

CONTENIDOS DE FOSFORO TOTAL EN SUELOS DEL DISTRITO VILLA ELOISA (SANTA FE)

Oscar A. Novello¹ y César E. Quintero²

¹Geolab Estudio Agronómico. San Juan 1258. (2500) Cañada de Gómez. Santa Fe.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER.

onovello1@arnet.com.ar; cquinter@fca.uner.edu.ar

La intensificación del uso agrícola-ganadero de los suelos, especialmente en las situaciones de agricultura continua, generan balances negativos de fósforo (P), debido a la extracción continua, realizando reposiciones inferiores a la remoción o sin aplicar fuentes inorgánicas, principalmente fertilizantes fosfatados, u orgánicas para mitigar la constante disminución de los niveles de P en el suelo. En este trabajo, en los perfiles agrícolas evaluados fue notoria la disminución del P en los horizontes superficiales, asociado a una pérdida de la materia orgánica, extracción de las cosechas y a la erosión.

Introducción

De acuerdo con datos disponibles de principios del siglo XX recopilados por Morrás (1999), los contenidos de fósforo total (Pt) en los suelos del sur de la provincia de Santa Fe, tanto para el horizonte superficial como para los horizontes sub-superficiales, situaban a dicha área dentro de la región del país con mayores contenidos promedio de este elemento. Teniendo en cuenta que en aquellos momentos la agricultura extensiva recién comenzaba, estos contenidos de fósforo (P) estaban directamente relacionados con las cantidades presentes en el material originario de dichos suelos.

Con la intensificación del uso agrícola-ganadero de los suelos, incluyendo en muchos casos a la agricultura continua, comenzaron a generarse situaciones de balances negativos de P, y por tanto, deficiencias en gran parte de los cultivos en estas zonas tradicionalmente bien provistas (Vázquez, 2002). A pesar de que la Argentina incrementó el uso de fertilizantes en los últimos quince años, los balances de nutrientes, y particularmente de P, continúan siendo negativos; esto se comprueba con la situación en la que se encuentra el departamento Iriondo (Santa Fe), donde para la campaña 2002/03 el balance anual de P fue negativo con una pérdida de entre 15 y 20 kg ha⁻¹ (García, 2006). Particularmente para el distrito Villa Eloisa y durante la campaña 2005/06, se estima que los niveles de reposición de P por cultivo fueron sólo del 38% para soja, 41% para maíz y 90% para trigo.

Si bien ya se reportaron menores contenidos de fósforo extractable (Pe) en el horizonte superficial de los suelos del distrito de Villa Eloisa respecto a algunos distritos cercanos (Novello y Quintero, 2006), poco se sabe del impacto que ha tenido la explotación agropecuaria realizada con escasa o nula reposición de nutrientes en todo el perfil de los suelos de la zona, principalmente en lo que respecta a P, pero también a otros parámetros indicadores de la fertilidad química de los suelos. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue el de evaluar en perfiles de suelos ubicados en el distrito Villa Eloisa los contenidos de Pt y de sus fracciones, y de otros indicadores como contenido de carbono orgánico (CO) y pH.

Materiales y Métodos

El distrito Villa Eloisa se encuentra ubicado en el extremo suroeste del departamento Iriondo, provincia de Santa Fe. Comprende una superficie de aproximadamente 37200 hectáreas, siendo en general, una zona de paisaje ondulado con pendientes que oscilan entre el 0 y el 3%. El tipo de suelo predominante corresponde a la serie Villa Eloisa (Argiudol típico), suelo profundo y bien drenado, presente en las lomas y pendientes del área; posee un horizonte superficial de textura franco limosa, con un espesor inferior a 20 cm y un horizonte B de textura franco arcillo limosa. En el noroeste del distrito predomina la serie Armstrong (Argiudol ácuico), representada por suelos más profundos. La precipitación media anual del área es de aproximadamente 900 mm.

