

## **Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe**

### ***Resultados de la campaña 2002/03: Maíz***

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

La adecuada nutrición de los cultivos permite optimizar la eficiencia de uso de los recursos e insumos utilizados en la producción. Conocer y solucionar las deficiencias nutricionales de los cultivos permite ajustar las prácticas de manejo, específicamente de fertilización, para alcanzar los rendimientos máximos económicos. La región Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con el auspicio de Agroservicios Pampeanos (ASP) y la colaboración de Monsanto Argentina, implantó en la campaña 2000/01 una red de ensayos a largo plazo con un protocolo común, cuyos objetivos generales son:

1. Determinar respuestas directas y residuales de los cultivos dentro de la rotación a la aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y otros nutrientes (potasio, magnesio, boro, cobre y zinc) 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

Para la campaña 2002/03 en el cultivo de maíz, los objetivos específicos fueron:

1. Evaluación de la respuesta a la fertilización nitrogenada y de métodos de diagnóstico. Los métodos de diagnóstico evaluados fueron: disponibilidad de N-nitratos en pre-siembra, disponibilidad de N-nitratos en V5-6, concentración de N-nitratos en jugo de base de tallos en V5-6, e índice de verdor (medidor de clorofila).
2. Evaluación de la respuesta a la fertilización fosfatada y del análisis de suelos en capa superficial en pre-siembra como método de diagnóstico.
3. Evaluación de la respuesta a la fertilización azufrada y del análisis de S-sulfatos en pre-siembra como método de diagnóstico.
4. Evaluación del rendimiento potencial, sin limitaciones nutricionales, en cada uno de los sitios de experimentación.

## **Materiales y Métodos**

Los cinco ensayos que se reportan en este informe se establecieron en la campaña 2000/01 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). En la campaña 2000/01 se sembró maíz y en la campaña 2001/02 el doble cultivo trigo/soja. Los tratamientos de fertilización se realizan anualmente siempre sobre las mismas parcelas.

Los tratamientos utilizados incluyen un Testigo sin fertilizar, distintas combinaciones de N, P y S, y un tratamiento Completo con NPS más potasio (K), magnesio (Mg), boro (B), cobre (Cu) y/o zinc (Zn). La cantidad de nutrientes y los fertilizantes aplicados se indican en la Tabla 2. En todos los sitios, los tratamientos se dispusieron en un diseño en bloques completos con tres repeticiones.

En pre-siembra, se muestrearon tratamientos selectos de dos 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. Al estado de 5-6 hojas desarrolladas (V5-6 según la escala de Ritchie y Hanway, 1982), se determinó la disponibilidad de N-nitratos en suelo a 0-30 cm.

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

Al estado de 5-6 hojas desarrolladas (V5-6 según la escala de Ritchie y Hanway, 1982), se determinó la concentración de nitratos en jugo de base de tallos utilizando un equipo Nitratecheck en los tratamientos PS y NPS.

Al estado de aparición de estigmas, se muestrearon las hojas de la espiga (30 hojas por parcela) para el análisis completo de nutrientes (al menos 30 hojas por tratamiento). Estas muestras están siendo analizadas y los resultados no son presentados en este informe.

A cosecha se determinó el rendimiento y la humedad de grano. Los rendimientos reportados se han corregido al 14.5% de humedad.

## **Resultados**

### ***Análisis de suelo***

En la Tabla 3 se indican los resultados de los análisis de suelo previos a la siembra.

### ***Rendimientos***

La Figura 1 muestra los rendimientos promedios de los seis tratamientos para los cinco ensayos. La respuesta a N fue significativa en los cinco sitios evaluados. En La Marta y El Fortín se observaron respuestas a P, y en Balducci a S. Si bien las respuestas a P y S fueron de menor magnitud que las respuestas a N, cabe destacar que la respuesta a PS fue significativa cuatro de los cinco sitios. Para los tres

nutrientes debe tenerse en cuenta que cuando se esta evaluando respuesta, la misma incluye la respuesta directa a la aplicación del año y al efecto residual de las dos fertilizaciones anteriores (2000 y 2001). El efecto residual es de mayor importancia en P, menor en S y bajo en N, de acuerdo a la dinámica de estos nutrientes en el sistema suelo-planta.

