



*República*

## CONSUMO Y MANEJO DE NUTRIENTES DE LAS ROTACIONES DE CULTIVOS

*Ings. Agrs. Hugo Fontanetto y Oscar Keller.*

Presentado en: 11avo Congreso de AAPRESID. Rosario. Agosto 2003.

Los sistemas de producción de la región pampeana de Argentina registraron en la última década un cambio hacia una agricultura continua y el desplazamiento de la ganadería hacia zonas marginales, lo que provocó un impacto productivo nunca antes visto en el país. Asimismo, se habilitaron a la producción nuevas áreas que estaban ocupadas principalmente con montes o bosques, debido a posibilidades ecológicas y aspectos económicos favorables.

Lo anteriormente comentado produjo un fuerte aumento de la producción nacional de granos, carne, leche y otros productos, que en la mayoría de los casos no fue acompañada por una racional rotación y nutrición de la secuencias de cultivos, lo que constituye un factor fundamental para mantener la alta fertilidad y capacidad productiva originales de los suelos. Esto provocó un deterioro de orden físico, químico y biológico de los mismos que se tradujo en seguir financiando los diferentes esquemas productivos a expensas de entre otras cosas: consumir anualmente “los nutrientes” almacenados en esa caja de ahorro y que se agota año tras año.

En los planteos agrícolas el único aspecto favorable fue el aumento de la superficie con siembra directa (SD), la que se combinó con una fuerte tendencia hacia dos monocultivos: el trigo/soja y la soja de primera, desplazando a otras secuencias que incluían al maíz, al girasol y al sorgo.

En este contexto se pueden detallar algunas realidades y necesidades que ocurren en el área mencionada.

### REALIDADES

A modo de ejemplo y utilizando los coeficientes de mineralización y humificación de las experiencias de Andriulo (1999) y de las planillas de cálculo de requerimiento y extracción de nutrientes del INPOFOS Cono Sur (2002), se detallan a continuación los aportes de carbono (C) de diferentes secuencias agrícolas (Cuadro 1) y también de las exportaciones de nutrientes de las mismas (Cuadro 2) en un período de 12 años. Los cálculos se efectuaron considerando los siguientes rendimientos para los cultivos involucrados= Trigo: 2.700 kg/ha ; Soja de 2ª: 2.500 kg/ha ; Maíz: 8.000 kg/ha y Soja de 1ª: 3.500 kg/ha y se consideró además una densidad aparente del suelo de 1,25 g/cm<sup>3</sup> con un tenor de materia orgánica del 3%. Las rotaciones elegidas fueron las siguientes:

- 1) Trigo/Soja 2a – Maíz (T/S-M)
- 2) Trigo/Soja 2a (T/S).
- 3) Trigo/Soja 2a - Maíz - Soja 1a (T/S-M-S).
- 4) Soja de 1a. (S)

Cuadro 1. Aportes y balance de carbono (C) anuales y total de 4 secuencias agrícolas.

Secuencias	Aportes de Carbono (kg/ha)												TOTAL
<b>1</b>	T/S	M	T/S	M	T/S	M	T/S	M	T/S	M	T/S	M	<b>TOTAL</b>
C (Kg/ha)	144,6	281,2	144,6	281,2	144,6	281,2	144,6	281,2	144,6	281,2	144,6	281,2	<b>2.544,8</b>
<b>2</b>	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	<b>TOTAL</b>
C (Kg/ha)	144,6	144,6	144,6	144,6	144,6	144,6	144,6	144,6	144,6	144,6	144,6	144,6	<b>1.735,2</b>
<b>3</b>	T/S	M	S	T/S	M	S	T/S	M	S	T/S	M	S	<b>TOTAL</b>
C (Kg/ha)	144,6	281,2	-141	144,6	281,2	-141	144,6	281,2	-141	144,6	281,2	-141	<b>1.139,2</b>
<b>4</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	<b>TOTAL</b>
C (Kg/ha)	-141	-141	-141	-141	-141	-141	-141	-141	-141	-141	-141	-141	<b>-1.692</b>

Para un período de 12 años y con los rendimientos en granos considerados, la secuencia 4 (monocultivo de soja) dio un balance parcial y total negativo de C, siendo por lo tanto la más degradativa. Para que el balance de C sea neutro (sin pérdidas como en el caso anterior) con el monocultivo soja de 1ª, se debería obtener un rendimiento anual de 3.827 kg/ha. Las 3 secuencias restantes arrojaron un balance total positivo, con diferencias entre sí, siendo la secuencia 1 la más favorable, seguida por la 2 y por último el doble cultivo trigo/soja.

