

## Modulo investigación de larga Duración - La Pampa

### MODULO INVESTIGACION DE LARGA DURACION PROYECTO FERTILIZAR (La Pampa)

*Alberto Quiroga, Matías Saks, Romina Fernández, Daniel Funaro; Alfredo Bono  
Informe avance- mayo 2006. Contiene resumen informes anteriores.*

#### **Objetivo general:**

Evaluar los efectos directos y residuales de la fertilización con los nutrientes más usuales presentes en programas de manejo.

Conformar una red de sitios experimentales permanentes con protocolos comunes de fertilización para el estudio de efectos acumulados de aplicaciones de nutrientes sobre la producción de cultivos en sistemas agropecuarios de la región.

#### **Objetivo específico para el módulo de La Pampa:**

Evaluar los efectos de la fertilización en la eficiencia de uso del agua. El agua es la principal limitante de la productividad de los cultivos en la región semiárida pampeana y la eficiencia con que distintos cultivos la utilizan normalmente es condicionada por la disponibilidad de nutrientes:

#### **1) Caracterización del sitio experimental:**

El sitio experimental fue establecido sobre un Haplustol Entico (franco arenoso) de la Planicie Medanosas, localizado en el establecimiento "El Pavón", próximo a la localidad de Agustoni, provincia de La Pampa.

#### *Secuencia de cultivos:*

Antecesores verdeo de invierno (2000) - soja (2000/2001) - maíz (ensayo, 2001/2002) - girasol (2002/2003) - trigo (2003) - verdeo invierno (2004)- cult. cobertura/soja (2005/06) - cult. cobertura/maíz (2006/07).

#### *Sistema de labranza y fertilización:*

La secuencia de cultivos es conducida en siembra directa, aplicando parte de los fertilizantes previo a la siembra (Ejemplo, en maíz con sembradora de grano fino). Durante el cultivo de trigo el aporte de N se realizó con SOL UAN. En el verdeo de invierno se utilizó Superfosfato triple de Calcio incorporándolo a la siembra y el aporte de N (SOL UAN) y N+S (SOL Plus) se realizó luego de la siembra y antes de emergencia. En el cultivo de cobertura el aporte de N (SOL UAN) y N+S (SOL Plus) se realizó buscando efecto residual de S en la soja que se establecerá en octubre de 2005. La respuesta de S en soja será evaluada en rendimiento y contenido de S en grano, tal lo planteado por uno de los proyectos que se conducen en el marco del convenio.

#### *Tratamientos de fertilización:*

En la Tabla 1 se resumen los aportes de nutrientes realizados en los distintos tratamientos y cultivos de la secuencia. Se utilizan parcelas de 100 m<sup>2</sup> con 4 repeticiones.

*Observación:* para definir la cantidad de nutrientes a utilizar en los distintos tratamientos se consideraron los siguientes rendimientos objetivos: Maíz (8000 kg/ha) - girasol (3000 kg/ha), trigo (3500

kg/ha), verdeo invierno (3500 kg materia seca/ha), cultivo de cobertura (3000 kg materia seca/ha) y soja (3000 kg/ha).

**Tabla 1:** Aporte de nutrientes en los distintos tratamientos (2001/2005)

Tratamientos	MAIZ			GIRASOL			TRIGO			VERDEO			CULTIVO COB/SOJA		
	P	N	S	P	N	S	P	N	S	P	N	S	P	N	S
<b>P1</b>	20	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-
<b>P1-N1</b>	20	140	-	-	-	-	-	40	-	-	20	-	-	20	-
<b>P1-N2</b>	20	250	-	-	-	-	-	80	-	-	40	-	-	40	-
<b>P1-N1-S</b>	20	140	40	-	-	-	-	40	-	-	20	10	-	20	20
<b>P1-N2-S</b>	20	250	40	-	-	-	-	80	-	-	40	10	-	40	20
<b>P2</b>	50	-	-	-	-	-	-	20	-	40	-	-	-	-	-
<b>P2-N1</b>	50	140	-	-	-	-	-	40	-	40	20	-	-	20	-
<b>P2-N2</b>	50	250	-	-	-	-	-	80	-	40	40	-	-	40	-
<b>P2-N1-S</b>	50	140	40	-	-	-	-	40	-	40	20	10	-	20	20
<b>P2-N2-S</b>	50	250	40	-	-	-	-	80	-	40	40	10	-	40	20

La Tablas 2 y 3 resumen las principales características edáficas “iniciales” del sitio donde se conduce el ensayo. Esta información es necesaria para evaluar los efectos acumulados de la fertilización en el tiempo.

