



## Balance de P y Zn en un argiudol vértico y haplustol éntico bajo Siembra Directa

por Ing. Agr. [Emilia T. Rivero](#); [Carlos B. Irurtia](#) y [Roberto O. Michelena](#) (Técnicos del Instituto de Suelos)

### Introducción

La disponibilidad de los nutrientes esenciales para los cultivos en la relación suelo-planta dependen de distintos factores, entre otros: mineralización de las partículas de suelo, naturaleza del material madre del suelo y tasa de lixiviación de los nutrientes desde las capas superiores del suelos. Cuando la tasa de lixiviación es alta y la intensidad de la mineralización es baja, los nutrientes vegetales pueden ser fuertemente lixiviados del suelo superando la absorción por medio de las plantas. Los suelos donde esto ocurre presentan un balance de nutrientes negativo y se vuelven cada vez mas ácidos y más pobres en nutrientes. Por otra parte cuando el balance es positivo se pueden desarrollar suelos muy fértiles a causa de la continua acumulación de nutrientes vegetales.

Los distintos sistemas de manejo han conducido a un desequilibrio en el balance nutricional de los suelos considerando que los nutrientes comenzaron a ser exportados a través de las cosechas. El desequilibrio indujo a la aplicación de nutrientes vegetales bajo la forma de fertilizantes minerales.

Por este medio se trata de reestablecer el balance entre las entradas y la salidas de los nutrientes por los cultivos para conservar la sustentabilidad del sistema productivo. En el presente trabajo se aplica una metodología para evaluar las entradas y salidas de P y Zn en un sistema de siembra directa en un Argiudol vértico (Entre Ríos) y en un Haplustol éntico (Córdoba).

### Materiales y métodos

En el presente estudio fueron cuantificados los componentes que integran las entradas y salidas de los balances nutricionales (Tabla 1). En este sentido se evaluaron lotes con más de 10 años en siembra directa, ubicados en suelos de distinta textura: 1) Argiudol vértico, franco arcilloso (Ramírez, Entre Ríos) y 2) Haplustol éntico, arenoso franco (Bengolea, Córdoba).

Para estudiar los balances nutriciones fue utilizada la propuesta de la "Black - box approach" ("caja negra") de Smaling and Oenema, 1998 en la cual el empobrecimiento o enriquecimiento del sistema se obtiene por la diferencia entre las entradas y las salidas de los nutrientes (Figura 1)

Considerando que el modelo propuesto de la caja negra establece la definición de las escalas temporal y espacial, en el presente estudio se define el lote con siembra directa como la escala espacial, que abarca un limite superior correspondiente a la altura de la especie mas alta y el límite inferior, los primeros 25 cm del horizonte superior del suelo. Con respecto a la escala temporal se fija una duración de 2 años que integra la rotación de los tres cultivos tradicionales: trigo, soja y maíz.

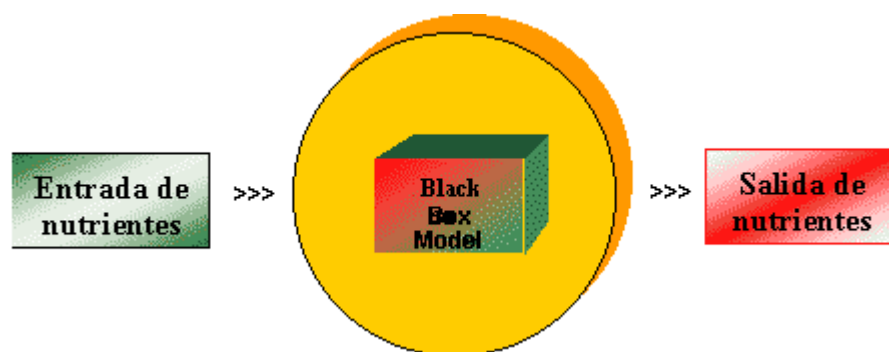


Figura 1: Modelo de balance: Black- box model, Smaling and Oenema, 1998

En la Tabla 1 se observan los componentes principales del balance de nutrientes del suelo

Tabla 1: Componentes de las entradas y salidas al sistema	
Entradas	Salidas
1. Fertilizantes minerales	1. Exportación a través de la producción
2. Captura o toma de nutrientes del suelo	2. Lixiviación
3. Aporte del rastrojo	3. Pérdidas por erosión hídrica y eólica
4. Aportes atmosféricos	