Las respuestas promedio fueron de 4062, 2408, 1439 y 716 kg/ha para NPS, N, P, y S, respectivamente, con eficiencias promedio de uso de 20, 39 y 36 kg de maíz por kg de N, P y S aplicados, respectivamente.

En general, no se observaron diferencias entre los tratamientos NPS y Completo, excepto en El Pilarcito y La Marta donde el NPS superó al Completo.

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

La respuesta a N se relacionó con la disponibilidad de N-nitratos a 0-60 cm utilizando la información de estos ensayos en esta campaña 2002/03 y en la campaña inicial de 2000/01 (Fig. 2). La Fig. 3 muestra la relación entre los rendimientos y la concentración de N-nitratos a 0-30 cm de profundidad al estado de 5-6 hojas desarrolladas (V5-6) para los ensayos 2002/03.

Las concentraciones de nitratos en jugo de base de tallos fue baja en los tratamientos PS y NPS, con niveles menores de 2500 ppm de nitratos, y no se relacionaron con los rendimientos obtenidos. Cabe destacar que experiencias realizadas en la región indican niveles críticos de nitratos en JBT de 3600-4000 ppm (J. González Montaner y M. Di Napóli, com. personal; H. Fontanetto, EEA INTA Rafaela).

Los rendimientos relativos de maíz en la presente campaña 2002/03 y en la campaña 2000/01 se relacionaron con el contenido de P Bray y S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad, estimándose niveles críticos de P Bray de 15-16 ppm y de S-sulfatos de 10 ppm (Fig. 4 y 5).

## **Conclusiones**

1. Se encontraron respuestas significativas a N en los cinco sitios. La respuesta se relacionó con la disponibilidad de N-nitratos en pre-siembra (0-60 cm). Los rendimientos se relacionaron con la disponibilidad de N-nitratos (0-30 cm) al estado de 5-6 hojas.
2. La respuesta a P fue significativa en dos sitios y la respuesta a S en un sitio.
3. La fertilización NPS incrementó los rendimientos en los cinco sitios en 4062 kg/ha, un 58% de aumento.
4. La aplicación de Mg, B, Cu y Zn no afectó los rendimientos.

## ***Agradecimiento***

- A todos los productores y personal de los establecimientos que implantaron los ensayos y participan en este proyecto.

