

# FORMAS DEL FOSFORO DEL SUELO Y SU RELACION CON LAS ROTACIONES Y LABRANZAS

LIDIA GIUFFRÉ, OLGA S. HEREDIA, CARLA PASCALE y M. MARTA CARBAJALES<sup>1</sup>

Recibido: 02/12/97

Aceptado: 22/02/98

## RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron la evaluación del impacto de las prácticas culturales, comparando un suelo virgen y uno cultivado, y el estudio de la influencia de distintos sistemas de labranza y rotaciones en las formas de fósforo del suelo: Pt (P total), Pi (P inorgánico), Po (P orgánico) y Pe (P extraíble por Bray), en un Argiudol típico de Marcos Juárez bajo cultivo de maíz (*Zea Mays L.*).

Se llevó a cabo un ensayo a campo con labranza convencional y siembra directa, en experimentos de largo plazo con rotaciones maíz-maíz y soja-maíz. Se tomó una situación testigo del parque como suelo de referencia. Los suelos cultivados presentaron una disminución en todas las formas de fósforo del suelo, pero el P orgánico se comportó como una forma bastante estable, incrementando su rol dentro de las distintas fracciones como consecuencia de las prácticas agrícolas.

La rotación maíz-maíz y la siembra directa presentaron mayores valores de fósforo. Las formas extraíbles se incrementaron durante el ciclo del maíz en la rotación soja-maíz, debido a la mineralización de formas orgánicas.

**Palabras clave:** fósforo del suelo, rotaciones, labranza convencional, siembra directa.

## SOIL PHOSPHORUS AND ITS RELATIONSHIP WITH ROTATIONS AND TILLAGE

### SUMMARY

The objectives of this work were the evaluation of the impact of agricultural practices comparing a virgin soil and a cultivated one, and the study of the influence of different tillage systems and rotations on soil P forms: Pt (total P), Pi (inorganic P), Po (organic P) and Pe (Bray extractable P), on a Typic Argiudoll under maize (*Zea mays L.*).

A field experiment with conventional tillage and no-tillage was conducted in long term experiments with corn/corn and soybean/corn rotations. A control situation with a pristine soil was taken from the park. Cultivated soils showed a decrease in all phosphorus forms, but organic phosphorus behaved as a rather stable form, with an increasing role among soil P fractions as a consequence of agricultural practices. Corn/corn rotation and no-tillage presented allways greater P values. Extractable forms increased over maize cycle in soybean/corn rotation, due to mineralization of organic forms.

**Key words:** soil P, rotations, no-tillage, conventional tillage.

## INTRODUCCION

La dinámica de los elementos nutritivos en los sistemas terrestres está regulada por factores químicos y biológicos, y resulta del balance entre ganancias y pérdidas determinadas por factores

meteorológicos, geológicos y biológicos. El nutrimento fósforo presenta una modalidad particular de transferencia entre compartimentos ambientales que difiere de otros macronutrientes, y debe tenerse en cuenta que las demandas de fósforo en los dos

---

<sup>1</sup>Cátedra de Edafología, Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía, UBA, Av. San Martín 4453, 1417, Buenos Aires. E-mail: giuffre@ifeva.edu.ar

últimos siglos han alterado los equilibrios existentes, movilizandolos reservas y acelerando su circulación en el circuito biológico (Sequi, 1991).

El impacto de las prácticas culturales es un ítem a ser diagnosticado teniendo en cuenta las problemáticas ambientales y la tendencia hacia una agricultura sustentable (Wallace, 1994). Mientras los sistemas basados en la labranza cero han producido aumentos en la materia orgánica del suelo y sus nutrientes relacionados, los sistemas agrícolas tradicionales han mostrado limitaciones debido a su alto costo y a su impacto ambiental (Pezzarossa *et al.*, 1995), y además por ser un factor de disminución de fracciones orgánicas e inorgánicas de fósforo del suelo (Mc. Kenzie *et al.*, 1992). En algunos casos, sin embargo, se han producido incrementos del fósforo extraíble del suelo con maíz continuo y maíz/soja (Karlen *et al.*, 1991).

