

# FOSFORO EN MOLISOLES DE ALTURA DE LAS ALTIPLANICIES DEL N.O. DE LA PROVINCIA DE MENDOZA: I -CARACTERIZACIONES DE LABORATORIO\*

Silvia Gaviola de Heras (1) y León Nijensohn (2)

IADIZA Parque Gral. San Martín (5500) - Mendoza, Facultad de Ciencias Agrarias - C. de Correo 7  
Chacras de Coria (5505), Mendoza

## RESUMEN

Se estudiaron horizontes enraizables de tres perfiles ubicados en el límite S.O. del "Valle de la Carrera", departamento de Tupungato, provincia de Mendoza, ubicados en el vértice del cono aluvial del río Chupasangral. Son representativos de suelos cubiertos naturalmente por *Stipa tenuissima* ("coirón") y se clasificaron como Haplustoles éntico y fluvéntico.

Los antecedentes de la práctica agrícola (cultivo de papa, cebada cervecera, arveja, etc.), así como determinaciones analíticas previas, señalan al P como un factor crítico de productividad en el área, por lo cual se consideró de interés el caracterizar en forma detallada el estado y comportamiento de este nutrimento.

Palabras clave: Haplustol - Fósforo: fraccionamiento; relaciones C: N: P - Fósforo orgánico: mineralización; suelos de Mendoza.

## PHOSPHORUS OF HIGHLAND MOLLISOLS (Mendoza, Argentina): I. - LABORATORY CHARACTERIZATION

### ABSTRACT

This research was carried out in the top horizons of three profiles of highlands located in the south western limit of the "Valle de la Carrera", Tupungato, Mendoza. The profiles pertain to the apex of the alluvial cone of the river Chupasangral and they are representative of the soils naturally covered by *Stipa tenuissima* ("coirón"). They were classified as Entic Haplustoll and Fluventic Haplustoll.

The experience learned through agricultural management (potato, barley and green peas crops) as well as previous analytic determinations, point out phosphorus as a main factor in the productivity of the area. That is why a characterization of the chemical forms and behaviour of this nutrient was considered of interest.

Key words: Haplustoll - Phosphorus: fractionation; C: N: P relations - Organic phosphorus: mineralization; soils of Argentina.

\* Este trabajo pertenece al programa subvencionado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Cuyo (CIUNC) y SUBCYT - CONICET y fue presentado en el X Congreso Argentino y VIII Latinoamericana de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 1983.

- 1) Becaria del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) con desempeño en el IADIZA y en el INSTITUTO DE SUELOS Y RIEGO de la Facultad de Ciencias Agrarias - U.N.C.
- 2) Profesor Titular de Edafología y Director del Instituto de Suelos y Riego, Universidad Nacional de Cuyo - Mendoza.

## INTRODUCCION

En suelos mólicos correspondientes al piedemonte de la Cordillera Frontal, tanto los antecedentes de la práctica agrícola (cultivo de papa, cebada cervecera, arveja, etc.) como determinaciones analíticas previas, señalan al P como uno de los factores críticos en el nivel de productividad del área. A juzgar por las proporciones de P total que contienen dichos suelos, las cantidades presentes serían suficientes para abastecer las necesidades de los cultivos. Sin embargo, las formas disponibles para las plantas se encuentran en deficiencia.

Para llegar a poder formular funciones de producción relacionadas con dicho elemento, se fijó como condición previa la de reunir conocimientos sobre las diferentes formas en que el P está presente en estos suelos, así como adquirir experiencia en la aplicabilidad de los métodos y técnicas para la caracterización de su estado y comportamiento.

En una primera contribución, a nivel de laboratorio, se plantearon los siguientes objetivos:

- 1) Conocer los contenidos totales y relativos de las formas orgánicas e inorgánicas.
- 2) Evaluar el P "Soluble" usando diversos agentes extractantes y comprobar la concordancia o no de los "niveles de disponibilidad" así determinados.
- 3) Comprobar los efectos de la incubación húmeda

con y sin el agregado de un producto comercial de actividad encimática, en los niveles de disponibilidad.

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación y Fisiografía

Se trabajó con suelos de un área pedemontana del N-O de la provincia de Mendoza, departamento de Tupungato.

Los perfiles típicos analizados representan suelos distintos a los que prevalecen en el ambiente árido mendocino. Pertenecen al orden de los Molisoles y están distribuidos en una superficie de 35.000 hectáreas a 37.000 ha, aproximadamente. Reconocen como límites aproximados el comienzo del frente montañoso de la Cordillera Frontal, con una cota base de 2.500 m.s.n.m., al Oeste; la iniciación de las Cerrilladas Occidentales de Tupungato, al Noreste; y la isohipsa de 1.850 m.s.n.m., al Este y Sur.

En su estado virgen corresponde a un área de pastizales de *Stipa tenuissima* ("coirón") (Moyano de Imazio et al., 1982).