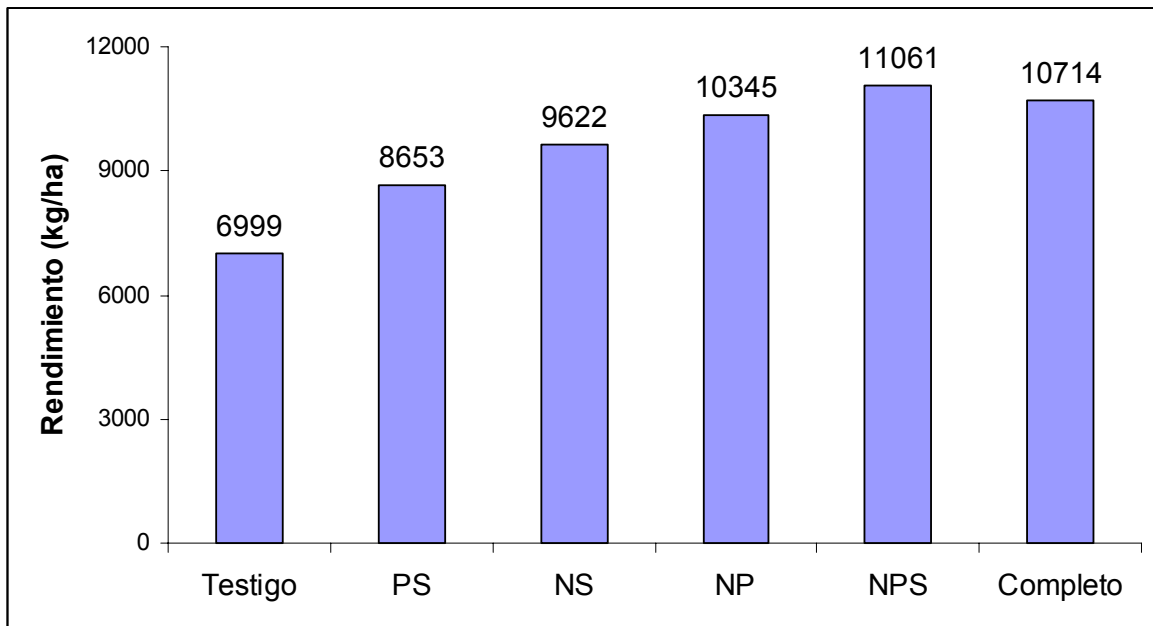


Fig. 1. Rendimientos promedio para los seis tratamientos en los cinco sitios evaluados.

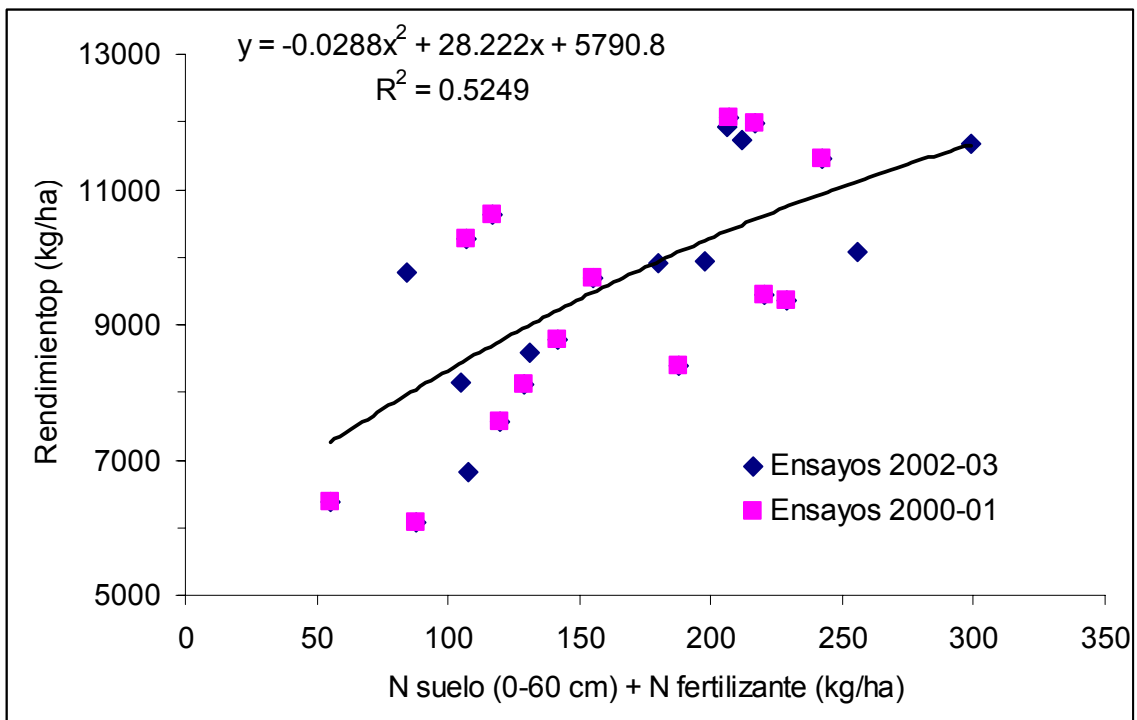


Fig. 2. Respuesta a N en función de la disponibilidad de N-nitratos en suelo a 0-60 cm en pre-siembra. Ensayos Maíz 2000/01 y 2002/03.

