores de referencia. La información de soja de segunda de este ensayo no fue analizada.

### **Campaña 2001/02 – Lote 50**

La disponibilidad de S, B y Zn en suelo de este lote fue baja. Los rendimientos de trigo variaron entre 3514 kg/ha (base NP) y 3806 kg/ha (base NP + 9.6 kg S) (Fig. 2). Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos debidas a la aplicación de S. El agregado de K, Mg o B no afectó los rendimientos. Las concentraciones de K, Mg, B, Cu y Zn en hoja bandera en espigazón se ubicaron debajo de los niveles críticos de referencia.

Los rendimientos de soja variaron entre 1614 kg/ha (base NP) y 2669 kg/ha (base NP + 15 kg S) (Fig. 2). Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos debidas a la aplicación de S. El agregado de K, Mg o B no afectó los rendimientos. Las concentraciones de S en el último trifolio desarrollado al estado de floración se ubicaron debajo de los niveles críticos de referencia.

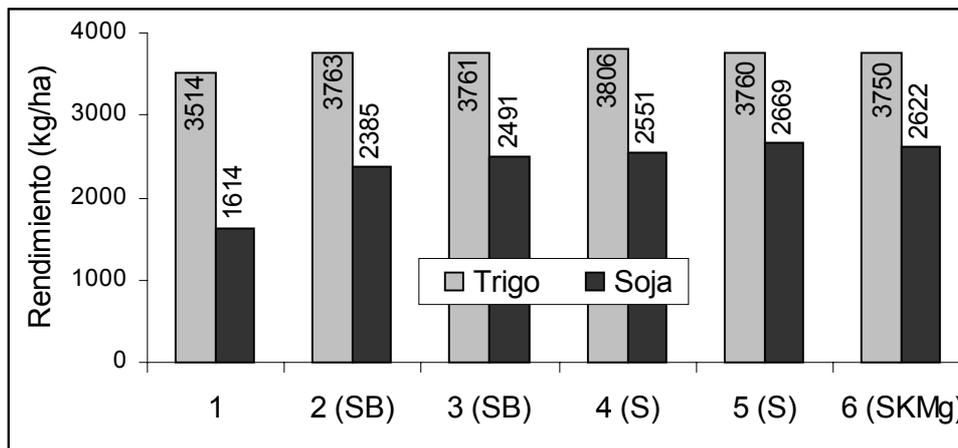


Figura 2. Rendimientos promedio de trigo y de soja para tratamientos con aplicación de azufre (S), potasio (K), magnesio (Mg) o boro (B). Todos los tratamientos recibieron una aplicación de base uniforme de N y P. La descripción completa de los tratamientos se indica en la Tabla 4. Campaña 2001/02, lote 50. Criadero Klein S.A., Alberti, Buenos Aires.

### **Análisis global**

Los resultados de estos ensayos indican que la aplicación de nutrientes “no convencionales” puede resultar en respuestas significativas y económicas en el doble cultivo trigo-soja. Según los resultados de los Ensayos por Nutriente, el S y el B serían los principales responsables de las respuestas determinadas en los Ensayos NP-Completa.

Las respuestas a la fertilización completa se relacionaron significativamente con la disponibilidad de B en suelo en el caso de trigo (Fig. 3), y con la CIC en el caso de soja (Fig. 4). La relación B en suelo-Respuesta en trigo es auspiciosa porque indicaría que B fue deficiente para este cultivo y el análisis de suelo podría predecir esa deficiencia. Si se tiene en cuenta que la CIC de un suelo esta determinada fundamentalmente por el contenido de arcilla y MO, la relación inversa CIC-Respuesta de soja estaría indicando que los lotes más arenosos y/o de menor contenido de MO son los de mayor potencial de respuesta a la fertilización completa en soja. No se pudieron establecer otras relaciones de significancia entre las variables de suelo determinadas a la siembra con los rendimientos y respuestas a la fertilización tanto en trigo como en soja.