En cuanto al consumo y extracción de los 6 principales nutrientes (N, P, S, K, Ca y Mg) con las 4 secuencias comentadas y para los mismos niveles de producción de los cultivos, en el Cuadro 2 se detallan las estimaciones obtenidas.

Cuadro 2. Extracciones de nutrientes y de fertilizantes totales de la secuencia, consumo anual y total (12 años) de N, P, S, K, Ca y Mg de las 4 secuencias agrícolas ensayadas.

Secuencias	Cultivos			Extracción de Nutrientes (kg/ha)			Extracción de Fertilizantes (kg/ha) (*)		
	1°	2°	3°	Total de la Secuencia	Consumo Anual	Total (12 Años)	Total de la Secuencia	Consumo Anual	Total (12 Años)
<b>1</b>	T/S	M	-	T/S-M	(kg/año)	12 Años	T/S-M	(kg/año)	12 Años
N	128	116	-	244	122	<b>1.464</b>	530	265	<b>3.180</b>
P	27	24	-	51	25,5	<b>306</b>	255	128	<b>1.536</b>
S	12	14	-	26	13	<b>156</b>	144	72	<b>864</b>
K	58	32	-	90	45	<b>540</b>	180	90	<b>1.080</b>
Ca	20	5	-	25	12,5	<b>150</b>	85	43	<b>516</b>
Mg	18	7	-	25	12,5	<b>150</b>	62	31	<b>372</b>
<b>TOTALES (kg/ha)</b>				<b>461</b>	<b>231</b>	<b>2.766</b>	<b>1.256</b>	<b>629</b>	<b>7.548</b>
<b>2</b>	T/S	-	-	T/S	(kg/año)	12 Años	T/S	(kg/año)	12 Años
N	128	-	-	128	128	<b>1.536</b>	278	278	<b>3.336</b>
P	27	-	-	27	27	<b>324</b>	135	135	<b>1.620</b>
S	12	-	-	12	12	<b>144</b>	67	67	<b>804</b>
K	58	-	-	58	58	<b>696</b>	116	116	<b>1.392</b>
Ca	20	-	-	20	20	<b>240</b>	66	66	<b>792</b>
Mg	18	-	-	18	18	<b>216</b>	45	45	<b>540</b>
<b>TOTALES (kg/ha)</b>				<b>263</b>	<b>263</b>	<b>3.156</b>	<b>707</b>	<b>707</b>	<b>8.484</b>
<b>3</b>	T/S	M	S	T/S-M-S	(kg/año)	12 Años	T/S-M-S	(kg/año)	12 Años
N	128	116	105	349	116	<b>1.396</b>	759	253	<b>3.036</b>
P	27	24	24	75	25	<b>300</b>	375	125	<b>1.500</b>
S	12	14	12	38	13	<b>152</b>	212	71	<b>852</b>
K	58	32	68	158	53	<b>632</b>	316	105	<b>1.260</b>
Ca	20	5	24	49	16	<b>196</b>	163	54	<b>648</b>
Mg	18	7	20	45	15	<b>180</b>	112	37	<b>444</b>
<b>TOTALES (kg/ha)</b>				<b>714</b>	<b>238</b>	<b>2.856</b>	<b>1.937</b>	<b>645</b>	<b>7.740</b>
<b>4</b>	S	-	-	S	(kg/año)	12 Años	S	(kg/año)	12 Años
N	105	-	-	105	105	<b>1.260</b>	228	228	<b>2.736</b>
P	24	-	-	24	24	<b>288</b>	120	120	<b>1.440</b>
S	12	-	-	12	12	<b>144</b>	67	67	<b>804</b>
K	68	-	-	68	68	<b>816</b>	136	136	<b>1.632</b>
Ca	24	-	-	24	24	<b>288</b>	80	80	<b>960</b>
Mg	20	-	-	20	20	<b>240</b>	50	50	<b>600</b>
<b>TOTALES (kg/ha)</b>				<b>253</b>	<b>253</b>	<b>3.036</b>	<b>681</b>	<b>681</b>	<b>8.172</b>

(\*): Para N se consideró a la urea como la fuente empleada, respecto al P fue el superfosfato triple de Ca, para S al yeso agrícola, para K al cloruro de K y para el Ca y el Mg a la dolomita.

Respecto al consumo total de nutrientes, la secuencia 2 es la más extractiva, seguida por la 4, la 3 y por último la 1. Asimismo y considerando solamente los 6 nutrientes en cuestión, las extracciones anuales de las distintas rotaciones de cultivos varían entre 629 y 707 kg/ha de fertilizantes comerciales.