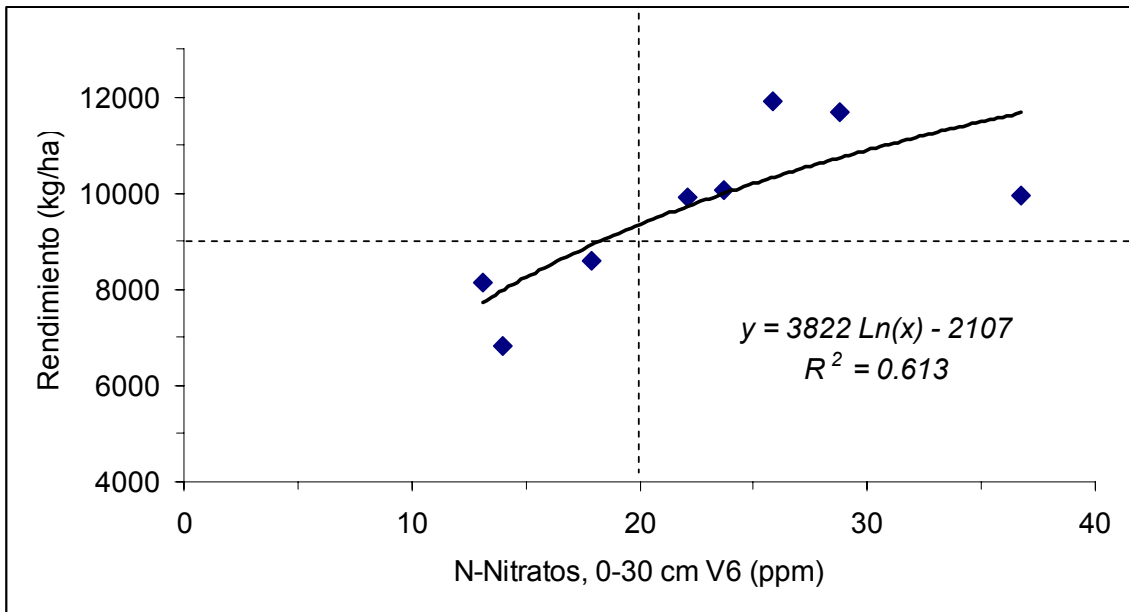


Fig. 3. Rendimiento de maíz en función de la concentración de N-nitratos a 0-30 cm al estado de 5-6 hojas desarrolladas. Ensayos CREA Sur de Santa Fe 2002/03. La línea vertical indica la concentración de 20 ppm de N-nitratos y la horizontal el rendimiento de 9000 kg/ha.