Los objetivos del trabajo fueron:

- evaluación del impacto de prácticas agrícolas en las formas de P del suelo: P total (Pt), inorgánico (Pi), orgánico (Po) and P extraíble con Bray (Pe), comparando un suelo virgen con un suelo cultivado.
- el estudio de la influencia de los sistemas de labranza: siembra directa y labranza convencional, considerando dos rotaciones: maíz/maíz y soja/maíz sobre las formas de P durante el ciclo de un cultivo de maíz.

## MATERIALES Y METODOS

### Diseño del ensayo

Se realizó en la EEA INTA Marcos Juárez, provincia de Córdoba. El clima es templado subhúmedo, y el suelo utilizado corresponde a la serie Marcos Juárez. Es un Argiudol típico, de textura superficial franco-limosa, con una estructura fácilmente degradable por acción de las labranzas y las precipitaciones (Marelli y Arce, 1989).

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones, en parcelas de 8 x 15 m. Se efectuó un cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con dos sistemas de labranza:

- labranza convencional: arado de reja y vertedera, rastra de discos y sembradora convencional.
- siembra directa: sembradora especial con cincel abre-surcos.

El ensayo se realizó en dos lotes uniformes que venían de dos rotaciones distintas: soja/maíz y maíz/maíz durante 18 años.

Se efectuaron muestras compuestas de 10 sub-muestras en cada una de las situaciones, y se muestreó además un suelo virgen situado en el parque. La época de muestreo fueron siembra y cosecha del cultivo de maíz.

### Determinaciones efectuadas

El P total, P inorgánico y P orgánico se analizaron mediante calcinación en mufla (Olsen y Sommers, 1982).

El P extraíble se obtuvo mediante la extracción con Bray (Bray y Kurtz, 1954) y colorimetría del azul de molibdeno (Olsen y Sommers, 1982).

Se efectuaron análisis de variancia y test de Tukey con el programa estadístico Statistix 4.0.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Impacto de la agricultura en las formas de fósforo del suelo

Los valores de fósforo extraíble en suelos encontrados en todas las situaciones fueron muy altos, lo que coincidió con lo hallado por Arrigo (1990), y está relacionado con la riqueza en fósforo del material original.

En estas situaciones de alto contenido de este macronutriente, los análisis de suelos deberían cambiar sus objetivos tradicionales, de modo de contemplar los posibles impactos negativos sobre la calidad de las aguas. Sería aconsejable un monitoreo de estos suelos incorporando nuevas técnicas que permitan una interpretación ambiental de los resultados analíticos (Gartley y Sims, 1994).

Al incorporar los suelos a sistemas productivos se produjo una disminución en las formas de P con respecto al suelo virgen, que se ve reflejada en el Cuadro N° 1. Esto coincidió con lo expresado por Demmi *et al.* (1993) y Echeverría (1993).

Al someterse los suelos a cultivo, los mayores efectos se notaron en la disminución del P total, inorgánico y extraíble, con diferencias estadísticamente significativas. Buschiazzo *et al.* (1994) encontraron también una disminución en P total e inorgánico al incorporar prácticas agrícolas en Hapludoles énticos, mientras que el P orgánico presentó un comportamiento errático.

**Cuadro N° 1: Efecto de las labranzas y rotaciones sobre las formas de fósforo del suelo ( $\mu\text{g g}^{-1}$  ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ))**

	Pt		Pi		Po		Pe									
	M	CV	M	CV	M	CV	M	CV								
Control	1170		890		1,1		278		1,2		127		5,3			
Rotación	SD		LC		SD		LC		SD		LC		SD		LC	
	M	CV	M	CV	M	CV	M	CV	M	CV	M	CV	M	CV	M	CV
M/M	649a	6	623a	5	464a	21	399a	0,4	264a	1	224a	14	72a	3,1	80,7a	14
S/M	537b	2	486b	4	313a	11	280b	4,6	224b	10	206b	9	33,3b	8,6	31,7b	9,1
% Dif.																
M/M	- 44,5		- 46,8		- 47,9		- 55,2		- 5,0		- 19,4		- 43,3		- 36,5	
S/M	- 54,1		- 58,5		- 64,8		- 68,5		- 19,4		- 25,9		- 73,8		- 75,0	
F-test	***		***		***		***		*		*		***		***	