**Tabla 2:** propiedades edáficas evaluadas previo al establecimiento del modulo de experimentación (laboratorio de suelos de INTA Anguil).

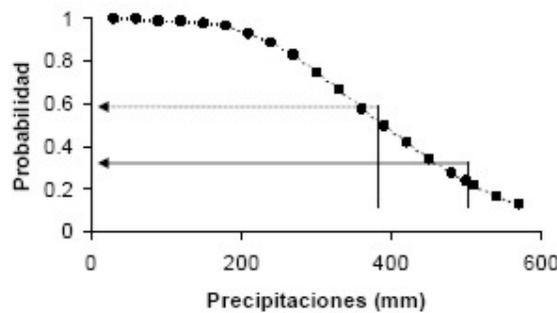
Tratam	Bloque	Prof. cm	MO %	pH	P Bray	Nitratos ppm	Textura %		
							Arcilla	Limo	Arena
<b>P1</b>	I	0-20	1,04	5,13	41,75	43,47	6,36	17,08	76,56
		20-40	0,61	5,90	28,24	28,11	6,36	18,08	75,56
<b>P2</b>	I	0-20	1,16	5,47	40,86	53,31	6,36	16,08	77,56
		20-40	1,03	5,61	37,08	41,40	6,36	15,08	78,56
<b>P1</b>	II	0-20	1,10	5,65	28,50	35,17	7,36	18,08	74,56
		20-40	1,15	5,80	20,85	38,80	7,36	18,08	74,56
<b>P2</b>	II	0-20	1,15	5,67	37,19	41,38	6,00	16,44	77,56
		20-40	1,17	5,98	32,08	45,93	6,00	17,44	76,56
<b>P1</b>	III	0-20	1,18	5,41	48,84	69,37	6,00	16,44	77,56
		20-40	1,17	5,57	38,73	73,16	6,00	15,44	78,56
<b>P2</b>	III	0-20	1,42	5,72	28,23	47,75	6,00	18,44	75,56
		20-40	1,66	5,78	22,47	32,71	6,00	17,44	76,56
<b>P1</b>	IV	0-20	1,35	5,75	29,21	33,97	7,00	18,44	74,56
		20-40	1,30	5,96	29,05	30,96	7,00	18,44	74,56
<b>P2</b>	IV	0-20	1,41	5,67	31,95	33,80	6,00	17,44	76,56
		20-40	1,15	5,81	37,08	35,22	6,00	18,44	75,56

**Tabla 3:** contenido inicial de nutrientes (ppm) evaluados al momento de establecer el módulo

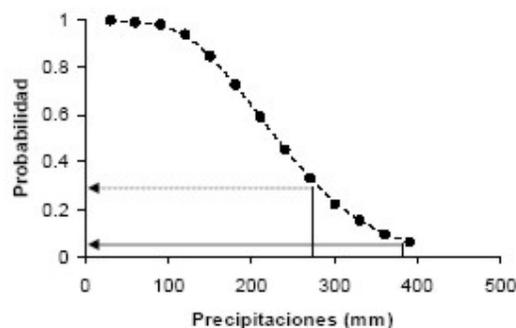
Tratamientos	0 - 20	20 - 40	0 - 20	0 - 20	0 - 20	0 - 20	0 - 20	0 - 20	0 - 20	0 - 20	0 - 20	20 - 40
	<b>BLOQUE I P1</b>	7,5	8,1	469	134	383	39	1,83	7,6	0,53	22,1	0,30
<b>P2</b>	9,4	7,2	477	123	404	41	0,82	6,2	0,48	29,4	0,41	0,39
<b>BLOQUE II P1</b>	9,4	7,7	383	126	439	35	1,33	5,5	0,50	25,0	0,34	0,34
<b>P2</b>	9,0	8,2	453	132	457	32	1,84	6,5	0,57	26,7	0,44	0,37
<b>BLOQUE III P1</b>	8,8	7,5	461	136	443	41	0,87	6,8	0,55	24,7	0,42	0,38
<b>P2</b>	9,5	7,2	492	139	504	41	1,01	6,9	0,55	28,5	0,39	0,38
<b>BLOQUE IV P1</b>	10,3	8,2	438	136	478	39	1,08	8,0	0,50	28,0	0,48	0,42
<b>P2</b>	11,6	11,8	516	130	464	41	0,55	7,3	0,47	28,0	0,51	0,42

**Precipitaciones:**

En relación con el requerimiento de agua por parte de los cultivos, estudios previos muestran usos consuntivos de 500 mm durante el periodo 1 octubre/28 febrero en cultivos de verano (girasol, maíz) y de 380-400 mm durante el periodo 1 julio/30 noviembre, en cereales de invierno (trigo y cebada). La Figura 1 se refiere a cultivos de verano mientras que la Figura 2 a cereales de invierno. Ambas figuras muestran las probabilidades de que estos requerimientos sean cubiertos en su totalidad por las precipitaciones (línea llena), aunque también se asume (línea punteada) que el perfil del suelo se encuentra en capacidad de campo, (112 mm de agua útil en 140cm de profundidad), por consiguiente los requerimientos de precipitaciones durante los cultivos serían de 390 (verano) y 270mm (invierno).