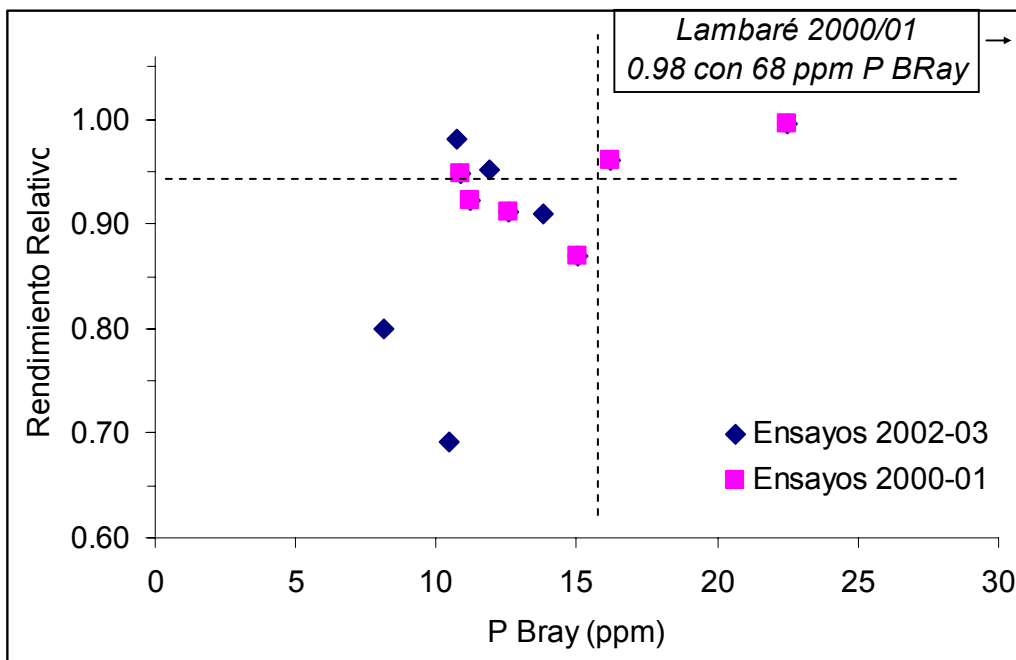


Fig. 4. Rendimiento relativo en función de la disponibilidad de P en suelo en pre-siembra a 0-20 cm. Ensayos Maíz 2000/01 y 2002/03. La línea vertical indica el nivel de P Bray de 15-16 ppm y la horizontal el rendimiento relativo de 0.95.

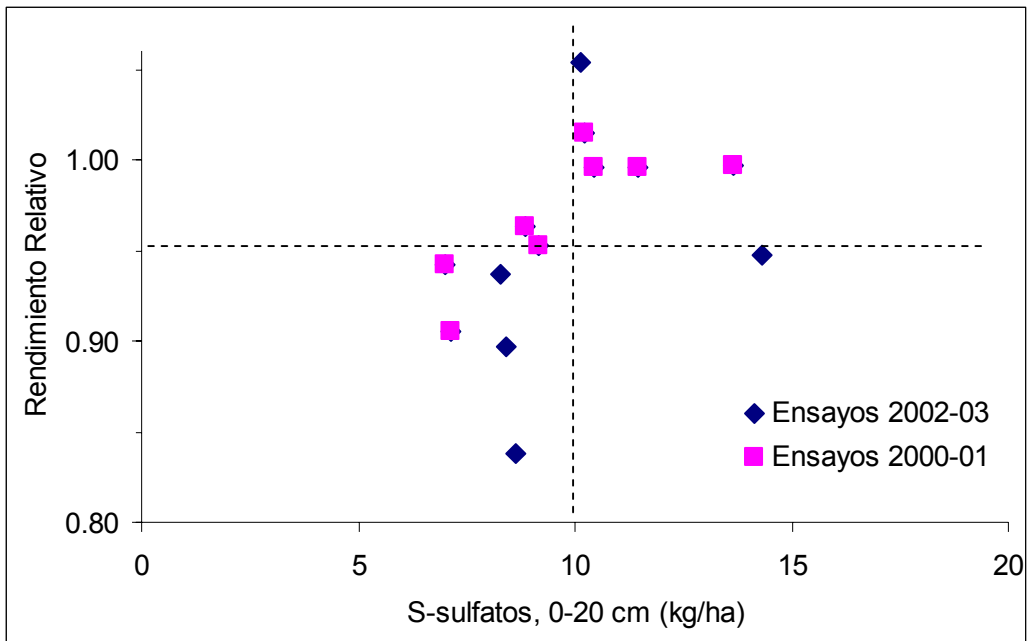


Fig. 5. Rendimiento relativo en función de la disponibilidad de S-sulfatos en suelo en pre-siembra a 0-20 cm. Ensayos Maíz 2000/01 y 2002/03. La línea vertical indica el nivel de S-sulfatos de 10 ppm y la horizontal el rendimiento relativo de 0.95.



Tabla 1. Información de manejo y de sitio, lámina de agua en el suelo a la siembra, floración y madurez fisiológica y precipitaciones durante el ciclo del cultivo.