### Entradas

1. Fertilizantes: aporte de nutrientes mediante la aplicación de fertilizantes, enmiendas y/ abonos orgánicos.
2. Captura o toma de nutrientes del suelo (mineralización de la materia orgánica del suelo): disponibilidad de nutriente en el suelo (análisis de suelo).
3. Aporte del rastrojo: el aporte del nutriente en el rastrojo fue estimado a partir de la producción total de la biomasa seca y la concentración del nutriente en la misma.
4. Aportes atmosféricos: son aportes a partir de las precipitaciones: lluvia, nieve granizo. (Vázquez, 2002)

### Salidas

1. Exportación a través de la producción: extracción de nutrientes en el grano (exportación de nutrientes). Fue estimada a partir de la producción total y la concentración de nutrientes en grano.
2. Lixiviación: se considera nula para los nutrientes de lenta movilidad
3. Pérdidas por erosión hídrica: Los cálculos se efectuaron según la Ecuación Universal de Predicción de Pérdidas de Suelos (Wischmeier and Smith, 1978) y el contenido de nutrientes en el horizonte superficial.

Se puede resumir que las ganancias de nutrientes vegetales provienen de la liberación de nutrientes en el suelo por temperización y mineralización, aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales, fijación de N y el suministro de nutrientes contenidos en las lluvias y la nieve. Las principales pérdidas resultan de la remoción de los cultivos, el lixiviado, la volatilización (NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O), y la erosión.

### Resultados y Discusión

Se presenta a continuación, los datos de los componentes que integran el balance de los nutrientes fósforo y zinc en el suelo para el Argiudol vértico de Entre Ríos y el Haplustol éntico de Córdoba en un sistema de siembra directa de una duración de dos años.

Figura 1a) Balance nutricional de P (kg) en una sistema de rotación de cultivos en siembra directa. Periodo considerado mayo de 1999 a mayo 2001. Argiudol vértico			
Entradas		Salidas	
I -Trigo/99	P del fertilizante 32 P del rastrojo 7	I -Trigo	P exportado 12
II -Soja/00	P del fertilizante - P del rastrojo 3	II -Soja	P exportado 7

III -Trigo/00	P del fertilizante 22 P del rastrojo 3	III -Trigo	P exportado 13
IV -Soja/01	P del fertilizante - P del rastrojo 6	IV -Soja	P exportado 18
V -P atmosférico 1		V - Erosión hídrica 1	
Entradas 74 kg. P		Salidas 51 kg. P	
Balance de entradas y salidas: 23 kg P			

**Figura 1b) Balance nutricional de Zn (g) en una sistema de rotación de cultivos en siembra directa. Periodo considerado mayo de 1999 a mayo 2001. Argiudol vértico**

<b>Entradas</b>		<b>Salidas</b>	
I -Trigo/99	Zn del fertilizante - Zn del rastrojo 84	I -Trigo	Zn exportado 120
II -Soja/00	Zn del fertilizante - Zn del rastrojo 52	II -Soja	Zn exportado 63
III -Trigo/00	Zn del fertilizante - Zn del rastrojo 66	III -Trigo	Zn exportado 138
IV -Soja/01	Zn del fertilizante - Zn del rastrojo 93	IV -Soja	Zn exportado 147
V - Zn atmosférico -		V - Erosión hídrica -	
Entradas 295 g. Zn		Salidas 468 g. Zn	
Balance de entradas y salidas: 173 g Zn			

**Figura 2a) Balance nutricional de P (kg) en una sistema de rotación de cultivos en siembra directa. Periodo considerado septiembre de 1999 a septiembre 2001. Haplustol éntico**

<b>Entradas</b>		<b>Salidas</b>	
I -Maíz/99	P del fertilizante 5 P del rastrojo 4	I -Maíz	P exportado 16
II -Soja/00	P del fertilizante 6 P del rastrojo 6	II -Soja	P exportado 17
III -Trigo/01	P del fertilizante	III -Trigo	P exportado 13

