

FOSFORO: DINAMICA Y MANEJO EN SISTEMAS DE SIEMBRA DIRECTA

Fernando O. García¹ y Liliana I. Picone²

Introducción

La siembra directa (SD) es un sistema de manejo que no remueve el suelo y mantiene cubierta la superficie con los residuos de cultivos anteriores. Esta forma de manejo conserva el suelo al disminuir el impacto de la erosión hídrica y/o eólica. Otras ventajas de la SD son: mayor disponibilidad de agua para los cultivos, mejor fertilidad química, física y biológica del suelo, menor costo de producción por unidad de superficie, rendimientos más altos y estables y la posibilidad de secuestrar carbono (C) en el suelo (Marelli, 2001; Martino, 2001a). Los problemas observados bajo SD son: exceso de residuos en zonas templado-frías que dificultan la implantación y el crecimiento inicial de los cultivos, cambios en la población de plagas que pueden afectar el crecimiento de las plantas y formación de capas compactadas en el perfil del suelo explorado por las raíces (Fontanetto y Keller, 2001; Martino, 2001b).

Tabla 1. Área bajo manejo de siembra directa en distintos países (Derpsch y Benites, 2004).

País	Área en SD (miles ha)
Estados Unidos	23.700
Brasil	20.000
Argentina	16.000
Canadá	13.400
Australia	9.000
Paraguay	1.500
India y Pakistán	1.500
Bolivia	417
Sur Africa	300
España	300
Uruguay	288
Venezuela	170
Chile	130
Italia	80
Colombia	70
México	50
Francia	50
Otros	1.000
Total	88.000

La superficie bajo SD se ha incrementado en los últimos años, especialmente en los países del Cono Sur que presentan la mayor proporción del área de cultivos extensivos bajo SD (**Tabla 1**) (Derpsch y Benites, 2004). En Brasil, Paraguay, Bolivia y Argentina, entre el 50% y el 60% del área bajo cultivo se encuentra bajo SD, y 90% de esta superficie esta bajo SD continua.

El fósforo (P), después del nitrógeno (N), es el nutriente que más frecuentemente afecta la producción de cultivos. El P forma parte de enzimas, ácidos nucleicos y proteínas y está involucrado en prácticamente todos los procesos de transferencia de energía. El contenido total de P en el suelo está controlado por el material parental y el clima. En general, las zonas más húmedas son las más deficientes en este nutriente (Tisdale et al., 1993).

Del contenido total de P en el suelo, sólo las fracciones inorgánicas y orgánicas solubles y lábiles están disponibles para las plantas durante el ciclo del cultivo. Las fracciones de P indicadas en la **Figura 1** mantienen un equilibrio dinámico y complejo (Stewart y Sharpley, 1987). Solamente una pequeña fracción del P está en forma soluble, pero esta fracción está en equilibrio con la fracción lábil que comprende el P orgánico fácilmente mineralizable y los fosfatos débilmente adsorbidos a las arcillas. La mayor parte del P del

¹ INPOFOS Cono Sur (PPI/PPIC)-Av. Santa Fe 910, Acassuso, Buenos Aires, Argentina
fgarcia@inpofofos.org

² Facultad Ciencias Agrarias (UNMdP)-INTA Balcarce – CC276, (7620) Balcarce- Argentina
lpicone@balcarce.inta.gov.ar

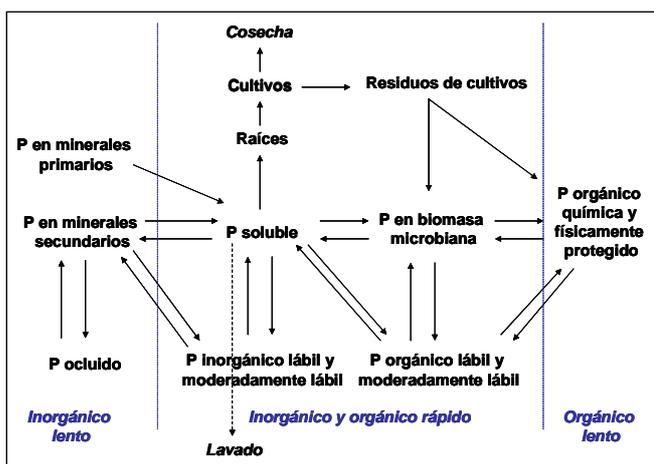


Figura 1. Ciclo del fósforo en el sistema suelo-planta. Adaptado de Stewart y Sharpley (1987).

suelo está en formas insolubles como fosfatos de calcio (Ca), hierro (Fe) y aluminio (Al), fosfatos retenidos en el humus o fijados fuertemente en las arcillas.