Para llevar a cabo el presente estudio se seleccionaron seis perfiles de suelos correspondientes a lotes ubicados dentro del distrito Villa Eloisa: cuatro lotes (Lotes 1, 2, 3 y 4) que tuvieron durante los últimos sesenta años un manejo productivo de tipo agrícola, con aportes de P que variaron entre 0 y 12 kg ha⁻¹ anuales, un lote (Lote 5) mantenido durante igual período de tiempo bajo pradera continua sin fertilizar, con *Stipa sp.* como especie predominante, y el restante (Lote 6) que estuvo en sus primeros cuarenta y cinco años bajo monte de *Eucaliptus sp.*, y a partir de ese momento como pradera natural continua, siempre sin fertilizar.

En todos los lotes se extrajeron muestras a partir de cada horizonte y hasta una profundidad de 1.2 metros, las que posteriormente fueron secadas al aire y pasadas por tamiz de 2 milímetros para determinar pH en agua (dilución 2.5:1), carbono orgánico (CO) (Walkley y Black, 1934) y Pe (Bray-Kurtz N° 1, 1945) (Laboratorio de Suelos Geolab, Cañada de Gómez), y por tamiz de 0.5 milímetros para determinar fósforo inorgánico (Pi) y fósforo orgánico (Po) (Saunders y Williams, 1955) y Pt (Bowman y Cole, 1978) (Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias U.N.E.R.). El fósforo ocluido (Pocl) fue calculado restando al Pt la suma de Po + Pi (Galantini y Rosell, 1997). Para todas las determinaciones los contenidos de P en los

extractos fueron analizados colorimétricamente por el método de Murphy y Riley (1962).

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de los análisis de las diferentes fracciones de P, CO y pH efectuados por horizonte en los seis suelos seleccionados.

Fósforo total

Los valores de Pt hallados para el horizonte superficial

se situaron entre 445 y 902 mg kg⁻¹. Teniendo en cuenta solamente a los cuatro suelos con uso agrícola (Lotes 1, 2, 3 y 4), el Pt medido para dicho horizonte osciló entre 445 y 505 mg kg⁻¹, que es un valor muy semejante al de 503 mg kg⁻¹ hallado por Vazquez en promedio para trece suelos (Hapludoles y Argiudoles) con uso agrícola de la provincia de Buenos Aires (Vázquez, 2001), y al citado por Diez et al. (2000) para suelos Molisoles de la región pampeana (entre 400 y 600 mg kg⁻¹). Respecto al Lote 5, su contenido de Pt para el horizonte superficial (902 mg kg⁻¹), si bien fue marcadamente inferior al medido para un

Tabla 1. Contenidos de fósforo extractable (Pe), fósforo inorgánico (Pi), fósforo orgánico (Po), fósforo ocluido (Pocl), fósforo total (Pt), carbono orgánico (CO) y pH por horizonte para los 6 perfiles seleccionados.