**Figura 1:** Probabilidad de las precipitaciones en el período 1 octubre/28 febrero para cultivos de verano. Perfil del suelo en capacidad de campo , perfil del suelo en punto de marchitez permanente



**Figura 2:** Probabilidad de las precipitaciones en el período 1 julio/30 noviembre para cereales de

invierno. Perfil del suelo en capacidad de campo , perfil del suelo en punto de marchitez permanente

Estos resultados muestran la baja probabilidad de cubrir íntegramente los requerimientos de agua en cultivos de verano (24%) y principalmente en los cereales de invierno (6%) por parte de las precipitaciones. En cambio cuando el contenido de agua en el perfil se aproxima a capacidad de campo las probabilidades aumentan a 50% y 33% para los cultivos de verano e invierno respectivamente. Normalmente en la región semiárida y subhúmeda pampeana y en suelos arenosos con baja CRA, las precipitaciones (durante el periodo de cultivo) no cubren los requerimientos de uso consuntivo de los mismos y normalmente limitan el rendimiento y la respuesta a la fertilización. Debido a ello la secuencia de cultivos y la realización de barbechos de dos o tres meses generan condiciones para una mayor eficiencia en el uso de los nutrientes, tanto aportados por fertilización como por mineralización de la materia orgánica. En tal sentido, Lampurlanes et al. (2002) señalan la importancia de la conservación del agua durante el barbecho, la cual resulta principalmente dependiente del tipo de suelo, sistema de labranza, probabilidad de precipitaciones y CRA.

## Resultados

A continuación se presenta un resumen de los principales resultados obtenidos en cada cultivo y un análisis conjunto de los efectos de la fertilización sobre la eficiencia de uso del agua.

### Cultivo de maíz-2001/02

#### Contenido de agua:

En base a lo expuesto en el punto anterior, los contenidos de agua del perfil del suelo en distintos momentos del ciclo de los cultivos fue evaluado en capas de 20cm hasta una profundidad de 140cm, para dos tratamientos: con menor (P1) y con mayor (P2 N2 S) aporte de nutrientes. Las Tablas 4, 5 y 6 resumen los principales resultados obtenidos durante el cultivo de maíz, en base a los mismos se estimó el uso consuntivo y eficiencia de uso del agua por parte del cultivo. De similar forma se procedió en los distintos cultivos.

**Tabla 4:** Contenido de agua a la siembra de maíz (%).

	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140
P 1 -	9,2	10,3	11,6	11	10,4	10,8	11,1
P 2 N2 S	9,4	10	9,2	8,7	8,7	8,5	8,3
P 1 -	9,4	8,1	9	9,3	8,8	9	9
P 2 N2 S	10	10,5	10,7	9,9	9,4	9,4	9,4
P 1 -	9,1	10	9,5	8,7	8,1	8,6	9,6
P 2 N2 S	9,2	10,3	9,1	8,9	9	9,6	10
P 1 -	10,6	10,1	10,1	10	10,9	10,9	11,3
P 2 N2 S	10,1	9,7	9,7	10,3	10,1	10,5	10,2

**Tabla 5:** Contenido de agua en floración (%).

	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140
P 1 -	5,5	5,6	6,5	5,9	6,2	5,8	5,6
P 2 N2 S	4,8	5,2	5,7	5,9	6,1	6	5,8
P 1 -	5,4	5,4	6,1	6	6,3	6	5,8
P 2 N2 S	5,7	5,5	6,8	6	5,7	5,5	5,6
P 1 -	5,1	4,9	5,2	5,5	5,6	6,3	6,3
P 2 N2 S	5,9	5,7	5,7	6,1	5,5	5,4	5,2
P 1 -	6,1	6,2	5,3	5,4	5,5	6,2	6
P 2 N2 S	5,2	5,8	5,9	5,4	6,4	6,2	5,7