Efectos de la siembra directa sobre el ambiente edáfico

La introducción de la SD genera cambios en el ambiente edáfico que afectan el comportamiento de los nutrientes en el suelo. La presencia de residuos en superficie y la falta de remoción del suelo alteran algunas propiedades físicas que influyen

directa e indirectamente en la dinámica de los nutrientes (Ferrerías et al., 1999; Ferrerías et al., 2000; Marelli, 2001; Fabrizzi et al., 2004). Bajo SD se origina un ambiente más húmedo que en labranza convencional (LC) debido principalmente a la cobertura superficial que promueve una menor tasa de evaporación del agua. Las variaciones de temperatura son también menores bajo SD debido al efecto aislante de los residuos, al menor albedo y al mayor contenido de agua (Ferrerías et al., 1999, Fabrizzi et al., 2004). La falta de remoción altera otras propiedades del ambiente físico del suelo como la densidad aparente, la porosidad, la aireación y la resistencia a la penetración (Ferrerías et al., 2000).

Tabla 2. Carbono orgánico, nitrógeno mineralizable y características microbianas bajo siembra directa y labranza convencional (Adaptado de Doran y Linn, 1994).

Determinación	Relación SD/LC	
	0 – 7.5 cm	7.5 – 15 cm
Carbono orgánico	1.4	1.0
Nitrógeno mineralizable	1.4	1.0
Biomasa microbiana	1.5	1.0
Hongos	1.4	0.6
Bacterias aeróbicas	1.4	0.7
Nitrificadores	1.0	0.5
Anaeróbicos obligados	1.3	1.1
Desnitrificadores	2.7	1.9

Los cambios en cantidad y distribución de materia orgánica y propiedades físicas y químicas del suelo resultan en efectos directos e indirectos sobre la composición y dinámica de las poblaciones microbianas (Doran, 1980; Colozzi Filho et al., 2001).

Los datos de la **Tabla 2** indican que el C orgánico, N mineralizable y C de la biomasa microbiana son mayores en la capa superficial del suelo bajo SD (0 – 10 cm).

El conteo de hongos y bacterias aeróbicas es también superior en superficie bajo SD. Las bacterias anaeróbicas obligadas y desnitrificadoras se incrementan a profundidad en el suelo sin laboreo reflejando la mayor energía, humedad y densidad aparente del sistema. En definitiva, los efectos sobre los microorganismos del suelo se reflejan en las transformaciones de nutrientes como N y P.

Dinámica del fósforo bajo siembra directa

Una característica de la dinámica de P en los sistemas de SD es la estratificación a profundidad. Se encuentran mayores concentraciones de P disponible en la capa superficial (0 -10 cm) debido a la acumulación de residuos y a la aplicación superficial de fertilizantes fosfatados (Scheiner y Lavado, 1998; Calviño et al., 2000) (**Figura 2**).

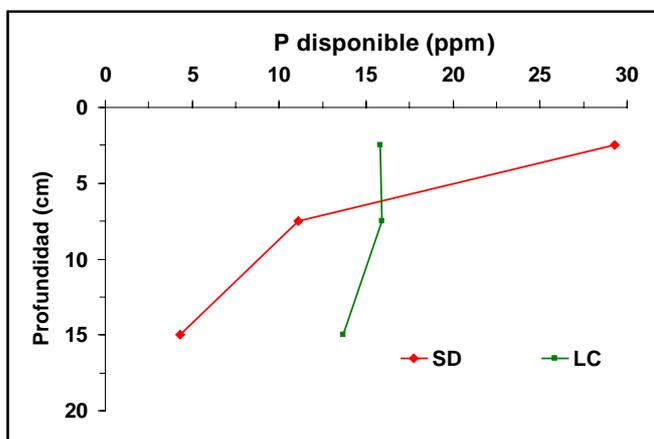


Figura 2. Estratificación de fósforo en profundidad bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC). Fuente: Ricardo Bergh. Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina.