Horizonte	Pe	Pi	Po	Pocl	Pt	CO %	pH
	----- mg P kg ⁻¹ suelo -----						
Lote 1 – Simunovich (serie Villa Eloisa)							
Ap 0-10	10.8	155.9	192.2	174.3	522.5	1.56	5.8
B1 10-23	5.0	142.5	169.4	103.1	415.0	1.23	6.0
B21 23-40	3.3	180.0	118.8	126.2	425.0	0.79	6.1
B22 40-57	4.2	206.3	95.3	100.9	402.5	0.56	6.3
B23 57-96	10.0	290.0	88.8	141.2	520.0	0.29	6.4
C >96	18.3	391.3	103.7	82.5	577.5	0.14	6.4
Lote 2 – Príncipe (serie Villa Eloisa)							
Ap 0-10	9.7	157.0	209.0	79.0	445.0	1.95	5.8
B1 10-23	5.6	151.0	188.0	64.0	403.0	1.56	5.9
B21 23-40	7.3	109.0	159.0	105.0	373.0	0.97	6.1
B22 40-57	6.9	154.0	122.0	114.0	390.0	0.77	6.1
B23 57-96	4.5	203.0	91.0	134.0	428.0	0.58	6.2
C >96	9.4	318.0	48.0	114.0	480.0	0.39	6.4
Lote 3 – Rossetti (serie Villa Eloisa)							
Ap 0-10	21.7	213.0	171.0	76.0	460.0	1.48	5.9
B1 10-23	7.4	173.0	169.0	78.0	420.0	1.25	6.1
B21 23-40	6.3	193.0	130.0	110.0	433.0	0.74	6.4
B22 40-57	7.8	269.0	77.0	117.0	463.0	0.48	6.5
B23 57-96	14.4	379.0	62.0	109.0	550.0	0.28	6.6
C >96	23.4	651.0	55.0	47.0	753.0	0.09	6.7
Lote 4 – Scocco (serie Armstrong)							
A1 0-16	37.5	231.0	204.0	70.0	505.0	1.58	6.0
B1 16-24	15.4	191.0	175.0	84.0	450.0	1.16	6.1
B21 24-42	12.6	238.0	115.0	117.0	470.0	0.65	6.5
B22 42-74	22.3	310.0	90.0	123.0	523.0	0.50	6.5
B23 74-88	27.2	356.0	77.0	135.0	568.0	0.43	6.7
B3 88-120	35.6	420.0	68.0	122.0	610.0	0.34	6.8
Lote 5 – Potrero (serie Villa Eloisa)							
Ap 0-10	133.0	440.0	270.7	191.8	902.5	2.40	5.9
B1 10-23	96.5	333.5	192.8	208.7	735.0	1.55	6.3
B21 23-40	29.6	256.3	106.8	176.9	540.0	0.62	6.8
B22 40-57	19.1	280.6	97.5	316.9	695.0	0.47	7.0
B23 57-96	15.0	405.0	63.8	238.7	707.5	0.26	7.3
C >96	10.8	462.5	57.5	152.5	672.5	0.19	7.8
Lote 6 – Pierleoni (serie Villa Eloisa)							
Ap 0-10	57.7	331.0	243.0	57.0	631.0	2.53	6.6
B1 10-23	50.9	281.0	186.0	76.0	543.0	1.45	7.1
B21 23-40	19.2	237.0	126.0	94.0	457.0	0.77	7.2
B22 40-57	8.7	330.0	13.0	94.0	437.0	0.38	7.0
B23 57-96	16.2	466.0	31.0	43.0	540.0	0.23	7.0
C >96	16.5	523.0	40.0	23.0	586.0	0.11	7.2

suelo Argiudol típico serie Casilda correspondiente a un lote mantenido en pastura permanente (2250 mg kg⁻¹) (Vazquez, 1991), fue entre un 72% y 102% (87% promedio) superior a los obtenidos para los lotes agrícolas analizados. Diferencias similares fueron también halladas entre suelos de referencia respecto a suelos con uso agrícola (Vazquez, 2001; Urioste et al., 2002). Respecto al Lote 6, si bien el contenido de Pt en el horizonte superficial es superior a cualquiera de los obtenidos para los suelos agrícolas, representa el 70% del medido en el Lote 5 (Tabla 1).

En general, el contenido de Pt para todos los perfiles fue mínimo entre los 20 y 40 cm de profundidad de suelo (Tabla 1). Similar resultado fue observado por Boschetti et al. (2000), en diferentes suelos de la provincia de Entre Ríos y atribuible al mayor consumo de P por parte de las plantas en dicho sector del perfil de suelo. En los lotes con manejo agrícola el máximo valor se registró siempre en el horizonte más profundo, mientras que en los lotes 5 y 6 este valor se obtuvo en el horizonte superficial. El mayor contenido de Pt hallado en superficie en el Lote 5 respecto a los lotes agrícolas se mantuvo en todo el perfil, si bien las diferencias fueron de menor magnitud. En el Lote 6 también se presentó una tendencia similar, aunque de menor magnitud y fundamentalmente hasta los 40 cm de profundidad (Fig. 1).