**Tabla 6:** Resumen de los contenidos promedios de agua en distintos momentos del cultivo.

	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140
P 1 – nov.	9,6	9,6	10,1	9,7	9,5	9,8	10,2
P 2 N2 S– nov.	9,7	10,1	9,7	9,5	9,5	9,6	9,5
P 1 – dic	5,5	5,5	5,7	5,7	5,9	6,1	5,8
P 2 N2 S- dic	5,4	5,6	6	5,9	6	5,8	5,6
P 1 – feb	7,9	9,2	8,4	7,6	5,5	4,3	4,2
P 2 N2 S- feb	9,8	8,6	7,7	5,4	4,8	4,4	4,6
P 1 – mar	14,8	12,5	11,1	11,5	13,1	16	20,1
P 2 N2 S- mar	14,8	13,7	11,8	12,4	13,2	14,5	16,8

Una síntesis de los principales resultados obtenidos en el cultivo de maíz se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7:** Biomasa aérea, contenido de N en biomasa y rendimiento de grano.

Tratamiento	Materia seca (kg/ha)	N biomasa (%)	N biomasa (kg/ha)	PMG (gr)	Rend.grano (kg/ha)
P 1	9031	1,19	107	275	7554
P 1 N1	11100	1,25	139	272	8214
P 1 N2	11618	1,49	173	280	8502
P 1 N1 S	11822	1,49	176	279	8610
P 1 N2 S	12486	1,37	171	275	8256
P 2	10973	0,87	95	279	7953
P 2 N1	11852	1,27	151	283	9177
P 2 N2	12663	1,3	165	284	9126
P 2 N1 S	13418	1,62	217	286	9411
P 2 N2 S	12633	1,58	200	275	9981

Complementariamente en algunos tratamientos se evaluó el contenido de C y N en el rastrojo remante posterior a la cosecha. La relación C/N fue modificada por la fertilización, alcanzando los valores más bajos (32) en el tratamiento de mayor aporte de nutrientes (P2 N2 S).

### Comentarios:

El contenido inicial de N-nitratos al momento de establecer los tratamientos de fertilización, previo a la siembra del cultivo, resultaron equivalentes en el promedio de los bloques entre los tratamientos principales de fertilización: 53 kg/ha.40 cm (en P1) y 50 kg/ha.40 cm (en P2).

Los contenidos iniciales de agua del perfil resultaron de 176 mm y 174 mm para los tratamientos P1 y P2, respectivamente. A fines de diciembre los contenidos de agua se reducen a 104 mm debido a las bajas precipitaciones (N + D = 104 mm), dando lugar a un uso consuntivo parcial de 238 mm. En el periodo enero-marzo las precipitaciones son importantes (388 mm) y los perfiles se recargan de agua, llegando a cosecha con 254 y 250 mm en P1 y P2. El uso consuntivo parcial de este periodo fue de 240 mm, dando lugar a un uso consuntivo total de 478 mm. La densidad del híbrido DK 696 varió entre 60.000-65.000 plantas/ha.

Los resultados preliminares de este ensayo de larga duración muestran además un importante efecto de la fertilización sobre la biomasa aérea, N en biomasa y producción de grano. El N total en planta a diciembre se relacionó con la biomasa aérea ( $r = 0,84$ ) y con el rendimiento de grano ( $r = 0,79$ ). El rendimiento de grano parece estrechamente relacionado con la biomasa a diciembre ( $r = 0,80$ ). En cuanto a la producción de biomasa se registraron diferencias significativas en los tratamientos de fertilización con S (con y sin N y P) y sin S.

En cambio, al evaluar el contenido de N en biomasa (kg/ha), se comprobaron diferencias significativas entre los tratamientos que recibieron el mayor aporte de N y S (N2 S) y el resto de los tratamientos. Por su parte la concentración de N (%) en biomasa resultó significativamente mayor solo cuando se utilizó mayor dosis de P.

### Girasol 2002/2003

En girasol se procedió de forma similar a maíz, evaluando los contenidos de agua y nitratos, producción de grano y eficiencia de uso del agua (ejemplo Tablas 8 y 9).

**Tabla 8:** Dinámica del agua y uso consuntivo en el tratamiento con menor aporte de nutrientes

Tratamiento P 1				
Profundidad	Fecha			
	06/11/2002	16/01/2003	18/02/2003	04/03/2003
0-20	22,9	22,3	29,2	23,1
20-40	25,9	18	26,6	19,8
40-60	22,7	14,4	16,9	17,1
60-80	22,6	12,6	11,1	11,2
80-100	20,3	11,1	10,4	9,2
100-120	15,7	11,8	8,8	7,5
120-140	14,1	14,4	8,1	7,6
<b>Total de mm</b>	<b>144</b>	<b>105</b>	<b>111</b>	<b>96</b>
Uso consuntivo parcial		259	92	16
Uso consuntivo Total			366	
Eficiencia uso del agua (kg/ha/mm)			6,5	

