

**Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos  
Región CREA Sur de Santa Fe**

***Resultados de la campaña 2002/03: Trigo***

*Preparado por Alejandro Thomas (Asesor CREA Gral. Baldissera), Miguel Boxler (Asesor Privado), Jorge Minteguiaga (Coordinador Zonal), Raúl Houssay (CREA María Teresa), Luciano Martín (Agroservicios Pampeanos), Angel Berardo (Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce) y Fernando O. García (INPOFOS Cono Sur)*

En la campaña 2002/03, la región Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con el auspicio de Agroservicios Pampeanos (ASP), continuó la Red de Ensayos de Nutrición de Cultivos iniciada en la campaña 2000/01. Los objetivos generales de la Red son:

1. Determinar respuestas (directas y residuales) de los cultivos dentro de la rotación a la aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) en diferentes ambientes de la región
2. Evaluar algunas metodologías de diagnóstico de la fertilización nitrogenada, fosfatada y azufrada
3. Evaluar deficiencias y respuestas potenciales a otros nutrientes: potasio (K), magnesio (Mg), boro (B), cobre (Cu) y zinc (Zn)

En este informe se reportan los resultados observados en trigo en seis ensayos que se destinaron a trigo/soja en la campaña 2002/03. Los objetivos específicos para estos seis ensayos fueron:

1. Evaluación de la respuesta a la fertilización nitrogenada (directa y residual) y de métodos de diagnóstico. Los métodos de diagnóstico evaluados fueron: disponibilidad de N-nitratos en pre-siembra y concentración de N-nitratos en jugo de base de tallos.
2. Evaluación de la respuesta a la fertilización fosfatada (directa y residual) y del análisis de suelos en capa superficial en pre-siembra como método de diagnóstico.
3. Evaluación de la respuesta a la fertilización azufrada (directa y residual) y del análisis de S-sulfatos en pre-siembra como método de diagnóstico.
4. Evaluación del rendimiento sin limitaciones nutricionales en cada uno de los sitios de experimentación.

## Materiales y Métodos

Los seis ensayos que se reportan en este informe se establecieron en lotes bajo siembra directa de varios años ubicados en establecimientos de los distintos grupos CREA de la región Sur de Santa Fe en las provincias de Santa Fe y Córdoba (Tabla 1). Los ensayos se implantaron sobre las mismas parcelas de la campaña 2001/02, siendo el tercer año de experimentación para los ensayos de La Blanca, San Antonio y Santo Domingo (Maíz en 2000/01, Soja en 2001/02) y el segundo año de experimentación para Lambaré, La Hansa y La Lira (Soja en 2001/02).

La cantidad de nutrientes y los fertilizantes aplicados a la siembra del trigo se indican en la Tabla 2. Los seis tratamientos establecidos fueron similares en los seis sitios. En todos los sitios, los tratamientos se disponen en un diseño en bloques completos con tres repeticiones.

El manejo general del cultivo (control de malezas, fecha de siembra, etc.) fue similar al manejo del lote, utilizándose maquinaria del productor en todos los casos.

En pre-siembra, se muestrearon tratamientos selectos en los tres bloques para determinar: P Bray en capa superficial (0-20 cm); y N-nitratos, y S-sulfatos a 0-20, 20-40 y 40-60 cm de profundidad. Se tomaron veinte “piques” por muestra superficial y 10 “piques” por muestra subsuperficial.

Se determinó el contenido de agua del suelo a 0-100 cm de profundidad a la siembra y a 0-60 cm en floración y madurez fisiológica en el tratamiento 5 (NPS).

Al estado de macollaje se determinó la concentración de nitratos en jugo de base de tallos (NJBT) utilizando un equipo Nitracheck en los tratamientos PS y NPS.

En todos los tratamientos se muestreó la hoja bandera a antesis (30 hojas por parcela). Estas muestras se secaron y se almacenaron para decidir posteriormente cuales están serán analizadas (información no presentada).

A cosecha se determinó el rendimiento y la humedad de grano. Los rendimientos reportados se han corregido al 14% de humedad. En todos los tratamientos se tomaron muestras de grano para evaluar la concentración de nutrientes (información no presentada).