"Formas de P: Pt: P total; Pi: P inorgánico; Po: P orgánico; Pe: P extraíble" - "Sistemas de labranza: SD: siembra directa; LC: labranza convencional" - "Rotaciones: M/M: maíz/maíz; S/M: soja/maíz" - Letras diferentes: indican diferencias significativas entre rotaciones  $P < 0,05$  - %Dif.: Diferencias entre el control y los tratamientos expresadas como % - Estadística descriptiva: M: media, CV: coeficiente de variación (%). - "F-test: NS, dif. No significativas  $P < 0,05$ ; \*, significativa a  $P < 0,05$ ; \*\*, Significativo a  $P < 0,01$ ; \*\*\* significativo a  $P < 0,001$ ."

El Po representó un 40 % de las formas totales en suelos cultivados, para la misma región Navarro (1973) estimó un contenido de Po de 50 %. La fracción orgánica se comportó como una fracción bastante estable, que incrementó su rol respecto al Pt como consecuencia de la agricultura (Figura 1), lo que estuvo de acuerdo con lo estudiado por Vázquez *et al.* (1991) en un Argiudol típico de la provincia de Santa Fé.

Debe resaltarse que, al disminuir fundamentalmente el P proveniente del pool inorgánico como consecuencia de las prácticas agrícolas, es fundamental el mantenimiento de la materia orgánica de estos suelos, como promotora de los equilibrios biológicos que permitirán el reciclado del fósforo en los suelos bajo cultivo.

#### Efecto de las rotaciones

Puede observarse en la Figura 2 que la rotación maíz/maíz siempre mantuvo mayores valores para

todas las formas del P del suelo, comparada con la rotación soja/maíz. Esto puede deberse al mayor aporte de residuos por parte del cultivo de maíz. Cuando estos residuos son incorporados, las rotaciones maíz/maíz no producen tantos efectos degradativos en esta región, según los resultados obtenidos por Chagas *et al.* (1994).

Debe remarcarse además que la soja es un cultivo extractivo con altas demandas de P y podría producir una mayor disminución de este macronutrimiento en forma extraíble en el suelo.

#### Efecto de las labranzas

Como puede observarse en la Figura 3, las parcelas con siembra directa presentaron mayores valores de P, lo que coincidió con lo hallado por Karlen *et al.* (1991) e Ismail *et al.* (1994), debido a la estratificación superficial de los nutrientes y la conservación de materiales orgánicos característicos de este tipo de manejo. Lal *et al.* (1994),