**Tabla 9:** Dinámica del agua y uso consuntivo en el tratamiento con mayor aporte de nutrientes

Tratamiento P 2 N 2 S				
Profundidad	Fecha			
	06/11/2002	16/01/2003	18/02/2003	04/03/2003
0-20	22,6	32	31,8	30,0
20-40	22,9	26,1	28,1	26,7
40-60	22,9	17,9	26,3	22,9
60-80	21,7	14	27,1	15,9
80-100	16,7	12	25,1	11,4
100-120	14	14,2	17,1	9,8
120-140	16,2	15,9	10,5	9,9
<b>Total de mm</b>	<b>137</b>	<b>132</b>	<b>166</b>	<b>127</b>
Uso consuntivo parcial		224	65	39
Uso consuntivo Total			328	
Eficiencia uso del agua (kg/ha/mm)			9,1	

**Comentario:**

Al momento de la siembra no se registraron diferencias entre tratamientos (P1 y P2 N2 S) en los contenidos de nitratos y de agua útil en el suelo. En base a los datos de las Tablas 8 y 9, y considerando que el punto de marchitez permanente (0-140 cm prof.) es de 94 mm, se registraron contenidos de agua útil a la siembra de 43 y 50 mm. Dadas las escasas precipitaciones (328 mm) que no cubrieron los requerimientos de uso consuntivo de girasoles de alto rinde (550 mm) el contenido de agua útil a cosecha alcanzó prácticamente el punto de marchitez permanente en los primeros 140 cm del perfil. Sin embargo los rendimientos y respuesta a la fertilización nitrogenada permiten inferir que el cultivo utilizó agua de mayor profundidad. Los tratamientos con las mayores dosis de N y S (N2 S) se diferenciaron significativamente del tratamiento con menor aporte de nutrientes (P1). Al igual que en maíz se comprobó un importante incremento en la eficiencia en el uso del agua por efecto de la fertilización. En la Tabla 10 se presenta una síntesis de los contenidos de agua, precipitaciones, usos consuntivos y eficiencias en el uso del agua.

**Tabla 10:** Efecto de la fertilización sobre las eficiencias de uso del agua

MAIZ (2001/02)	AGUA (mm/140 cm)		LLUVIA (mm)	USO (mm)		CONS		EFICIENCIA (kg/ha mm)	
	P1	P2		P1	P2N2S				
Noviembre	177	175							
Diciembre	104	104							
Febrero	126	121	555	489		487	15.4	20.4	
Marzo	265	260							
<b>GIRASOL (2002/03)</b>									
Noviembre	144	137							
Enero	105	132	318	366		328	6.5	9.1	
Febrero	111	166							
Marzo	96	127							
<b>TRIGO (2003)</b>									
Julio	121	129							
Agosto	129	127	202	269		273	4.1	7.8	
Setiembre	103	85							
Noviembre	54	58							
<b>Verdeo (2004)</b>									
Enero									
Marzo	130	136							
Mayo	141	116	281	296		274	1.9	4.6	
Julio	157	160							
Agosto	126	123							
	213	212	193	106		104	3.5	9.3	
<b>Cult cob/ soja (2005)</b>									
Marzo	181	186	182	266		262	5.2	10.8	
Julio	97	106							

Los resultados muestran que durante el cultivo de trigo se registraron muy bajas precipitaciones (202 mm) que asociado a un muy bajo contenido de agua útil a la siembra (28 mm hasta 140 cm de profundidad) dieron lugar a bajos rendimientos de grano. Durante setiembre el perfil de suelo posee contenidos de agua inferiores al contenido de agua correspondiente a tensiones de 1500 Kpa.

En los resultados de verdeo de invierno (ryegrass, cv Tama), correspondientes al periodo 2004, se informan en forma separa los dos cortes realizados. En biomasa del mismo se evaluó el efecto de la fertilización en los contenidos (kg/ha) y concentración (%) de N, P y S (Tabla 11).

La Tabla 11 muestra los contenidos de N, P y S por tn de materia seca producida y el total de nutrientes contenidos en la biomasa correspondiente al primer corte de ryegrass.