Estos resultados están entonces mostrando un empobrecimiento de Pt en todo el perfil debido principalmente a los 60 años transcurridos de actividad agrícola con escaso o nulo agregado de fertilizantes fosfatados. Se podría especular que el efecto depresor de la agricultura en el contenido de Pt tendría dos mecanismos: uno directo, en todo el perfil del suelo, mediante la remoción de P por parte de los cultivos, y uno indirecto, en el horizonte superficial, a través de una mayor pérdida de suelo por erosión hídrica, teniendo presente los casi 50 años que correspondieron a una agricultura realizada con labranzas y remoción de suelos. Respecto a este último aspecto, Michelena et al. (1989) midieron en suelos pertenecientes a la serie Villa Eloisa pérdidas de suelo anuales debidas a la erosión hídrica; dependiendo del grado de pendiente y el tipo de manejo, de entre 0.1 t ha⁻¹ y 52.9 t ha⁻¹. Suñer et al. (2001) sugieren que en la pérdida de Pt en suelos bajo cultivo hay otros mecanismos involucrados, además de la extracción de P por parte de los cultivos que sólo explica parcialmente las diferencias, tales como la lixiviación de formas orgánicas de fósforo, la adsorción sobre óxidos de hierro y sobre sitios activos liberados por la descomposición de la materia orgánica, y la formación de minerales fosfatados de baja solubilidad.

Es interesante destacar que los distintos perfiles presentan valores similares de Pt en el horizonte C (600 a 700 mg P kg⁻¹). Este sería un valor muy similar al original de los sedimentos, dado que a esa profundidad los efectos de la pedogénesis son escasos.

Fraciones de fósforo total

Si bien se generaliza expresando que el contenido de Po en el horizonte superficial oscila en alrededor del 50% del Pt, se han medido valores extremos del 5% en suelos de regiones áridas y del 80% en algunos suelos Molisoles (Giuffré, 2005). En este sentido, Vazquez (2001) para trece suelos Argiudoles y Hapludoles de la provincia de Buenos Aires con historia agrícola prolongada obtuvo relaciones Pi:Po que variaron ampliamente entre 72:28 y 26:74.

Para el horizonte superficial de los cuatro lotes agrícolas y para el Lote 6, la distribución entre las formas inorgánicas y orgánicas de fósforo indicó, en promedio, una relación de Pi:Po próxima a 60:40, semejante a la hallada por Boschetti et al. (2000) para un suelo Argiacuol vértico de Entre Ríos. La relación Pi:Po obtenida para el Lote 5 fue de 70:30, diferente a la de 20:80 citada por Mestelan y Culot (1993) para Argiudoles del sudeste bonaerense mantenidos en condiciones prístinas.

En profundidad, debido a la progresiva disminución en los aportes de material orgánico, la relación Pi:Po aumentó sostenidamente hasta un máximo en el horizonte más profundo ubicado entre 87:13 y 93:7. Esto indica que los contenidos de Pi y de Po siguieron tendencias de cambio opuestas; mientras el Pi aumentó, el Po disminuyó; este comportamiento diferencial también es reportado por Boschetti et al. (2002) en su análisis de contenidos de P para suelos de la provincia de Entre Ríos. Como es de esperar, este comportamiento del Po en profundidad acompaña a la disminución del contenido de CO (Fig. 2).

La diferencia hallada en el contenido de Pt para el horizonte superficial entre los cuatro lotes agrícolas y el Lote 5 estuvo estrechamente relacionada con la pérdida de las fracciones inorgánicas (Pi y PoCl). El contenido superficial de Pi para el Lote 5 fue un 232% superior que el promedio de los cuatro suelos agrícolas; la disminución de la fracción inorgánica no lábil (PoCl) mostró un comportamiento similar (254%) en tres de los cuatro suelos agrícolas considerados. Según Berardo (2003), el empobrecimiento de fósforo de los suelos pampeanos debe ser atribuido a la pérdida de la fracción orgánica; en el presente estudio, los contenidos de Po en el horizonte superficial para los cuatro lotes agrícolas sufrieron disminuciones relativas respecto al Pt (39%), muy inferiores a las observadas para el Pi. Si tenemos en cuenta que el Pe determinado por el método Bray y Kurtz N° 1 es de origen inorgánico (Suñer et al., 1999), se puede observar que una parte importante de la pérdida del Pi es atribuible a la disminución en el valor de Pe en los suelos con uso agrícola, especialmente en suelos con valores superiores.