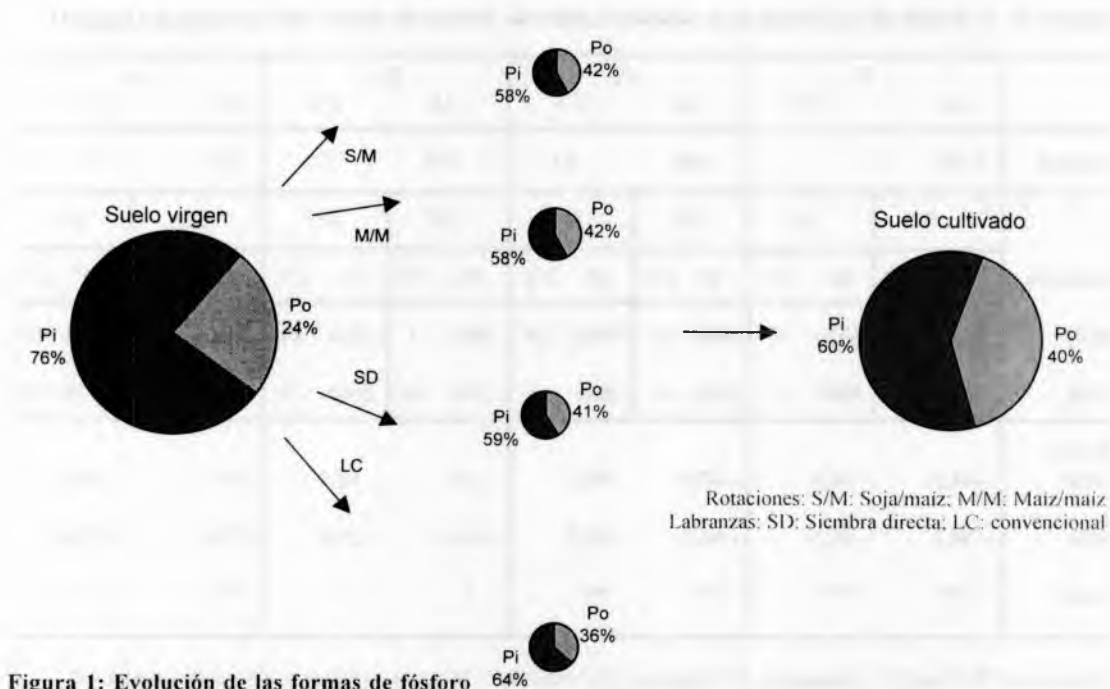


Figura 1: Evolución de las formas de fósforo