En lo que respecta al elemento más importante y limitante de la producción, el N, el orden de extracción de las secuencias es el siguiente: 2, 1, 3 y 4. Similar comportamiento se da para el P y para el S, las secuencias más extractivas son la 3 y la 1, seguidas por la 2 y la 4, pero para este nutrimento las diferencias entre rotaciones son menos marcadas. Para el caso de K, Ca y Mg las secuencias más expoliativas son donde el cultivo de soja tiene más presencia, por ejemplo la secuencia 4.

Sobre la base de lo presentado precedentemente, la realidad nacional respecto de las exportaciones anuales y acumuladas de nutrientes es extremadamente preocupante, ya que se está muy lejos de llegar a reponer lo que se llevan los cultivos.

Los márgenes brutos que se presentan en diferentes publicaciones, reuniones, congresos, etc, deberían considerar que los mismos son bastante ficticios, ya que las mayores aplicaciones anuales de fertilizantes rondan los 280 kg/ha de mezclas (en los mejores casos) y por ende, la rentabilidad presentada se está haciendo a expensas de seguir agotando anualmente (en forma continua e irracional) al recurso suelo, único sostén hasta el momento de nuestra economía como país.

## **NECESIDADES**

En el contexto presentado, la principal herramienta es tratar de aportar la mayor cantidad de rastrojos posible al suelo y las dos maneras más efectivas serían: implementar secuencias donde la soja deje de tener tanto protagonismo y un mayor y más racional uso de los fertilizantes.

Se debe tener muy en claro que dados los contenidos de nutrimentos de nuestros suelos y bajo las actuales circunstancias agroecológicas y productivas, los principales y limitantes nutrientes son en orden de importancia: el N, luego el P y a continuación el S. Respecto a los elementos K, Ca y Mg, aparece como más preocupante en algunas áreas el Ca, debido a procesos erosivos y a que los monocultivos de trigo/soja y soja de primera exportaron grandes cantidades del mismo, generando que se presenten deficiencias localizadas dado su disminución en el complejo de intercambio del suelo. De acuerdo a las características de cada zona en particular, los microelementos también ya parecen en niveles cerca o debajo de los rangos críticos, pudiendo mencionarse al B, el Mo, el Zn, el Fe y el Cl.

A modo de ejemplo se presenta un cuadro con resultados de rendimientos de trigo y de soja de segunda y los márgenes brutos para una región particular del área pampeana (San Martín de Las Escobas) en la que sobre la base de la secuencia T/S-M probada, se ensayaron diferentes combinaciones de N, P y S.

Cuadro 3. Rendimientos promedio de 3 años de trigo y soja de segunda, costo de diferentes combinaciones de fertilizantes y márgenes brutos de los cultivos y de la secuencia para el área de San Martín de Las Escobas (Santa Fe).

Promedio de 3 años 2000/2002								
Tratamiento	Fertilizante Kg/ha	Rendimiento Promedio de 3 años (Kg/ha)		Costo del fertilizante U\$\$/ha	M.B. Trigo U\$\$/ha	M.B. Soja U\$\$/ha	M.B. T/S U\$\$/ha	Retorno por U\$\$ gastado en fertilizante
		Trigo	Soja					
T	0	1655	2250	-	86,3	151,8	238,1	0
N	U 150	2140	2285	40,0	78,9	155,5	234,4	-0,09
P	SFT 80	1705	2695	23,50	63,2	199,3	262,5	1,04
NP	U 150	2395	2705	63,50	72,2	200,4	272,6	0,54
	SFT 80							
NS	U 150	2560	2740	9,0	102,9	204,1	307,0	7,66
	Yeso 100							
NPS	U 150	2775	3040	72,5	93,0	236,2	329,2	1,26
	S F T 80							
	Yeso 100							

U150: 150 kg/ha de urea ; SFT80: 80 kg/ha de superfosfato triple de calcio y Yeso100: 100 kg/ha de Yeso Agrícola.

Los resultados del Cuadro 3 pueden ser extrapolados a varias zonas del área pampeana y demuestran que combinaciones de N, P y S son rentables y de mayor margen bruto que la del tratamiento testigo sin fertilización. Asimismo, se aprecia que la mezcla máxima (230 kg/ha de producto comercial) es la más adecuada.

## CONSIDERACIONES FINALES

-En los sistemas productivos pampeanos se deben incluir un mayor número de cultivos gramíneas para sostener y aportar mayor cantidad de C al sistema vía los rastrojos.

-Las producciones actuales de los diferentes cultivos con el uso actual de fertilizantes, no son sustentables en el corto plazo.

-La combinación de rotaciones que aporten mayores cantidades de C y el uso racional de fertilizantes y mezclas adecuadas a cada situación, son necesarias para mantener la salud del suelo y la rentabilidad del sector agropecuario.