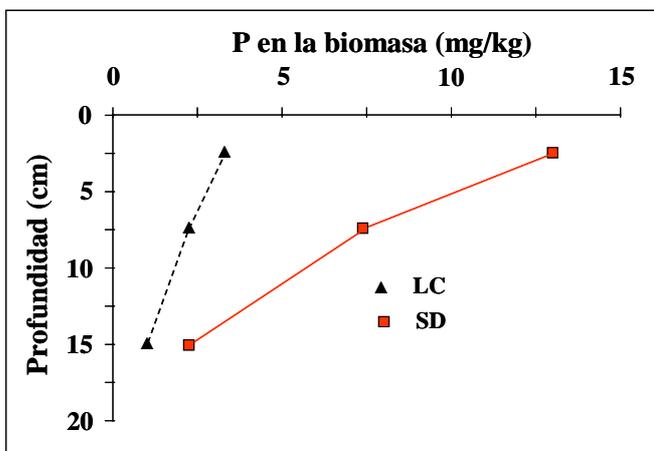


Figura 3. Fósforo en la biomasa microbiana bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC) en el sudeste de Buenos Aires, Argentina (Zamuner et al., 2004a).

una rotación con trigo continuo y la menor tasa de descomposición de los mismos bajo SD. Estudios realizados en el sudeste de Buenos Aires, en la región pampeana argentina, mostraron incrementos significativos en el P de la biomasa microbiana a 0-20 cm de profundidad después de 8 años de SD en un suelo argiudol típico (**Figura 3**) (Zamuner et al., 2004a).

Para identificar si existe acumulación o disminución de las diferentes formas lábiles de P con diferente labranza, Zamuner et al. (2004a) calcularon un cociente que relaciona la

El reciclaje de P a través de la biomasa microbiana es también influenciado por los cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo bajo SD. El mayor contenido de agua y de C y N orgánicos se reflejan en una mayor población microbiana con respecto al suelo bajo LC. El contenido de P en la biomasa microbiana es también mayor en los suelos bajo SD (**Figura 3**) (Zamuner et al., 2004a).

En suelos altamente meteorizados con deficiencia, la disponibilidad de P para las plantas puede depender más del reciclaje del P orgánico de la biomasa microbiana que del P inorgánico (Tiessen y Shang, 1998).

Investigación conducida en molisoles de Saskatchewan, Canadá, demostró que al pasar de un sistema de trigo-barbecho bajo LC a trigo continuo bajo SD se produjo un incremento significativo en el P total (19%) a una profundidad de 0-10 cm como resultado de una mayor acumulación de formas lábiles y moderadamente lábiles de P en superficie, especialmente en forma orgánica (**Tabla 3**) (Selles et al., 1999). Este resultado muestra la mayor cantidad de residuos que retorna al suelo en

concentración de cada fracción de P en el suelo bajo SD respecto a las mismas fracciones en LC a diferentes profundidades (**Tabla 4**). Esta relación muestra que hay una mayor

Tabla 3. Fracciones de fósforo del suelo (0-10 cm de profundidad) bajo SD y labranza convencional luego de 10 años de instalados ambos sistemas. Swift Current, Canadá (Selles et al., 1999).

Forma de P	Barbecho	Trigo
	trigo (LC)	continuo (SD)
----- kg P/ha -----		
P orgánico lábil	66 a	108 b
P inorgánico lábil	82	112
P orgánico moderadamente lábil	157 a	238 b
P inorgánico moderadamente lábil	411	387
P residual	189	197
P total	877 a	1041 b

aumento en la concentración de C orgánico total (COT) que favorece la formación de complejos con P. Entre los 10 y 20 cm de suelo, la LC se enriqueció con las formas lábiles de P (**Tabla 2**), sin embargo, la concentración de Pi-MIA fue similar en ambas labranzas. Posiblemente, los efectos de COT y pH sobre la concentración de P retenido bajo esta forma dejaron de ser importantes.

Tabla 4. Concentración de P en fracciones lábil (P lábil), moderadamente lábil (P mod lábil) y no lábil (P no lábil) bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC), a diferentes profundidades y la relación SD/LC de dichas fracciones (Zamuner et al., 2004a).