### Características Edáficas

Las muestras de suelo, cuyas características generales se presentan en las Tablas 1 y 2, y sobre los que se ha realizado este estudio, pertenecen al vértice del co-

TABLA 1: Características de "Molisoles de Altura" - Tupungato - Mendoza.

Parámetros	Haplustol entico				Haplustol fluventico		
	Edafón I		Edafón II		Edafón III		
	0-20 cm I <sub>1</sub>	20-50 cm I <sub>2</sub>	0-20 cm II <sub>1</sub>	20-60 cm II <sub>2</sub>	0-20 cm III <sub>1</sub>	20-60 cm III <sub>2</sub>	60-80 cm III <sub>3</sub>
Horizonte	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A/C
Color seco	10 YR 5/2	10 YR 5/2	10 YR 4/3	10 YR 4/3	10 YR 5/2	10 YR 4/2	10 YR 3/2
Color húmedo	10 YR 3/2	10 YR 3/1	10 YR 4/3	10 YR 3/2	10 YR 3/2	10 YR 3/2	10 YR 3/2
CE <sub>es</sub> , dSm <sup>-1</sup>	1,01	1,01	0,67	1,04	0,60	1,22	--
Volumen de sedimentación, cm <sup>3</sup> % g	104	100	108	100	100	96	96
pH en pasta saturada	6,60	6,62	6,11	6,30	6,86	6,66	7,40
Materia orgánica, g%	2,27	1,37	2,81	1,94	1,87	2,01	1,60
Carbono orgánico, g%	1,32	0,78	1,63	1,13	1,09	1,17	0,93
Nitrógeno total, µg/g	1.106	854	1.246	910	938	826	1.246
C/N	11,90	9,13	13,11	12,39	13,60	12,40	11,26
Carbonato de Calcio	0	0	0	0	0	0	0

no aluvial del río Chupasangral, a 2.000 m.s.n.m. (Figura 1).

El material originario corresponde a la "Formación El Zampal", definida sedimentológicamente como "limos semejantes a loess", apoyados sobre fanglomerados de la "Formación Las Tunas" (Polanski, 1963).

El tipo de material originario predominante, limos loessoides, el régimen hídrico edáfico "ústico" y el desarrollo de un denso pastizal natural de *Stipa*, son los principales factores que ha regido la evolución del suelo. Los perfiles estudiados fueron clasificados como "Haplustol Entico" (el I y II) y "Haplustol Fluventico" (el III).

Las características edáficas comunes a ellos son las siguientes: se trata de suelos medianamente profundos (0,70 - 1,00 m), franco-arenosos, de pH levemente ácido, con contenidos de materia orgánica mayor de 1 por ciento y menor de 3 por ciento, con buenas relaciones C/N (10-12), con lixiviación de carbonato de calcio en los horizontes superiores y acumulación en el A/C, contenidos de nitrógeno total de alrededor de 950-1300  $\mu$ /g y baja disponibilidad de fósforo, juzgada a través de la extracción carbónica. El Índice de Floculación de Coloides es alto, pero como consecuencia del mediano contenido de coloides orgánicos el Índice de Estructura revela que son suelos con sólo una mediocre estabilidad estructural.

#### Tratamientos Ensayados

I. Para cumplir con el primer objetivo se determinaron sobre tierra fina seca al aire (TFSA):

- **Fósforo Total ( $P_t$ ):** Por digestión por vía húmeda, utilizando mezcla sulfonitroperclórica y haciendo la colorimetría con nitrovanado-molibdico.