## Resultados

### *Análisis de suelo*

En las Tabla 3 se muestran los resultados de los análisis de suelo previos a la siembra. Se observó efecto residual de la fertilización fosfatada de años anteriores en La Blanca, La Hansa y Santo Domingo. En La Lira, Lambaré y San Antonio, el nivel de P Bray del tratamiento NS fue similar o superior que el nivel del tratamiento NPS, lo que podría deberse a variabilidad en el muestreo, bajo efecto residual del P aplicado en años anteriores, y/o mayor extracción de P en el tratamiento NPS por mayores rendimientos de los cultivos antecesores. Estos comentarios son igualmente válidos para los análisis de N-nitratos en los seis sitios. En cuanto al S-sulfatos, los mayores niveles de los tratamientos NPS que los tratamientos NP en La Blanca, La Hansa, Lambaré y Santo Domingo podrían estar demostrando cierto efecto residual.

Los niveles de disponibilidad de N-nitratos fueron adecuados en general, ubicándose por sobre los 100 kg/ha, cantidad de N disponible utilizada como nivel crítico por varios grupos CREA de la Región Sur de Santa Fe. La excepción fue el caso de La Hansa donde la disponibilidad inicial de N-nitratos fue baja, con 55 y 37 kg/ha de N-nitratos para los tratamientos PS y NPS, respectivamente (Tabla 3).

El contenido de P Bray fue bajo en los San Antonio y La Lira, y se ubicó en niveles medios a altos en los otros cuatro sitios. Los niveles S-sulfatos se ubicaron por debajo del nivel de 10 ppm S-sulfatos, indicado como umbral crítico en la literatura internacional, excepto en el caso del tratamiento NPS en La Lira.

### *Rendimientos y respuestas a la fertilización*

En general, los rendimientos se ubicaron muy por debajo de los esperados de acuerdo al desarrollo de los cultivos. Cabe destacar que la variedad utilizada en todos los ensayos (Klein Don Enrique) presentó un fuerte ataque de roya de la hoja en esta campaña, y en muchos sitios experimentales, a pesar de los tratamientos con funguicidas, se observaron ataques importantes (por ej. La Hansa). Los rendimientos también pudieron haber sido afectados por las bajas temperaturas ocurridas en el período encañazón-floración, y las altas temperaturas durante llenado de grano que acortaron este período y redujeron el peso de granos. En Santo Domingo en particular, el cultivo fue afectado por la caída intensa de granizo 15 días antes de la cosecha, por lo tanto los rendimientos reportados son mucho menores a los esperados de acuerdo al desarrollo del cultivo. Todos estos efectos sobre los rendimientos también afectaron las respuestas a la fertilización.

La disponibilidad de agua a la siembra fue elevada en todos los sitios (Tabla 1). Las precipitaciones fueron en general reducidas entre Junio y Agosto (excepto para La Lira y San Antonio en Agosto), pero en Octubre se registraron precipitaciones adecuadas (Tabla 1). Teniendo en cuenta el período de crecimiento del cultivo (Julio-Noviembre), las precipitaciones fueron superiores a los 300 mm para todos los sitios, con la excepción de

Lambaré (246 mm). A pesar de estas diferencias en precipitaciones durante el ciclo del cultivo, la disponibilidad de agua no parece haber sido la determinante de los bajos rendimientos obtenidos, ya que el sitio con menores precipitaciones (Lambaré) fue el de mayor rendimiento.

Los rendimientos, respuestas y el análisis estadístico se presentan en la Tabla 4. Se observaron respuestas significativas a los tratamientos de fertilización en cuatro sitios (La Blanca, La Hansa, La Lira y San Antonio). En general, los tratamientos que incluyeron P resultaron en los mayores rendimientos. Los rendimientos promedio de los seis ensayos muestran respuestas de 407 a 502 kg/ha sobre el Testigo en los cuatro tratamientos con P y de solo 141 kg/ha para el tratamiento NS (Fig. 1).

Los rendimientos en **Lambaré** fueron los más elevados de la red, aunque sin diferencias significativas entre tratamientos. Este sitio presentó una alta disponibilidad de P Bray y N-nitratos a la siembra (Tabla 3).

En **Santo Domingo** se registraron los rendimientos más bajos como resultado del efecto de granizo ya indicado. La disminución de rendimientos afectó las respuestas a la fertilización y no se encontraron diferencias entre tratamientos.