Fracciones de P	Concentración de P		Relación SD/LC
	LC	SD	
----- mg/kg -----			
----- Profundidad 0 a 5 cm -----			
P lábil	50.6	86.5	1.7
P moderadamente lábil	146.9	173.5	1.2
P no lábil	390.0	412.4	1.1
----- Profundidad 5 a 10 cm -----			
P lábil	41.4	64.5	1.6
P moderadamente lábil	143.6	150.1	1.0
P no lábil	370.1	413.7	1.1
----- Profundidad 10 a 20 cm -----			
P lábil	36.3	24.9	0.7
P moderadamente lábil	125.4	120.5	1.0
P no lábil	366.1	421.2	1.2

concentración de formas lábiles de P en los primeros 10 cm de un suelo bajo SD que bajo LC, principalmente de las formas inorgánicas de P extraídas con membrana de intercambio aniónico (Pi-MIA).

Estos autores sugieren que el incremento de formas lábiles de P como Pi-MIA, en los primeros 10 cm del suelo bajo SD, se debe a una combinación del efecto de la reducción de pH que incrementa el desarrollo de cargas positivas dependientes del pH y al

Manejo de la fertilización fosfatada bajo siembra directa

La respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en suelo, pero también depende de factores del suelo, del cultivo y de manejo del fertilizante. Entre los factores del suelo se destacan la textura, la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH, mientras que entre los factores del cultivo deben mencionarse los requerimientos y el nivel de rendimiento.

A pesar de las diferencias en la distribución del P extractable a diferentes profundidades por efecto de la estratificación, los niveles críticos de P para SD coinciden con aquellos para LC

cuando se muestrea el suelo a profundidad de 0-15 ó 0-20 cm (Calviño et al., 2000; Essington y Howard, 2000; Zamuner et al., 2004b). En el sudeste de Buenos Aires (Argentina) y en Uruguay se ha observado que los niveles críticos de P Bray 1 en el suelo para decidir la fertilización fosfatada de trigo y maíz son similares bajo SD y LC (García et al. 1997; Calviño et al., 2000; Bordoli et al., 2004). Zamuner et al. (2004b) reportaron mejores ajustes para la calibración del rendimiento relativo de trigo en función del nivel de P Bray 1 a profundidad de 0-20 cm que a 0-5 ó 5-10 cm en el sudeste de Buenos Aires (Figura 4).