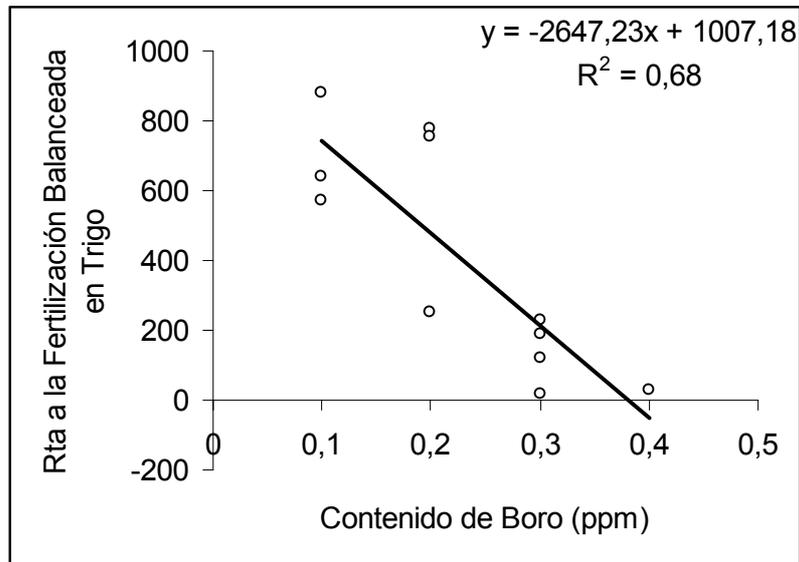


Figura 3. Relación entre el contenido de boro en suelo y la respuesta de trigo a la fertilización completa.

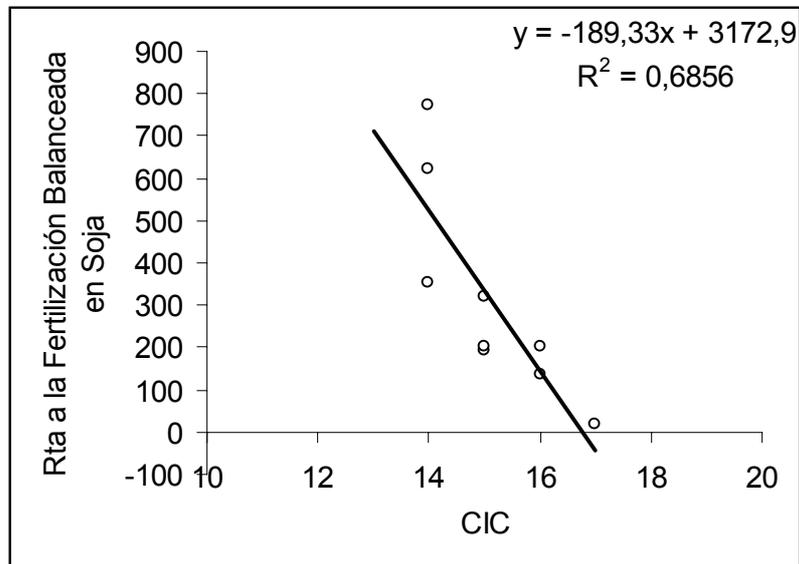


Figura 4. Relación entre la capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC) y la respuesta a la fertilización completa en soja.

## Conclusiones

Las conclusiones de estas experiencias indican que:

- ✓ Debemos, y lo estamos haciendo, ajustar las dosis más rentables conociendo que elementos nos producen las diferencias. Nuestros ensayos actuales vuelven a tener dosis comerciales de cultivos.
- ✓ No debemos descuidar la fertilización básica con fósforo y nitrógeno, y pensar solo en elementos adicionales cuando tengamos completos los requerimientos básicos de estos nutrientes.
- ✓ Creo que también es adecuado fertilizar cada lote pensando en la rotación de cultivos, sus rendimientos, la reposición de nutrientes exportados y un adicional para llevar nuestros suelos a los niveles deseados.
- ✓ La respuesta al azufre en soja de segunda por residualidad del trigo es rentable y se repite en los años.
- ✓ En nuestra zona, los testigos futuros deben incluir nitrógeno, fósforo y azufre.
- ✓ El boro sería un elemento a tomar en cuenta cuando se pronostican años normales y/o secos. Con pronósticos de lluvias abundantes se debería actuar con prudencia.
- ✓ Debemos continuar ajustando los métodos de diagnóstico de los análisis de suelos para así conocer los umbrales críticos de respuesta.
- ✓ Los análisis de tejidos son una metodología muy interesante para entender las reacciones de las plantas y su posible respuesta en rendimiento.
- ✓ Debemos continuar aprendiendo y experimentando.

## **Agradecimientos**

- Al Ing. Agr. Antonio P. Mallarino que es mi guía, mi crítico y mi maestro en fertilidad.
- Al Ing. Agr. Ignacio Bauschen de ASP por las horas de charlas y discusiones.
- A PASA y ASP por la provisión de materiales especiales.
- A los Ing. Agr. Fernando García y Federico Micucci por el análisis estadístico mas la ayuda en la compaginación de tantos datos.
- A todos y cada uno de los miembros de Criadero Klein S. A. que apoyan todo el tiempo dedicado a este tema y muchos otros.