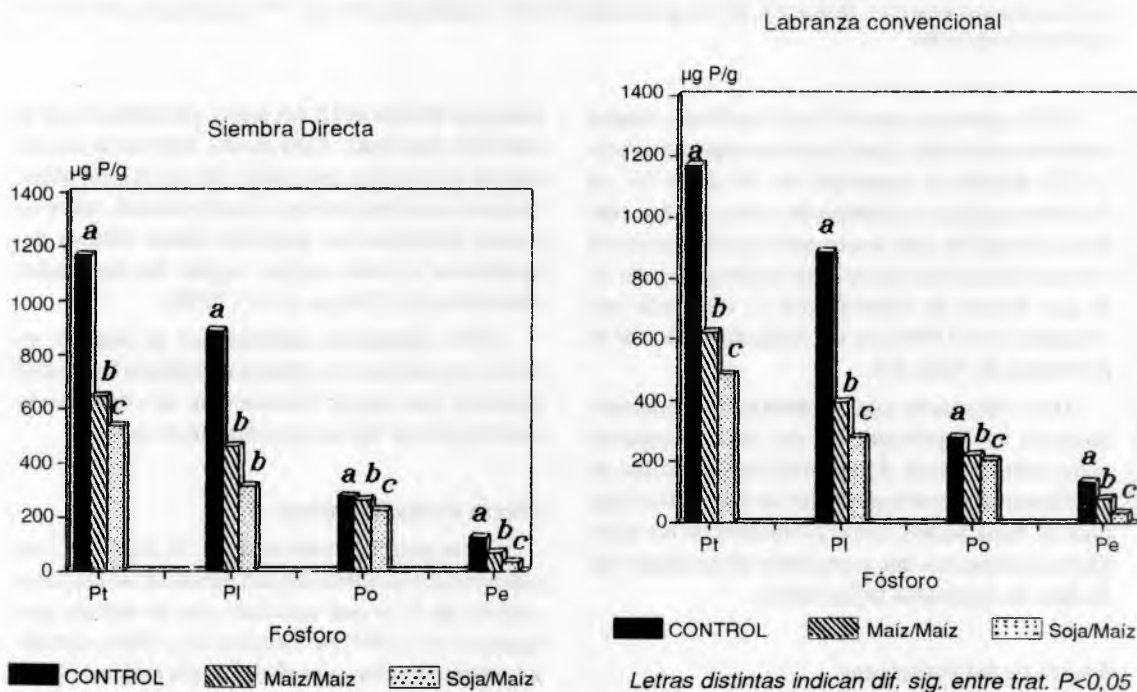
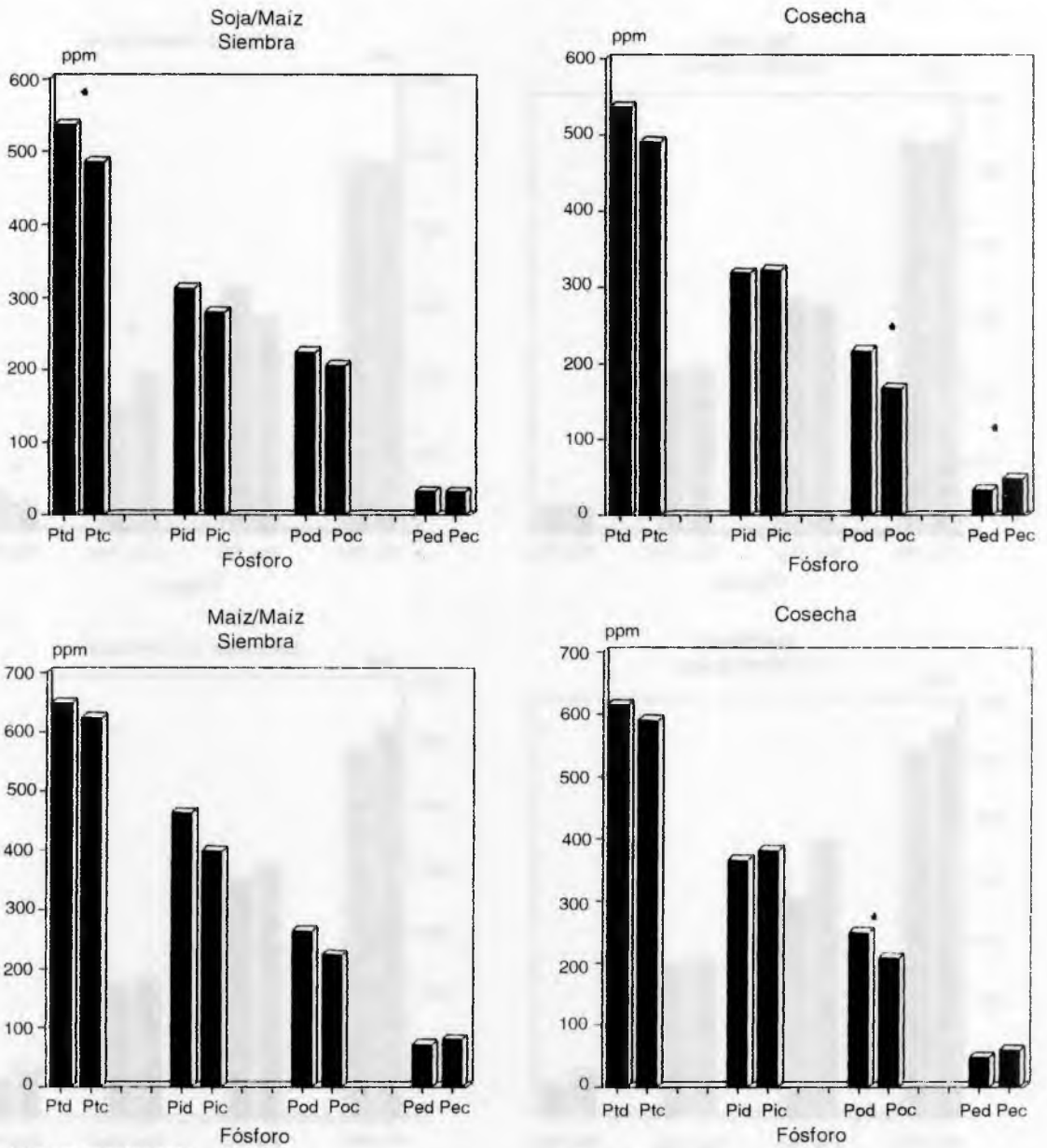