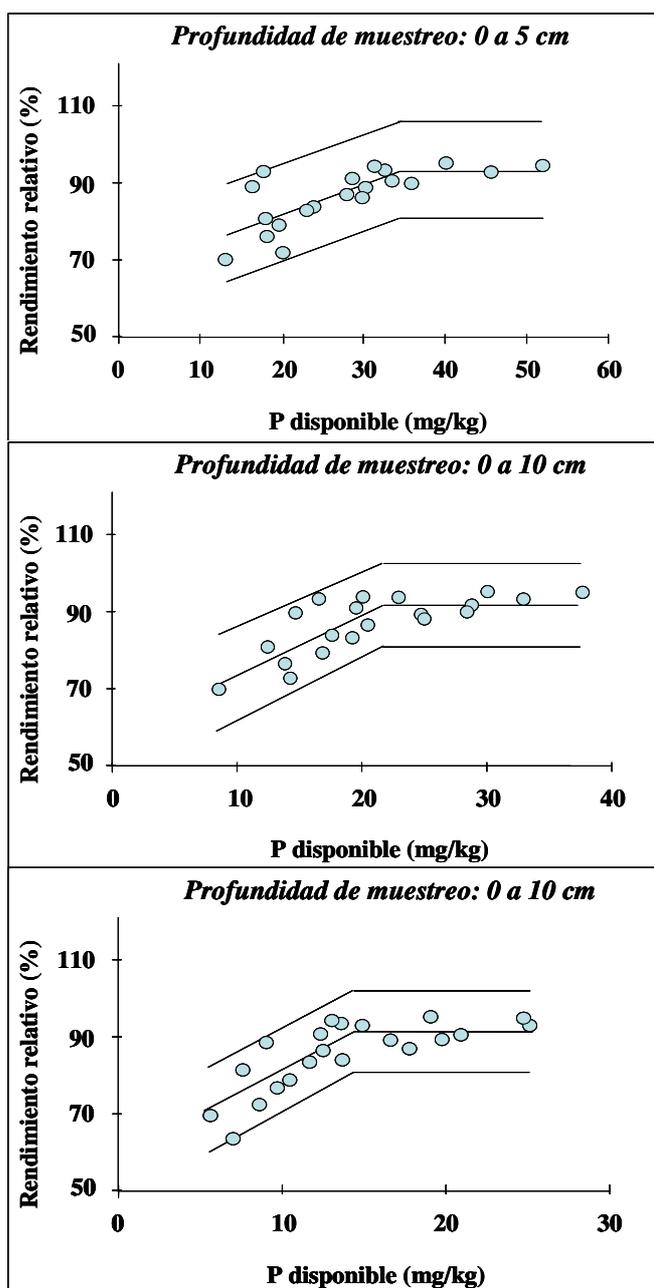


Figura 4. Rendimientos relativos de trigo en función del nivel de P Bray 1 a distintas profundidades de muestreo bajo siembra directa en el sudeste de Buenos Aires, Argentina (Zamuner et al., 2004b). Coeficientes de determinación R^2 de 0.5, 0.6 y 0.7 para 0-5, 0-10 y 0-20 cm, respectivamente.

La coincidencia de niveles críticos en SD y LC, a pesar de los mayores contenidos de P en formas biodisponibles bajo SD, podría atribuirse al hecho de que la gran mayoría de los métodos de análisis de P extractable (Bray, Mehlich, Olsen) se basan en la extracción y determinación de formas inorgánicas de P (Stewart y Sharpley, 1987). Sin embargo, no incluir la evaluación de fracciones orgánicas de P bajo SD podría explicar la falta de ajuste en la calibración de los análisis de suelo en sistemas de SD estabilizados y puede ser una fuente de error en la recomendación de fertilización. Vivas et al. (2004) encontraron una relación significativa entre el rendimiento de soja y la fracción orgánica lábil bajo SD.

Algunos estudios sugieren que la acumulación superficial de P bajo SD podría resultar en una mayor disponibilidad para las plantas con respecto a LC, debido a la reducción de los procesos que sacan P de la solución del suelo a través de reacciones químicas de precipitación y de adsorción en los coloides y la tendencia a acumular formas de P más biodisponibles (Guertal et al., 1991; Selles, 2003).

Al no mezclar la capa superficial del suelo con SD, el P residual en las bandas de aplicación de fertilizantes fosfatados genera variabilidad espacial (Kitchen et al., 1990; Giuffrè et al., 1995; Anghinoni et al., 2003)

(Figura 5). Se ha demostrado que en maíz bajo SD la concentración de P en la banda decrece logarítmicamente con la distancia desde el centro de la banda y que varía sustancialmente a lo largo de la dirección de aplicación de la banda (Stecker et al., 2001). El P en el centro de la banda sería más fácilmente extractable con Bray 1 que el suelo no afectado por la banda. El muestreo de un suelo con la inclusión de bandas podría introducir error al sobreestimar el P disponible. A este proceso de variación horizontal se suma la variación vertical, generada por la estratificación, afectando el muestreo para el diagnóstico de la fertilidad y la recomendación de dosis de P para los cultivos.

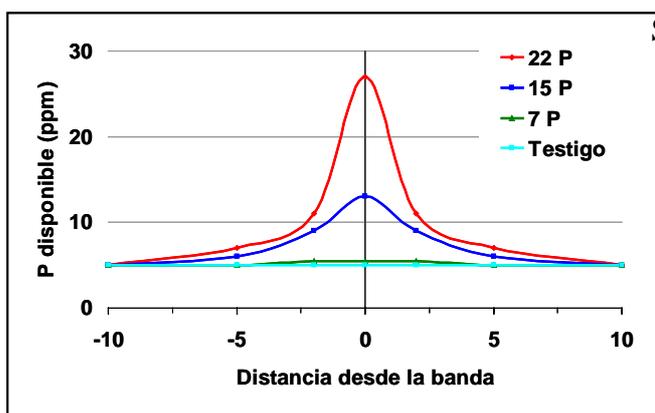


Figura 5. Distribución de fósforo residual alrededor de una banda de fertilización (Kitchen et al., 1990).