Respecto al comportamiento del PoCl, si bien tuvo una tendencia de aumento en profundidad, la misma no ha sido tan marcada y consistente como la observada para el Pi.

Fósforo extractable

Estudios previos llevados a cabo en suelos del distrito Villa Eloisa indicaron que solamente el 23.5% de 204 muestras evaluadas entre los años 1998 y 2005 superaron los 20 mg kg⁻¹ de Pe en los primeros 20 cm de suelo, siendo este valor al menos un 40% menor al hallado en cinco distritos vecinos; asimismo, el 17.2% de las muestras no superó los 10 mg kg⁻¹, triplicando al valor inmediatamente inferior encontrado en los otros distritos cercanos (Novello y Quintero, 2006).

En los cuatro lotes agrícolas evaluados en el presente estudio se midieron valores de Pe para el horizonte superficial que fluctuaron entre 9.7 y 37.5 mg kg⁻¹, con el mayor valor correspondiente al suelo perteneciente a la serie Armstrong; esto representa disminuciones situadas entre el 72% y 93% respecto al Lote 5, y del 35% al 83% respecto al Lote 6. Michelena et al. (1989) evaluaron que en el horizonte superficial de los suelos pertenecientes a la serie Villa Eloisa, las pérdidas de Pe respecto a suelos vírgenes o muy poco alterados era del 77% para lotes bajo agricultura continua y del 58% para lotes con rotación agrícola ganadera.

En el horizonte B1, los contenidos de Pe fueron menores respecto al horizonte superior, oscilando en los suelos con uso agrícola entre 5 y 15.4 mg kg⁻¹; a partir de los 23-24 cm de profundidad las diferencias entre los diferentes perfiles evaluados tendieron a disminuir, incluso con contenidos de Pe en el horizonte más profundo menores en los Lotes 5 y 6 respecto a algunos de los lotes con historia agrícola.

Al igual que lo observado para el Pt, el contenido de Pe en los suelos agrícolas fue menor entre los 20 y 40 cm de profundidad; en el Lote 5 el contenido de Pe disminuyó progresivamente en todo el perfil hasta llegar a un mínimo en el horizonte C, mientras que el mínimo en el Lote 6 se ubicó entre los 40 y 57 cm (Fig. 3). Este aspecto está indicando que el uso agrícola de los suelos no solamente disminuyó el contenido de Pe sino que también modificó su patrón de distribución dentro del perfil.

En el horizonte superficial del Lote 5, el Pe representó el 14.7% del Pt, mientras que en los lotes agrícolas,

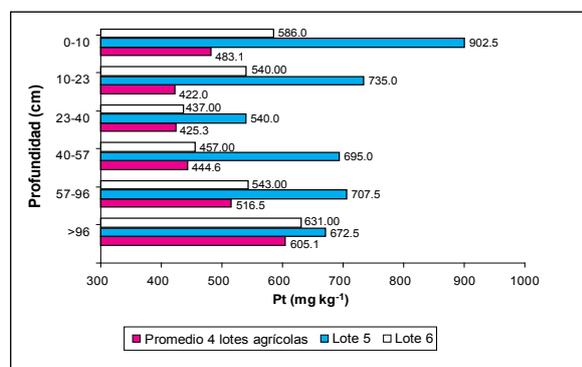


Figura 1. Distribución de fósforo total (Pt) en los perfiles de suelos con y sin historia de uso agrícola.

en promedio, este porcentaje disminuyó al 4.1%, situación que muestra que realmente el Pe es un índice que marca el deterioro de fertilidad fosfórica de estos suelos; este hecho parcialmente no concuerda con lo observado por Vazquez et al. (1991) en dos suelos Argiudoles típicos con historia agrícola en Carcarañá (Santa Fe), donde a pesar de hallar contenidos de Pt de 598 mg kg⁻¹ y 380 mg kg⁻¹, el Pe medido en el suelo de referencia, se mantenía en niveles de 57 mg kg⁻¹ y 38 mg kg⁻¹, respectivamente.