En **La Blanca** todos los tratamientos fertilizados superaron al Testigo con diferencias de 875 kg/ha (Tratamiento NS) a 1240 kg/ha (Tratamiento NPSMicros).

Los rendimientos en **La Hansa** fueron muy bajos, probablemente por el efecto del intenso ataque de roya que disminuyó severamente el área foliar activa. En este sitio, la baja fertilidad del lote resultó en respuestas significativas a N, P y S, aunque estas respuestas se vieron reducidas por el efecto del ataque de roya.

En **La Lira** se determinó respuesta a la fertilización fosfatada a partir de los niveles medios a bajos de P Bray (respuesta a P de 381kg/ha).

En **San Antonio**, las diferencias entre tratamientos se debieron a la aplicación de P, con una respuesta de 469 kg/ha, de acuerdo con el nivel medio a bajo de P Bray. También se determinó efecto de la aplicación foliar de Mg+Zn, con una respuesta de 253 kg/ha.

### ***Relaciones entre las variables de suelo y planta y los rendimientos y las respuestas a la fertilización***

Las relaciones entre las variables de suelo y planta y los rendimientos y las respuestas a la fertilización, fueron afectadas por los efectos climáticos y de roya como se indicó anteriormente.

A continuación, se discuten algunas relaciones significativas entre estas variables y las respuestas a N y P. Debe tenerse en cuenta que las respuestas aquí indicadas involucran el efecto directo de la fertilización de esta campaña más el efecto residual de las aplicaciones de 2000/01 (Maíz) y 2001/02 (Soja) en La Blanca, San Antonio y Santo Domingo, y de 2001/02 (Soja) para Lambaré, La Hansa y La Lira (Soja en 2001/02).

Las necesidades de N para los rendimientos alcanzados en los ensayos se pueden estimar entre 40 y 120 kg/ha de N absorbido en planta, unos 80 a 240 kg/ha de N disponible en suelo considerando una eficiencia de uso de N del

50%. Estas bajas demandas de N, debido a los bajos rendimientos, fueron mayormente cubiertas por el N acumulado a la siembra y el N mineralizado durante el ciclo del cultivo. Por esta razón, solamente se observaron respuestas a N en La Hansa, un sitio de muy baja fertilidad.

La respuesta a N en los seis ensayos de esta campaña y los cinco de la campaña pasada (2001/02) se relacionó significativamente con la disponibilidad de N-nitratos a la siembra. Esta relación indica que no hubo respuestas a la fertilización nitrogenada con disponibilidades superiores a 100 kg/ha de N-nitratos a 0-60 cm (Fig. 2), por los bajos rendimientos observados en ambas campañas. Los lotes con respuestas de 500 kg/ha o superiores presentaron disponibilidades de N-nitratos menores de 60 kg/ha a 0-60 cm de profundidad. La respuesta a N no se relacionó con el contenido de nitratos en jugo de base de tallos (datos no mostrados).

Considerando los seis sitios de esta campaña más los cinco sitios de trigo de la campaña 2001/02, los suelos con menos de 20 ppm de P Bray muestran una respuesta a la fertilización fosfatada de 53.9 kg trigo por cada ppm de P Bray por debajo de 20 ppm (Fig. 4). Nuevamente, como para N, las respuestas se observaron con niveles bajos de disponibilidad de P por los bajos rendimientos alcanzados, las respuestas mayores de 500 kg/ha se obtuvieron con disponibilidad de P Bray por debajo de 12 ppm.

La Hansa, el único sitio con respuesta a S, presentó niveles bajos de S-sulfatos a la siembra, sin embargo, estos niveles también fueron bajos en los otros sitios donde no se observó respuesta a la fertilización azufrada.