**Tabla 11:** Contenidos de N, P y S en ryegrass

Tratamientos	Nutrientes utilizados (kg) por Tn MS			Nutrientes extraídos en el 1 <sup>er</sup> corte (kg/ha)		
	N	P	S	N	P	S
P1	23	3.1	1.6	12.9	1.7	0.9
P2	27.1	3.7	1.8	21.3	2.9	1.4
P1N2S	25.4	3.2	1.8	26.9	3.4	2
P2N2S	28.3	3.3	2.4	35.4	4.1	3
<b>Promedio</b>	<b>26</b>	<b>3.3</b>	<b>1.9</b>			

La importancia de estos resultados desde el punto de vista del manejo de la nutrición es relativa en la medida que no es considerado el factor cultivar. Nuestros resultados preliminares muestran que tanto la cantidad como el momento en que son requeridos algunos nutrientes varían entre cultivares de verdeos de invierno. Por ejemplo, en la Figura 12 se muestra que el centeno Quehue acumuló MS a una tasa de 26 kg/ha día durante los primeros 80 días registrándose una disminución en el contenido de N-NO<sup>-3</sup> del suelo de 66 kg/ha. Por su parte en avena Don Víctor y centeno Lisandro la tasa de acumulación de MS fue de 15 kg/ha día y la disminución del contenido de N-NO<sup>-3</sup> de 40 kg/ha. Estas diferencias en los requerimientos de agua y nutrientes, entre cultivares, prácticamente no han sido abordados ni considerados en la región semiárida y subhúmeda pampeana al momento de definir la estrategia de producción. No obstante estas limitaciones, resultó muy importante la respuesta a la fertilización con S, con diferencias significativas tanto en la cantidad (kg/ha) como en la concentración (ppm) en biomasa. Respecto a P se registraron diferencias significativas entre tratamientos en la cantidad extraída pero no en la concentración (ppm). En N se comprobó que el mayor contenido en biomasa fue influenciado por el aporte de P y S, correspondiendo al tratamiento P2 N2 S.



**Figura 3:** Materia seca del primer corte y variación en el contenido de N-NO<sup>-3</sup> del suelo. Centenos Quehue (Q), Lisandro (L) y avena Don Víctor (V).

En la Tabla 12 se resumen los rendimientos promedios correspondientes a la secuencia de cultivos evaluada.

**Tabla 12:** Rendimientos promedios de los distintos tratamientos de fertilización evaluados durante la secuencia maíz-girasol-trigo-verdeo

	MAIZ	GIRASOL	TRIGO	VERDEO (2 Cortes)	Cultiv Cob
<b>P1</b>	7754	2394	1086	930	1373
<b>P1 N1</b>	8214	2851	1926	1330	1820
<b>P1 N2</b>	8502	3143	1984	1580	1975
<b>P1 N1 S</b>	8610	2875	1888	1360	2119
<b>P1 N2 S</b>	8256	3085	1950	1790	2028
<b>P2</b>	7953	2450	1525	1260	1964
<b>P2 N1</b>	9177	2737	1962	1460	1821
<b>P2 N2</b>	9126	2878	2231	1770	2624
<b>P2 N1 S</b>	9411	2722	1939	1575	2417
<b>P2 N2S</b>	9981	2996	2142	2220	2825

En marzo de 2005 se realizaron muestreos de suelo para evaluar los efectos “acumulados desde 2001” de la fertilización sobre los contenidos de P (0-20cm) y pH (0-10 y 10-20cm). Las diferencias de pH entre tratamientos (5,7 en P1 y 5,5 en P2 N2 S2) y entre años (2001-2005) en los primeros 10cm resultaron no significativas, no obstante cierta tendencia a disminuir. En la profundidad de 10-20cm no se registraron variaciones de pH.

En cuanto a los contenidos de P se comprobaron diferencias entre tratamientos, con menores contenidos en el tratamiento con menor aporte de P y mayor de N y S (28 ppm en P1 N2 S) y mayor contenido en el tratamiento con mayor aporte de P y sin aporte de N y S (49,2 ppm en P2).

En fines de agosto se aplicará herbicida al cultivo de cobertura y a principios de octubre se realizará la siembra de soja (sin aporte de nutrientes).

Informe actividades julio 2005/mayo 2006

La información precedente corresponde al informe de avance presentado en junio de 2005. A continuación se actualiza dicha información a mayo de 2006.

### 1) propiedades edáficas:

A fin de evaluar los efectos acumulados de la aplicación de fertilizantes sobre la evolución de las propiedades edáficas del Molisol arenoso franco que caracteriza este módulo, en marzo de 2006 se realizaron muestreos (0-10 y 10-20cm) para determinar MO total, P (Bray y Kurtz) y pH. (actual, 1:2,5). En la Tabla 13 se muestra la evolución de las variables edáficas evaluadas que acumulan los efectos de la siguiente secuencia de cultivos: soja-maíz-girasol-trigo-verdeo de invierno-cult. Cobertura/soja-cult. Cobertura en la actualidad y sale a maíz en octubre de 2006. En la Tabla 1 se indica el aporte de nutrientes realizado en los distintos cultivos.