Se han sugerido distintas alternativas de muestreo de suelo para reducir el impacto de la variabilidad horizontal (P residual en bandas de años anteriores). Una alternativa consiste en incrementar el número de submuestras por muestra. Tyler y Howard (1991) consideran que el muestreo al azar es adecuado para evitar sobreestimar el efecto de la banda. Sin embargo, Kitchen et al. (1990) sugirieron que una porción de la muestra debe ser tomada de la banda. La Comisión de Fertilidad de Suelos RS/SC (1997) sugiere el

muestreo de fajas transversales a las bandas o líneas de fertilización de años anteriores, desde una entrebanda a la siguiente entrebanda incluyendo la línea fertilizada. El muestreo puede realizarse con barreno de 2.5 cm de diámetro en forma transversal a la banda de fertilización considerando 3 submuestras entre bandas y 1 sobre la banda en bandas a 17.5-19 cm de separación, 7 submuestras entre bandas y 1 en la banda para bandas a 38-40 cm y 13 submuestras en la entrebanda y 1 en la banda para bandas a 60-80 cm (Anghinoni et al., 2003).

Los efectos de estratificación y variabilidad horizontal de P también generan interrogantes acerca de la eficiencia de los métodos de aplicación de fertilizantes fosfatados. Las aplicaciones en cobertura total reducirían el impacto de la variabilidad horizontal, pero

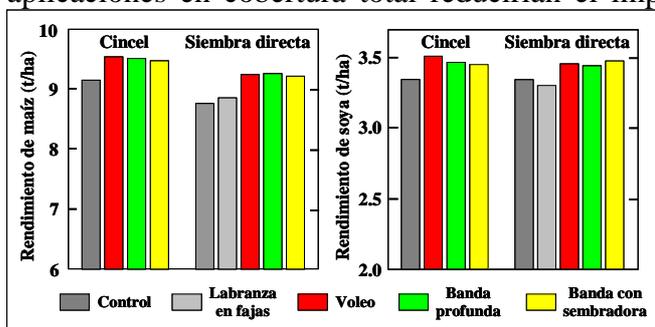


Figura 6. Rendimientos de maíz y soya bajo labranza con cincel y siembra directa con distintos métodos de aplicación de fósforo en Iowa, EE.UU (Mallarino, 2001).

simultáneamente resultarían en una mayor concentración superficial del P aplicado. En zonas húmedas del cinturón maicero norteamericano, Bordoli y Mallarino (1998) no encontraron diferencias en rendimiento de maíz o soya entre tres métodos de aplicación de P: voleo superficial en otoño y banda profunda a 15-18 cm o superficial a 5 cm a la siembra en primavera (Figura 6).

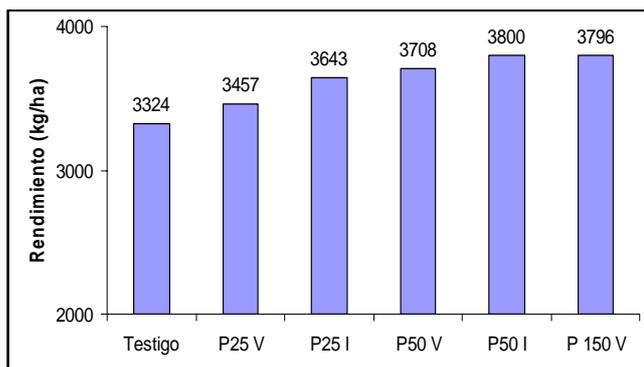


Figura 7. Rendimientos de trigo con aplicaciones de P al voleo, cobertura total, anticipado (40 días antes de la siembra) (V), o incorporado en líneas a la siembra (I) en dosis de 25, 50 y 150 kg/ha de P. Promedios de cinco sitios de la región pampeana argentina con niveles de P Bray de 8 a 22 mg/kg (Bianchini, 2003).

Evaluaciones realizadas en Uruguay (Bordoli et al., 2004) y en la región pampeana argentina (Bianchini et al., 2003) han demostrado que, bajo las condiciones edafo-climáticas locales, las aplicaciones al voleo de fertilizantes fosfatados solubles antes de la siembra resultan en respuestas similares a las de las aplicaciones en bandas al momento de la siembra, aún en suelos de baja disponibilidad de P extractable (**Figura 7**). Estos resultados indicarían que la fijación de P en capas superficiales del suelo no sería un proceso de importancia bajo SD en molisoles. Las aplicaciones al voleo anticipadas presentan ventajas desde el punto de

vista logístico ya que incrementan la capacidad de trabajo de los equipos y podrían reducir la variabilidad horizontal y, por lo tanto, los problemas asociados al muestreo y diagnóstico de la fertilidad.