### **Conclusiones**

1. Las condiciones climáticas registradas y la incidencia de roya de la hoja redujeron el potencial de rendimiento y, por lo tanto, la respuesta a los distintos nutrientes.
2. Se encontraron respuestas significativas a N en La Hansa, a P en La Hansa, La Lira y San Antonio, a S en La Hansa, y a los otros nutrientes en San Antonio. El ensayo de La Blanca mostró respuestas significativas a las interacciones NP, NS, PS y NPS.
3. Considerando los seis sitios de esta campaña y los cinco sitios de la campaña 2001/02, se obtuvieron relaciones significativas entre las respuestas a N y la disponibilidad de N-nitratos en suelo a la siembra, y la respuesta a P y los niveles de P Bray en el suelo.
4. En esta campaña, se observaron respuestas significativas a S en un sitio y a la aplicación de Mg+Zn foliar en otro ensayo.

### **Agradecimientos**

- A todos los asesores, productores y personal de los establecimientos que implantaron los ensayos y participan en este proyecto.
- A *Agroservicios Pampeanos (ASP)* por su continuo apoyo para la realización de esta Red.

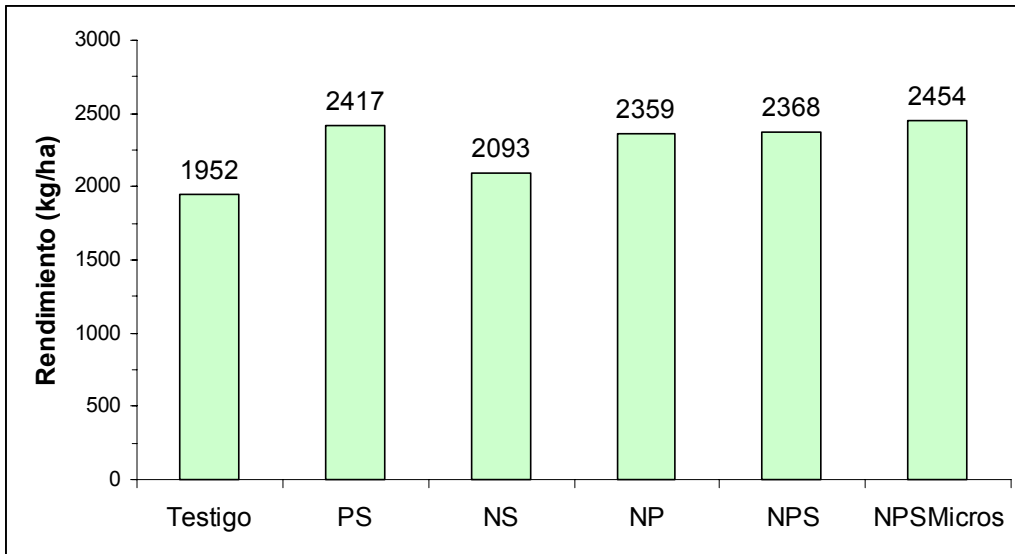


Fig. 1. Rendimientos promedio de trigo para los seis tratamientos en los seis sitios evaluados. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe 2002/03