**Tabla 13.** Propiedades edáficas a dos profundidades y bajo 4 tratamientos de fertilización en un Molisol de la planicie medanosa.

		T	P	NS	NPS
MO (%)	0-10 cm	1,58	1,66	1,59	1,94
	10-20 cm	1,13	1,07	1,06	1,07
P Bray 1	0-10 cm	39,4	50,3	37,1	46,7
	10-20 cm	35a	33,5a	23,9b	34,6a
pH	0-10 cm	5,54a	5,52a	5,05b	5,1b
	10-20 cm	5,42a	5,57a	5,22b	5,1b

\* letras distintas indican diferencias entre tratamiento de fertilización al 5%.

Los contenidos de MO de los primeros 10 cm muestran tendencia a incrementar en el tratamiento con mayor aporte de nutrientes, pero las diferencias no son significativas al 5%. Se infiere que asociado con mayores rendimientos de grano y forraje resultó también mayor el aporte de residuos en los tratamientos con mayor fertilización. Este aspecto fue comprobado y medido en alguno de los cultivos establecidos en este módulo (Ej. ver Tabla 7). Esta influencia no se comprobó a mayor profundidad (10-20cm).

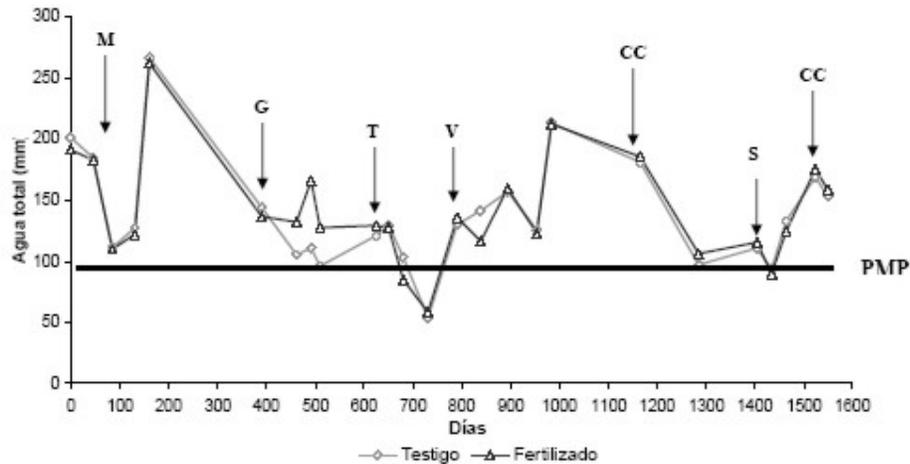
En cuanto a los contenidos de P se comprueba que los mismos son elevados en todos los tratamientos. No obstante, el tratamiento que recibió mayor aporte de NS y bajos aportes de P presentó significativamente menor contenido. Por otra parte, el mayor contenido de P correspondió al tratamiento que recibió los mayores aportes de P y no fue fertilizado con N ni S.

Los valores de pH mostraron en muestreos anteriores cierta tendencia (no significativa) a disminuir con el mayor aporte de nutrientes. Estas tendencias se mantienen y acentúan durante el último muestreo, donde las diferencias entre tratamientos resultaron significativa.

Durante el presente año, posiblemente a la siembra del maíz, se realizará la evaluación de los cationes adsorbidos al complejo de intercambio, de la saturación con bases y la acidez potencial (pH en CIK). Complementariamente se determinarán fracciones lábiles de la MO en cada tratamiento por la influencia que pueden tener grupos carboxilos, fenólicos, etc, sobre la reacción del suelo, considerando que los tratamientos con mayor fertilización presentaron aumento de MO y disminución de pH.

## 2) Evolución del agua disponible:

La Figura 4 muestra la evolución del agua total y disponible a la siembra y durante el desarrollo de los distintos cultivos que conformaron la secuencia del módulo. Como se mencionara en informes anteriores el suelo posee limitada capacidad para almacenar agua útil (112 mm/140cm de profundidad) condicionada por los altos contenidos de arena (superiores al 75%) y bajos de arcilla (6%) y materia orgánica (1,2-1,5%). Por influencia de la napa (120/140cm) en marzo de 2002 la disponibilidad de agua supero los 150mm.