Numerosos trabajos, en la región pampeana argentina, han reportado efectos residuales de aplicaciones de P en sistemas de producción de cultivos de granos bajo SD (García, 2003; Echeverría et al., 2004; Salvagiotti et al., 2004; L. Ventimiglia y col., com. pers.; G. Gerster y O. Novello, com. pers.), similares a los reportados bajo LC (Berardo, 2000). La **Figura 7** muestra los efectos residuales de la aplicación de P en una rotación doble cultivo trigo/soja-soja-maíz en el centro de la provincia de Santa Fe (Fontanetto et al., 2003).

Bibliografía

- Anghinoni I., J. Schindwein y M. Nicolodi. 2003. Manejo del fósforo en siembra directa en el sur de Brasil: Variabilidad de fósforo y muestreo de suelo. Actas Simposio "El fósforo en la agricultura argentina". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. pp. 20-26.
- Berardo A. 2000. Dinámica del fósforo en el sistema suelo-planta: Eficiencia, residualidad y manejo de la fertilización. Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2000". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. pp. 4-10.
- Bianchini A. 2003. Localización de fósforo en siembra directa. Actas Simposio "El fósforo en la agricultura argentina". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. pp. 79-82.
- Bordoli J.M., A. Quincke y A. Marchessi. 2004. Fertilización fosfatada de trigo en siembra directa. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas CD. AACS, Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Bordoli J.M. y A. Mallarino. 1998. Deep and shallow banding phosphorus and potassium as alternatives to broadcast fertilization for no-till corn. Agron. J. 90:27-33.
- Calviño P., H. Echeverría y M. Redolatti. 2000. Estratificación de fósforo en el suelo y diagnóstico de la fertilización fosfatada en trigo en siembra directa. Actas CD XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACS. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

- Colozzi Filho A., D. De Souza Andrade y E. L. Balota. 2001. Comunidad microbiana en suelos en siembra directa. *En Siembra directa en el Cono Sur*. R. Díaz Rosello (ed.). PROCISUR. Montevideo, Uruguay.
- Comissao de Fertilidade do Solo-RS/SC. 1997. Recomendacoes de adubacao e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. SBCS-Nucleo Regional Sul. 3^a. Ed. Santa María, RS, Brasil.
- Derpsch R y J. Benites. 2004. Agricultura Conservacionista no Mundo. XV Reunión Brasileira de Ciencia do Solo. Universidad de Santa María, RS, Brasil.
- Doran J.W. y D.M. Linn. 1994. Microbial ecology of conservation management systems. In J.L. Hatfield and B.A. Stewart (eds.) p. 1-27 Soil biology effects on soil quality. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Echeverría H., H. Sainz Rozas, A. Bianchini y F. García. 2004. Utilización y residualidad de fósforo bajo siembra directa en la región pampeana. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas CD. AACS, Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Essington M. y D. Howard. 2000. Phosphorus availability and speciation in long-term no-till and disk-till soil. *Soil Sci.* 165:144-152.
- Fabrizzi, K. P., F. O. García, J. Costa y L. I. Picone. 2004. Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. Aceptado para su publicación en *Soil & Tillage Research*.
- Ferreras, L. A., J. L. Costa, y F. O. García. 1999. Temperatura y contenido hídrico del suelo en superficie durante el cultivo de trigo bajo dos sistemas de labranzas. *Ciencia del suelo* 17 (2):39-45.
- Ferreras, L. A., J. L. Costa, F. O. García, y C. Pecorari. 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampas" of Argentina. *Soil Till. Res.* 54:31-39.
- Fontanetto H. y O. Keller. 2001. Efecto de diferentes labranzas sobre propiedades edáficas de un Argiudol. *En Siembra directa en el Cono Sur*. R. Díaz Rosello (ed.). PROCISUR. Montevideo, Uruguay.
- Fontanetto H., H. Vivas, R. Albrecht y J. Hotian. 2003. La fertilización con N, P y S y su residualidad en una secuencia agrícola de la región central de Santa Fe. Simposio "El fósforo en la agricultura argentina". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. pp. 91-93.
- García F. 2003. Balance de nutrientes en la rotación: Impactos en rendimientos y calidad del suelo. Actas XI Congreso de AAPRESID. AAPRESID. Rosario, Argentina. Tomo II, pp. 257-264.
- García F., K. Fabrizio, M. Ruffo y P. Scarabicchi. 1997. Fertilización nitrogenada y fosfatada de maíz en el sudeste de Buenos Aires. Actas VI Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- Giuffre L., O.S. Heredia, C. Pascale y M. Carabajales. 1997. Formas de fósforo en el suelo y su relación con las rotaciones y labranzas. *Rev. Fac. Agr. Buenos Aires* 17:281-287.
- Guertal E.A., D.J. Eckert, S.J. Traina y T.J. Logan. 1991. Differential phosphorus retention in soil profiles under no-till crop production. *Soil Sci. Am. J.* 55:410-413.
- Kitchen N., J. Havlin y D. Westfall. 1990. Soil sampling under no-till banded phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:1661-1665.
- Mallarino A. 2001. Manejo de la fertilización con fósforo y potasio para maíz y soja en el centro-oeste de los Estados Unidos. *En Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2001"*. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