66 P del rastrojo 5	
IV - P atmosférico 0,65	IV - Erosión hídrica -
	V - Erosión eólica 1,5*
VI - Lixiviación -	
Entradas 92,6 Kg. P	Salidas 47,5 Kg. P
Balance de entradas y salidas: 45,1 Kg P	
* Vázquez (2002) estimó a partir de los datos de Aimar, 1996 pérdidas de suelo entre 11.6 - 16.8 Ton ha-1año-1 para suelos franco arenosos y arenosos respectivamente. Michelena and Irurtia (1995) mencionaron pérdidas promedio de 27 ton ha-1 año-1 para Haplustoles énticos de la Provincia de La Pampa, utilizando un índice paramétrico basado en la ecuación de la erosión eólica. Según Hepper et al., (1996) la pérdida de P vía eólica en la región pampeana semiárida es de 6.2 - 9.0 kg ha-1año-1. Considerando que la SD produce una disminución de la erosión eólica en un valor de 10% en relación a SC, el valor de pérdida de P para el período de dos años sería 1.2 - 1.8 kg P.	

**Tabla 3: Contenido disponible ( kgha-1) de los nutrientes P y Zn para una profundidad de 0-25 cm suelo, al inicio y a la finalización de los dos años**

Nutrientes	Argiudol vértico Contenido en el suelo			Haplustol éntico Contenido en el suelo		
	Inicial	Final	Diferencia	Inicial	Final	Diferencia
Fósforo	24	34	+10	33	66	+33
Zinc	0,253	0,147	-0,106	1,209	1,120	-0,089

Los balances aportan información valiosa para cualquier región o sistema, ya que ofrece una práctica comprensión entre entradas y salidas en la producción de cultivos. Estos balances contienen muchas imprecisiones a nivel país o región, y en el mejor de los casos funcionan como balances parciales ya que resultaría imposible tener cifras exactas de todas las entradas y salidas según Stewart, 2003.

Si bien el desarrollo de la agricultura ha conducido al desequilibrio en los balances, particularmente para los estudios llevados a cabo en estos suelos, el balance fue positivo para el elemento P y negativo para el elemento Zn. Los contenidos de P en el suelo final respecto al inicial fueron mayores tanto en el Argiudol vértico como en el Haplustol éntico (Tabla 3) como consecuencia de la aplicación de fertilizantes fosfatados en primer término y la recuperación de los nutrientes contenidos en los rastrojos en segundo término, entre otros, respecto a la remoción por los granos a la cosecha. Para los mismos suelos el contenido de Zn fue menor al finalizar los dos años (Tabla 3), dado que las exportaciones a través de los granos fueron mayores que las entradas al sistema al no recibir ningún fertilizante con Zn.

## Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos se pueden mencionar las siguientes conclusiones: El balance de P fue positivo en ambos suelos esta circunstancia se correspondió con el elevado contenido de P en el suelo a través de dos años de cultivo.

El balance de Zn fue negativo en ambos suelos. En el Haplustol éntico es previsible la aparición de deficiencias más agudas considerando sus bajos contenidos en el suelo. Si bien el Argiudol vértico presenta un moderado contenido de Zn en el suelo el balance negativo fue casi seis veces mayor al observado para el Hapludol éntico por lo tanto ambos suelos podrán presentar en el futuro síntomas de deficiencia de Zn.

## Bibliografía

Hepper, E. N; Hevia, G; Buschiazzo, D; Urioste, A. M. y Bono A. A. Efectos de la agricultura sobre las fracciones de fósforo en suelo de la región semiárida pampeana central argentina. Actas XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, AAC.S., Santa Rosa, La Pampa. 1996

Malavolta, E. Manual de Calagem e Adubacao Das Principias Culturas. Editora Agronomica Ceres. San Pablo. Pag. 56. 1987

Michelena, R. O. and Irurtia, C. Susceptibility of Soil to Wind Erosion in La Pampa Province, Argentine, Arid Soil Research and Rehabilitation, Volume, 9 pp. 227-234. 1995

Smaling, E,M,A. and O. Oenema. Estimating Nutrient Balances in Agro-Ecosystems at Different Spatial Scales. In Advances in Soil Sciences. Methods for assessment of soil degradation. Edited by: Lal, R.; W. H. Blum; C. Valentine; B. A. Stewart. Pág. 229 - 249. 1998

Stewart, W. Mike. Nutrición fosfatada en la producción de cultivos en el centro y sur de las Grandes Planicies de Estados Unidos. INPOFOS Cono Sur. pag 27. 2003

Vázquez, M. Balance y Fertilidad Fosforada en Suelos Productivos de la Región Pampeana. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. N° 16. Diciembre 2002

Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation plannings. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook N° 537. Washington, 1978.