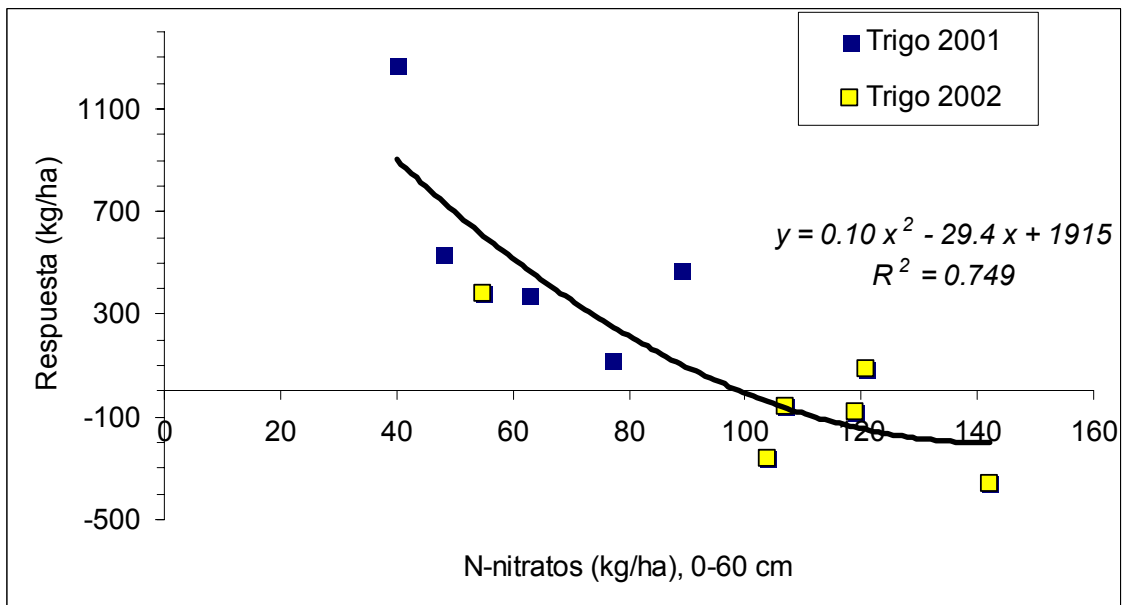


Fig. 2. Respuesta a la fertilización nitrogenada (120 kg/ha de N) en función de la disponibilidad de N-nitratos a 0-60 cm de profundidad a la siembra. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe, 2001/02 y 2002/03.

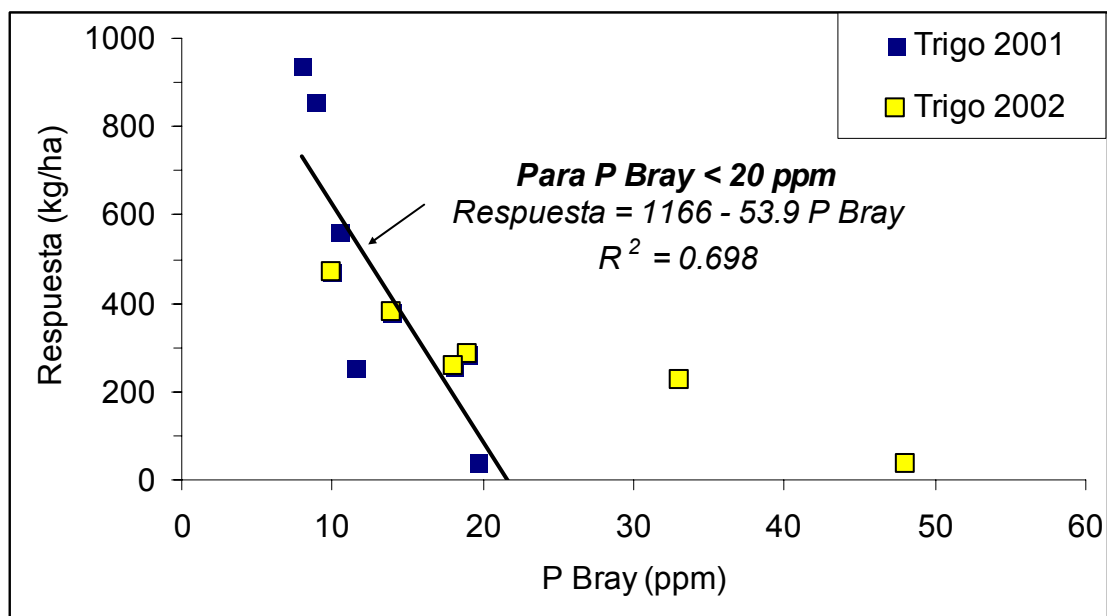


Fig. 3. Respuesta a la fertilización fosfatada en función del nivel de P Bray a 0-20 cm de profundidad a la siembra. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02 y 2002/03.

Tabla 1. Información de manejo y de sitio, lámina de agua en el suelo a la siembra, anthesis y madurez fisiológica y precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Ensayos CREA sur de Santa Fe, Trigo 2002/03.