Otros indicadores

Carbono orgánico

El CO tuvo una disminución sostenida en profundidad dentro de todos los perfiles evaluados, hasta llegar a un mínimo en el horizonte inferior. En el horizonte superficial, se determinaron marcadas diferencias en su contenido entre perfiles con distinto manejo; en promedio, el mismo fue un 50% superior en aquellos lotes sin manejo agrícola respecto a los que sí lo tuvieron. Sin embargo, a mayores profundidades estas diferencias fueron disminuyendo. Una situación similar fue observada por Urioste et al. (2002), en suelos de la región semiárida pampeana central, donde determinaron que el uso agrícola de los mismos causó disminuciones significativas en los contenidos de CO solamente en los primeros 10 cm de suelo.

pH del suelo

Se observa un sostenido aumento de pH en profundidad hasta llegar a un máximo en el horizonte más profundo, tanto los valores del horizonte superficial (5.8 – 6.6) como del horizonte más profundo (6.4-7.8) tuvieron variaciones para todos los perfiles evaluados. En general, se puede observar una tendencia a la acidificación en profundidad debida a los años de agricultura continua, particularmente a partir de los 40 cm de profundidad.

Conclusiones

El relevamiento de distintos perfiles de suelos en el

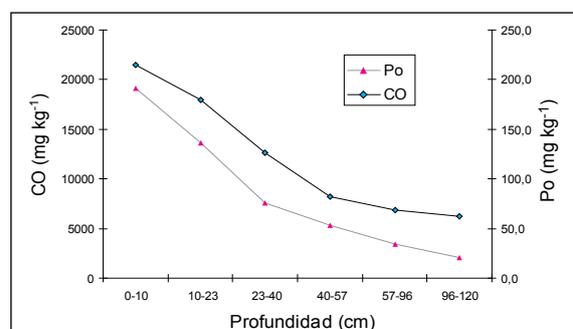


Figura 2. Distribución en profundidad del carbono orgánico (CO) y del fósforo orgánico (Po), promedios para todos los perfiles evaluados.

distrito de Villa Eloísa nos ha permitido visualizar, en alguna medida, los cambios ocasionados por el uso agrícola de estos suelos. Naturalmente, los suelos presentan valores relativamente más altos de P en el horizonte superficial que en el material de origen, dado que los residuos vegetales acumulan este elemento en la superficie; por lo tanto, ocurre una disminución de P en los horizontes sub superficiales. La intervención del hombre cambia los patrones de distribución del P dado que las cosechas se llevan alrededor del 80% de lo que absorbe la planta, a lo que se suma la mineralización de la materia orgánica y el incremento de los procesos erosivos. En los perfiles agrícolas fue notoria la disminución del P en los horizontes superficiales, asociado a una pérdida de la materia orgánica, extracción de las cosechas y a la erosión. Esta pérdida de P orgánico e inorgánico estaría sustentando el incremento en la frecuencia de valores bajos de Pe y las respuestas observadas a su aplicación en el distrito de Villa Eloísa.

Agradecimientos

A IPNI Cono Sur por el apoyo económico realizado para la concreción del presente trabajo.
A la Lic. Graciela Boschetti (UNER) por la colaboración brindada.

Referencias bibliográficas

Berardo A. 2003. Manejo del fósforo en los sistemas de producción pampeanos. Actas Simposio INPOFOS Fertilidad 2003. Rosario: 38-44.

Boschetti N., Valenti R., Vesco C. y M. Sione. 2000. Contenidos de fósforo total en suelos con características vérticas de la provincia de Entre Ríos. Revista Facultad de Agronomía. UBA. 20(1): 53-58.