Figura 2: Efecto de la rotación sobre las formas de fósforo



c: labranza convencional  
d: siembra directa

Asterisco: dif. entre labranzas (P<0,05)

**Figura 3: Efecto de la labranza**

después de 28 años de maíz continuo con este sistema, no encontró efectos negativos sobre las propiedades químicas de los suelos.

Los sistemas de labranza afectaron especialmente las fracciones de P total y P orgánico, con diferencias estadísticamente significativas.

La alta variabilidad espacial y temporal del fósforo del suelo son ampliamente conocidas (López Camelo *et al.*, 1994; Magid and Nielsen, 1992). La Figura 4 presenta el monitoreo de las formas de P para el estadio inicial de siembra y el momento de cosecha del cultivo de maíz. La labranza con-

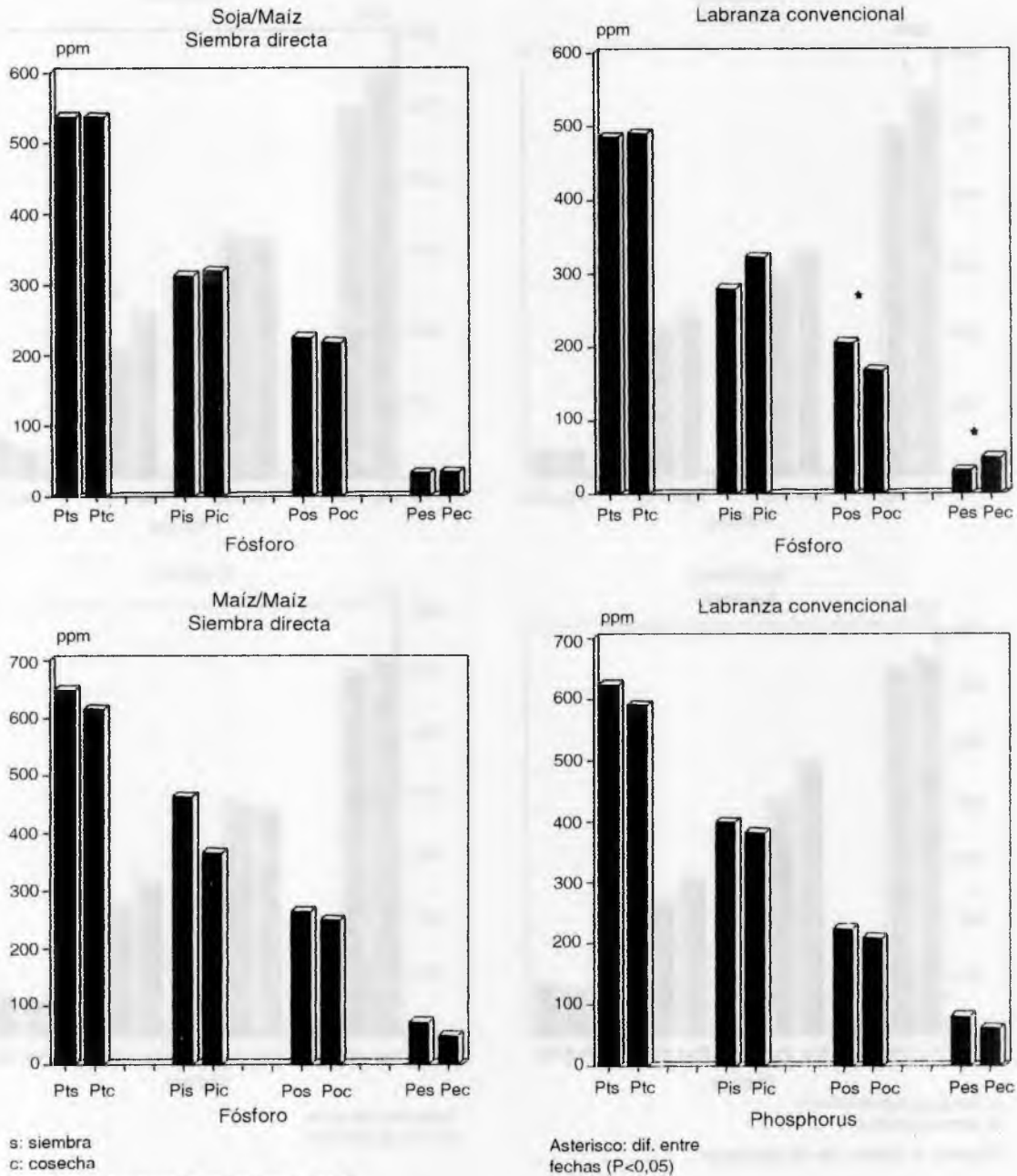


Figura 4: Variación estacional del P

La rotación convencional presentó un aumento de los valores de P extraíble al fin del ciclo del cultivo en la rotación soja/maíz, probablemente determinado por procesos de mineralización acentuados por las altas temperaturas.

**CONCLUSIONES**

- Las prácticas agrícolas provocaron una disminución de todas las formas de P del suelo, pero el P orgánico se comportó como una fracción bastante estable.