- Marelli H. 2001. El agua y la siembra directa. *En Siembra directa en el Cono Sur*. R. Díaz Rosello (ed.). PROCISUR. Montevideo, Uruguay.
- Martino D. 2001a. Secuestro de carbono atmosférico: ¿un nuevo ingreso para los agricultores del Cono Sur?. *En Siembra directa en el Cono Sur*. R. Díaz Rosello (ed.). PROCISUR. Montevideo, Uruguay.
- Martino D. 2001b. Manejo de restricciones físicas del suelo en sistemas de siembra directa. *En Siembra directa en el Cono Sur*. R. Díaz Rosello (ed.). PROCISUR. Montevideo, Uruguay.
- Salvagiotti F. G. Ferster, S. Bacigaluppo, J. Castellarin, C. Galarza, N. Gonzalez, V. Gudelj, O. Novello, H. Pedrol y P. Vallone. 2004. Residualidad y fertilización directa con fósforo y azufre en soya de segunda. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas CD. AACCS, Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Selles F. 2003. Influencia de la siembra directa en la dinámica del fósforo en el suelo. Actas Simposio “El fósforo en la agricultura argentina”. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. pp. 12-19.
- Selles F., B. G. Mc Conkey y C. A. Campbell. 1999. Distribution and forms of P under cultivator and zero tillage for continuous and fallow-wheat cropping systems in the semi-arid Canadian prairies. *Soil and Tillage Research* 51: 47-59.
- Stecker J.A., J.R. Brown y N.R. Kitchem. 2001. Residual phosphorus distribution and sorption in starter fertilizer bands applied in no-till culture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:1173-1183.
- Stewart, J.W.B. y A.N. Sharpley. 1987. Controls on dynamics of soil and fertilizer phosphorus and sulfur. P. 101-121. In R.F. Follett, J.W.B. Stewart, and C. V. Cole (eds.) *Soil fertility and organic matter as critical components of production systems*. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Pub. 19, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Tiessen H y C. Shang. 1998. Organic matter turnover in tropical land use systems. p. 1-14. In L. Bergstrom and H. Kirchmann. *Carbon and nutrient dynamics in natural and agricultural tropical ecosystems*. CAB International.
- Tisdale S.L., W. Nelson, J. Beaton y J. Havlin. 1993. *Soil fertility and fertilizers*. Fifth Edition. MacMillan Pub. Co. New York (E.U.A.).
- Tyler D.D y D.D. Howard. 1991. Soil sampling patterns for assessing no-tillage fertilization techniques. *J. Fert. Issues* 8: 52-56.
- Vivas H., C. Quintero, G. Boschetti, R. Albrecht y M. Befani. 2004. Fertilización con fósforo y azufre: Fracciones de P del suelo y rendimiento de soya y maíz. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas CD: AACCS, Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Zamuner E., L.I. Picone y H.E. Echeverría. 2004a. Formas de fósforo en un suelo bajo labranza convencional y siembra directa. Actas CD XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos. AACCS.
- Zamuner E., H.E. Echeverría y L.I. Picone. 2004b. Fósforo disponible en trigo bajo siembra directa. Actas CD XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos. AACCS.