Bowman R.A. y C.V. Cole. 1978. Transformations of organic phosphorus substrates in soils as evaluated by NaHCO_3 extraction. Soil Sci. 125: 49-54.

Bray R. y L. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.

Diez E., Zamuner E., Picone L. y A. Berardo. 2000. Efecto de la fertilización única o fraccionada sobre el fósforo del suelo. Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. AACs.

Galantini J. y R. Rosell. 1997. Organic fractions, N, P and S changes in a Argentine semiarid haplustoll under different crop sequences. Soil & Tillage Research. 42: 221-228.

García F.O. 2006. La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos. INPOFOS Informaciones Agronómicas del Cono Sur 29: 13-16.

Giuffrè L. 2005. Tecnología en análisis de suelos. El fósforo como elemento crítico. AACs. 147:158.

INTA. 1988. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3360 - 13 y 14. Cañada de Gómez y Rosario.

Mestelan S. y J. Culot. 1993. Evaluación de métodos para la determinación de algunas formas del P del suelo. Actas del XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza. AACs.

Michelena R., Irurtia C., Vavruska F., Mon R. y A. Pittaluga. 1989. Degradación de suelos en el norte de la Región Pampeana. INTA Publicación Técnica N° 6.

Morrás H. 1999. Geochemical differentiation of quaternary sediments from the Pampean region based on soil phosphorus contents as detected in the early 20th century. Quaternary International 62: 57-67.

Murphy J. y J. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Plant and Soil. 34: 467-481.

Novello O. y C. Quintero. 2006. Contenidos de fósforo en el distrito Villa Eloísa. Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta y Jujuy. AACs.

Saunders W. y E. Williams. 1995. Observations on the determination of total organic phosphorus in soil. J. Soil Sci. 6: 254-267.

Suñer L., Galantini J. y R. Rosell. 1999. Formas de fósforo y su relación con la textura en suelos de la región semiárida argentina. Actas XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile.

Suñer L., Galantini J., Rosell R. y M. Chamadoira. 2001. Cambios en el contenido de las formas de fósforo en suelos de la región semiárida pampeana cultivados con trigo. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 104 (2): 113-119.

Urioste A., Buschiazzo D., Hevia G., Hepper E., Ferramolas L. y A. Bono. 2002. Distribución de carbono orgánico, nitrógeno total y fracciones de fósforo en la capa arable de suelos de la región semiárida pampeana central. Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn. AACs.

Vázquez M., Noellemeyer E. y P. Coremberg. 1991. The dynamics of different organic and inorganic phosphorus fractions in soils from the south of Santa Fe province, Argentina. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 22 (11 & 12): 1151 - 1163.

Vázquez M., Pellegrini A., Millán G. y A. Deak. 2001. Cambios cuali y cuantitativos en la fertilidad fosforada de algunos suelos de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Agrochimica, XLV (3-4): 120 - 123.

Vázquez M. 2002. Balance y fertilidad fosforada en suelos productivos de la Región Pampeana. INPOFOS Informaciones Agronómicas del Cono Sur 16: 3-7.

Walkley A. y A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 28-38. ■

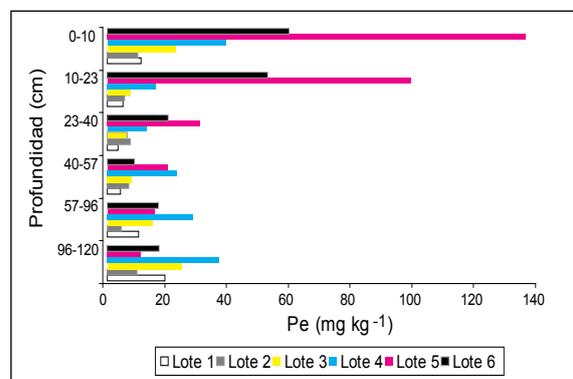


Figura 3. Distribución de fósforo extractable (Pe) en profundidad para los 6 perfiles.