Establecimiento	La Blanca	La Hansa	La Lira	Lambare	San Antonio	Santo Domingo
CREA	Gral. Baldissera	Armstrong-M. de Oca	La Cesira	S. Jorge-Las Rosas	Rosario	M. Buey-Inrville
Serie Suelo	La Bélgica	Bustinza	Complejo Laboulaye 4	Los Cardos	Maciel	M. Buey
Labranza	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Años agricultura	8	23	8	6	6	7
Antecesor	Soja					
Fecha de siembra	1/7	13/7	10/7	24/6	18/7	18/6
Variedad	Klein Don Enrique					
Distancia entre surcos (cm)	19	21	21	17.5	17.5	19
Densidad (plantas/m <sup>2</sup> )	270	320	240	290	265	309
Fecha de cosecha	26/11/02	12/12/02	11/12/02	19/11/02	10/12/02	22/11/02
<b>Agua en el suelo (mm) - Tratamiento NPS</b>						
Siembra (0-100 cm)	234	301	202	300	349	230
Floración (0-60 cm)	146	79	140	92	90	96
Madurez fisiológica (0-60 cm)	274	243	222	255	247	240
<b>Precipitaciones (mm)</b>						
Marzo	120	175	185	79	322	195
Abril	167	113	91	70	289	130
Mayo	17	15	20	46	46	20
Junio	8	0	0	7	3	20
Julio	10	20	0	16	41	25
Agosto	52	63	93	28	102	37
Septiembre	12	44	33	46	49	34
Octubre	154	201	104	91	188	188
Noviembre	177	203	100	65	203	295
<i>Total Julio-Noviembre</i>	405	531	330	246	583	579

# ND = No determinado

Tabla 2. Tratamientos establecidos en los seis sitios experimentales.

Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	NPSMg Micros
	Fertilizante (kg/ha)					
FMA		171		171	171	171
Urea			260	224	224	224
Yeso granulado		118	118		118	118
Zintrac #						1 L/ha
Hydromag #						4 L/ha
<i>Fertilizante total (kg/ha)</i>	<i>0</i>	<i>289</i>	<i>378</i>	<i>395</i>	<i>513</i>	<i>485</i>
	Nutrientes (kg/ha)					
N		17	120	120	120	120
P		37		37	37	37
Mg						1.2
S		20	20		20	20
Zn						0.7

# Fertilizantes líquidos aplicados al macollaje

Tabla 3. Análisis de suelo previos a la siembra del trigo en los ensayos de segundo año. Promedios de dos repeticiones.

Ensayo	Tratamiento	P	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub>	S-SO <sub>4</sub>
		<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>kg/ha</i>	<i>ppm</i>	<i>kg/ha</i>
		0-20 cm	0-20 cm	0-60 cm	0-20 cm	0-60 cm
La Blanca	PS		23	107		
	NS	19				
	NP				7	47
	NPS	25	20	105	10	56
La Hansa	PS		12	55		
	NS	18				
	NP				8	47
	NPS	31	6	37	8	56
La Lira	PS		27	121		
	NS	14				
	NP				16	69
	NPS	11	24	119	8	50
Lambaré	PS		24	142		
	NS	48				
	NP				9	53
	NPS	43	24	158	8	64
San Antonio	PS		25	119		
	NS	10				
	NP				9	78
	NPS	11	10	75	7	46
Santo Domingo	PS		18	104		
	NS	33				
	NP				8	55
	NPS	38	20	106	11	75

Tabla 4. Rendimientos de trigo para los seis tratamientos evaluados y respuestas a N, P, S, NPS y otros nutrientes en los seis ensayos. Promedios de tres repeticiones.

Tratamiento	Lambare	La Blanca	La Hansa	La Lira	San Antonio	Santo Domingo	Promedio
<i>Rendimientos (kg/ha)</i>							
Testigo	3686	1749 b#	1180 d	2143 b	1549 d	1406	1952
PS	4027	2968 a	1361 c	2301 a	2016 b	1829	2417
NS	3633	2624 a	1481 bc	2005 c	1469 d	1345	2093
NP	3700	2902 a	1527 b	2346 a	1869 c	1810	2359
NPS	3668	2909 a	1741 a	2386 a	1937 bc	1569	2368
NPSMicros	3688	2989 a	1761 a	2385 a	2190 a	1712	2454
LSD (5%)	NS	634	125	113	104	NS	-
Promedio	3734	2690	1311	1954	1591	1612	2274
<i>Respuestas (kg/ha)</i>							
N	-359	-60	380	85	-79	-260	-49
P	35	285	260	381	469	224	276
S	-32	7	213	39	69	-241	9
NPS	-17	1160	561	242	388	163	416
Otros ##	20	80	20	-1	253	143	86

# Rendimientos seguidos por las mismas letras en cada sitio no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%. ## Otros incluye K, Mg y Zn.