- La rotación maíz/maíz mantuvo altos valores de todas las formas de P del suelo. maíz, con un incremento del P extraíble al fin del ciclo del maíz.
- La siembra directa presentó mejores valores de P y protegió el pool de P orgánico.
- La variación estacional fue importante en el caso de la agricultura convencional en la rotación soja/

#### AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Hugo Marelli, del INTA, Marcos Juárez

#### BIBLIOGRAFIA

- ARRIGON N. M. 1990. Efectos de secuencias de cultivos, labranzas y fertilización sobre las características químicas y físicas de un Argiudol típico. EPGFA, UBA *Tesis Mag. Sci.* 189 pp.
- BRAY R. and L. T. KURTZ 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- BUSCHIAZZO D. E.; G. G. HEVIA; E. N. HEPPER and A. URIOSTE 1994. Phosphate forms and sorption in virgin and cultivated soils of the semiarid argentinian pampas. Proc. XV World Congress of Soil Science, Acapulco. Vol 3b: 97-98.
- CHAGAS C. I.; H.J. MARELLI y O. SANTANATOGLIA 1994. Propiedades físicas y contenido hídrico de un Argiudol típico bajo tres sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo* 12: 11-16.
- DEMMI M. A.; E. B. R. PEROTTI; A. BUZZO; G. F. CHAPO; L. T. MENÉNDEZ y A. PIDELO 1993. Efectos de la siembra directa de un cultivo de trigo sobre las propiedades del suelo y variables de crecimiento y producción. *Actas XIVº Cong. Arg. Ciencia del Suelo*: 315-316.
- ECHEVERRÍA N.; T. GROSSI; C. A. PURICELLI y H. PETTA 1993. Evolución de cuatro parámetros del suelo en dos manejos contrastados. *Actas XIVº Congr. Arg. C. Suelo*: 305.
- GARTLEY K. y J. T. SIMS 1994. Phosphorus soil testing: environmental uses and implications. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.* 25: 1565-1582.
- ISMAIL I., R. L. BLEVINS y W. W. FRYE 1994. Long term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 193-198.
- KARLEN D. L.; E. C. BERRY y T. S. COLVIN 1991. Twelve year tillage and crop rotation effects on yields and soil chemical properties in Northeastern Iowa. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.* 22: 1985-2003.
- LAL R.; A. A. MAHBOUBI y N. R. FANSEY 1994. Long term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 517-522.
- LÓPEZ CAMELO L. G., S. RATTO y J. SIERRA 1994. Anisotropy of soil P related to foliar P in maize. Proc. XVº World Congress of Soil Science, Acapulco: 122-123.
- MAGID J. y N. E. NIELSEN 1992. Seasonal variation in organic and inorganic phosphorus fractions in temperate-climate sandy soils. *Plant and Soil* 144: 155-165.
- MARELLI H. y J. ARCE 1989. Siembra directa de soja sobre trigo. Actas IV Conferencia Mundial de Investigación en Soja: 1159.
- MC. KENZIE R. H.; J. W. STEWART ; J. F. DORMAAR y G. B. SCHAALJE 1992. Long term crop rotation and fertilizer effects on phosphorus transformations in a chernozemic soil. *Can. J. Soil Sci.* 72: 569-579.
- NAVARRO C. A. 1973. Contribution a l'étude de la mineralisation du phosphore organique dans des sols argentins et belges. Fac. des Sciences Agr. Etat de Gembloux, Belgique. Dissertation Docteur Sci. Agronomiques.
- OLSEN S. R. and L. E. SOMMERS 1982. Phosphorus: 403-430. IN Page A. L., Miller R. H., and Keeney D. R. (eds), "Methods of soil analysis". Part 2: Chemical and microbiological properties. ASA, SSSA, Madison, USA.
- PEZZAROSSA B.; M. BARBAFIERI; A. BENETTI y G. PETRUZZELLI 1995. Effect of conventional and alternative management systems on soil P content, soil structure and corn yield. *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* 26: 2869-2885.
- SEQUI P. 1991. L'importanza del suolo negli equilibri ambientali. In: *Chimica del suolo*. Patron Editore, Bologna: 536-545.
- VÁZQUEZ M.; E. NOELLEMEYER y P. OREMBERG 1991. The dynamics of different organic and inorganic phosphorus fractions in soils from the south of Santa Fe province, Argentina. *Commun. in Soil Sci. Pl. Anal.* 21: 1151-1163.
- WALLACE A. 1994. Sense with sustainable agriculture. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.* 25: 5-13.