CREA	Teodelina	Gral. Arenales	Canals	María Teresa	Santa Isabel
Establecimiento	Balducchi	El Fortín	La Marta	El Pilarcito	San Alfredo
Serie Suelo	Santa Isabel	Santa Isabel	Canals	Cafferata	Hughes
Labranza	SD	SD	SD	SD	SD
Años agricultura	+ 60	6	40	6	8
Antecesor	Trigo/Soja	Trigo/Soja	Trigo/Soja	Trigo/Soja	Trigo/Soja
Híbrido	Monsanto DK 682 MG				
Fecha de siembra	18/09	10/11	21/10	20/09	12/09
Densidad (Pl/Has)	62,98	61,30	61,25	63,80	62,40
	<i>Lámina de agua en el suelo</i>				
Siembra (mm) (0-100 cm)	230	249	200	298	324
Floración (mm) (0-60 cm)	165	237	249	234	221
Madurez fisiológica (mm) (0-60 cm)	307	294	285	352	275
	<i>Precipitaciones</i>				
Septiembre	12	17	0	15	17
Octubre	276	264	163	206	282
Noviembre	192	146	247	80	126
Diciembre	202	205	258	228	99
Enero	18	39	106	112	68
Febrero	171	190	57	63	101
Marzo	84	114	262	166	162
Septiembre-Marzo	<b>995</b>	<b>975</b>	<b>1093</b>	<b>870</b>	<b>855</b>

Tabla 2. Tratamientos establecidos en los ocho sitios experimentales.

<b>Tratamiento</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Nombre</b>	<b>Testigo</b>	<b>PS</b>	<b>NS</b>	<b>NP</b>	<b>NPS</b>	<b>Completo</b>
	<b>Fertilizante (kg/ha)</b>					
<b>FMA</b>		<b>171</b>		<b>171</b>	<b>171</b>	<b>1710</b>
<b>Urea</b>			<b>260</b>	<b>224</b>	<b>224</b>	<b>224</b>
<b>Yeso gran.(17%)</b>		<b>118</b>	<b>118</b>		<b>118</b>	<b>118</b>
<b>Mg (36%)</b>						<b>30</b>
<b>B (10%)</b>						<b>10</b>
<b>Zn (40%)</b>						<b>10</b>
<b>Cu (24%)</b>						<b>8</b>
	<b>Nutrientes (kg/ha)</b>					
<b>N</b>		<b>10</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>
<b>P</b>		<b>37</b>		<b>37</b>	<b>37</b>	<b>20</b>
<b>Mg</b>						<b>10</b>
<b>S</b>		<b>20</b>	<b>20</b>		<b>20</b>	<b>20</b>
<b>B</b>						<b>1</b>
<b>Zn</b>						<b>4</b>
<b>Cu</b>						<b>2</b>

Tabla 3. Análisis de suelo previos a la siembra del maíz y lámina de agua en suelo a la siembra, floración y madurez fisiológica. 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
Balducci	PS		18	105		
	NS	14				
	NP				9	98
El Fortín	NPS	10	14	86	11	87
	PS		18	108		
	NS	10				
	NP				8	65
	NPS	20	16	78	10	63
	El Pilarcito	PS		40	180	
NS		11				
NP					14	82
La Marta	NPS	25	33	179	13	80
	PS		14	84		
	NS	8				
	NP				11	88
	NPS	13	15	92	10	74
	San Alfredo	PS		22	131	
NS		12				
NP					8	62
	NPS	26	24	136	16	83

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

Tratamiento	Balducci	El Fortin	El Pilarcito	La Marta	San Alfredo	Promedio
	<i>Rendimientos</i>					
	----- kg/ha -----					
Testigo	6498	6726	7241	7478	7053	6999
PS	8155	6814	9922	9779	8597	8653
NS	10857	6865	11443	9374	9572	9622
NP	9990	8911	11051	12342	9430	10345
NPS	11924	9932	11669	11717	10064	11061
Completo	10935	9872	10599	11578	10588	10714
LSD (5%)	1448	1124	979	723	1192	-
	<i>Respuestas</i>					
N	3769	3118	1747	1939	1468	2408
P	1067	3067	226	2343	492	1439
S	1934	1021	618	-625	634	716
NPS	5426	3206	4428	4239	3011	4062
Otros	-989	-60	-1070	-139	524	-347