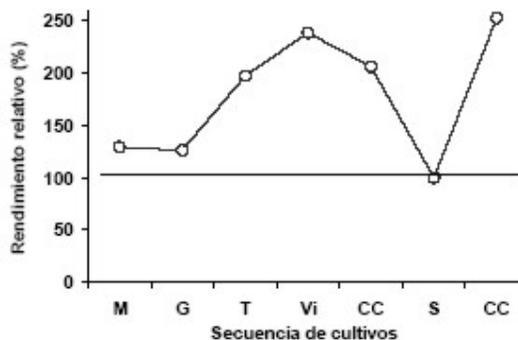
**Figura 4.** Contenido de agua total y disponible en el suelo (mm/140 cm) en distintos momentos de la secuencia de cultivos y en los tratamientos testigo y de máxima fertilización (reposición de N, P, S). M: maíz, G: girasol, T: trigo, V: verdeo invierno, CC: cultivo de cobertura centeno, S: soja, PMP: punto de marchitez permanente.

Se comprueba que prácticamente en todos los cultivos de cosecha se alcanzan valores de humedad inferiores al 25% de agua útil. Con valores extremos durante los cultivos de trigo (noviembre) y soja (diciembre) que alcanzan el PMP, condicionando severamente el rendimiento de los mismos (trigo 1900 y soja 350 kg/ha). Estos resultados confirman estudios previos realizados en la región tendientes a determinar ambientes edáficos para el cultivo de soja en suelos arenosos con (3015 kg/ha) y sin (215 kg/ha) influencia de napa freática (Garnero y Quiroga, 2003).

A pesar de esta fuerte restricción de la textura y ausencia de napa freática se comprobó una importante respuesta en la eficiencia de uso del agua cuando se realizó fertilización (Tabla 10). A continuación se realiza una síntesis de estas respuestas al aporte de nutrientes en todos los cultivos establecidos, incluyendo el corte realizado recientemente en mayo al cultivo de cobertura.

### 3) Rendimiento de grano y forraje de tratamientos testigo y fertilizado:

En la Figura 5 se presentan los rendimientos relativos (NPS respecto del testigo) de los distintos cultivos.



**Figura 5.** Rendimiento relativo del tratamiento fertilizado respecto del testigo (nivel referencia 100) para distintos cultivos durante el periodo 2001-2006. M= maíz, G= girasol; T= trigo; Vi= verdeo de invierno; CC= cultivo de cobertura, S= soja.

Cuando la disponibilidad de agua fue menos limitante (ej. durante el maíz y verdeo) se comprobó respuesta de los cultivos a fertilizaciones balanceadas entre N,P y S. Es decir que el aporte o no de un nutriente condicionó la respuesta de los otros nutrientes. A manera de ejemplo en la Tabla 14.

**Tabla 14:** Rendimiento de maíz para distintos tratamientos de fertilización. Pa: dosis bajas de P como arrancador; Pr: dosis de reposición; NS: dosis reposición.

Tratamiento	Pa	Pr	Respuesta
Sin NS	7554	7953	399
Con NS	8256	9981	1725
Respuesta	702	2028	

Los resultados muestran que la respuesta a P ( a pesar de los altos contenidos del suelo) resultó dependiente de NS. De la misma manera la respuesta de NS resultó dependiente de la aplicación de P. Este es un tema que merece especial consideración y requerirá de estudios más específicos, principalmente la respuesta a la fertilización con P. Puede inferirse que por un lado el pH es bajo y esto puede tener alguna influencia, por otro lado el estrato superficial del suelo posee muy baja capacidad de almacenaje de agua útil (12mm) con lo cual permanece la mayor parte del ciclo de los cultivos con humedades cercanas a PMP, limitando la extracción de los nutrientes.

Finalmente en la Tabla 15 se muestra el rendimiento acumulado y relativo de los 7 cultivos establecidos en el modulo que marcan una tendencia respecto de los beneficios de la fertilización balanceada.

**Tabla 15:** Rendimientos acumulados de 7 cultivos (2001/2006). Respuesta a la fertilización con N,P y S. Pa: dosis bajas de P como arrancador; Pr: dosis de reposición; NS: dosis reposición.

Tratamiento	Pa	Pr	Respuesta
Sin NS	14530	16160	1630
Con NS	18774	22133	3359
Respuesta	4244	5973	

Como se expreso anteriormente, distintos parámetros edáficos han comenzado variar por efectos acumulados del aporte de nutrientes y rendimiento de los cultivos. Otros parámetros, principalmente los relacionados con el complejo de intercambio (suelo con muy baja capacidad buffer) merecen ser evaluados. En octubre se prevé la siembra de cultivo de verano que, dependiendo de las condiciones hídricas del perfil, sería maíz o girasol. En actas de la última reunión se mencionó la conveniencia de iniciar un módulo similares características en suelos de granulometrías más finas (franco o franco limoso), donde los efectos de la nutrición y manejo del agua se infiere serían distintos.