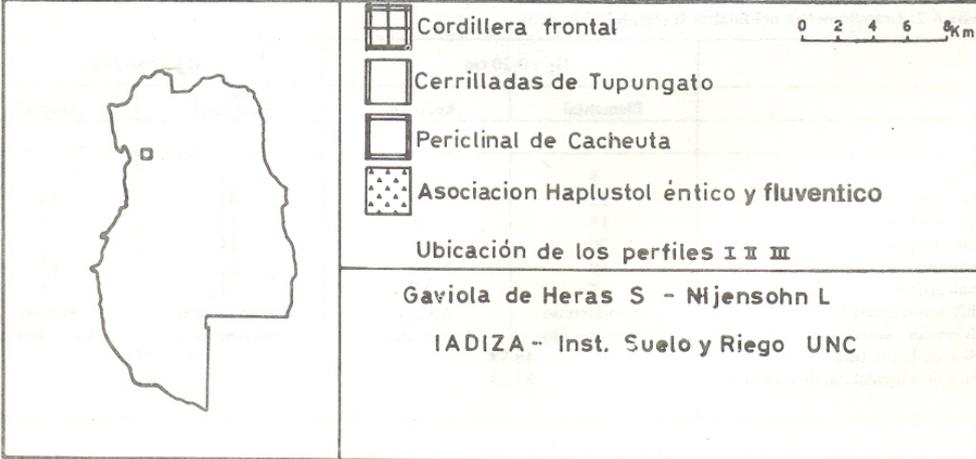
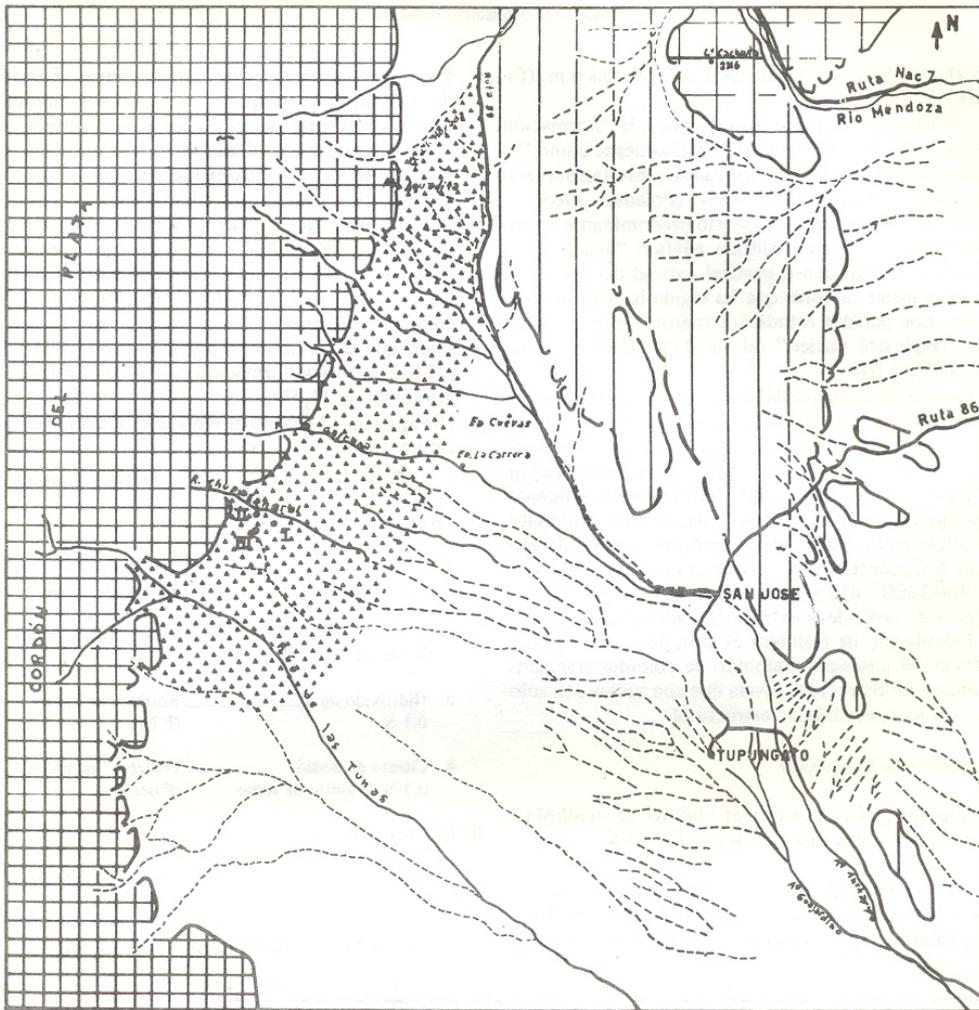
- **Fraccionamiento del Fósforo Inorgánico:** El método empleado consistió en extraer la muestra, consecutivamente y con diferentes reactivos, de modo de separar las distintas formas minerales de P. El método de fraccionamiento utilizado es una modificación del procedimiento de Petersen and Corey (1966), que es a su vez una modificación del de Chang y Jackson (1957). En todos los casos se determinó fósforo por la formación del complejo fosfomolibdico y posterior reducción con  $Cl_2Sn$  en medio sulfúrico.

Dado que el tratamiento previo con  $NH_4F$  0,5 N, pH 8,2, induce la formación parcial de formas de P insolubles al  $H_2SO_4$  0,5 N (Cuccia y Nijensohn, 1983), es que se siguió el siguiente esquema de fraccionamiento:

Extractante	Fracción separada
A. Consecutivamente:	
1. Cloruro de Amonio, 1 N pH 7	Fosfatos hidrosolubles (P lábil) o lábiles
2. Fluoruro de Amonio, 0,5 N, pH 8,2	Fosfatos de aluminio (P Al)
3. Hidróxido de Sodio, 0,1 N	Fosfatos de hierro (P Fe)
4. Citrato de Sodio, 0,3 N ditionito de sodio	Fosfatos "ocluídos" (P ocl.)
B. Por separado:	
1. Acido Sulfúrico, 0,5 N	Fósforo inorgánico total libre ( $P_i$ )
$P-Ca = P_t - (P \text{ lábil} + P-Al + P-Fe + P \text{ ocl.})$	

TABLA 2: Granulometría del Edafón II (Haplustol éntico).

	II <sub>1</sub> : 0-20 cm		II <sub>2</sub> : 20-60 cm	
	Elemental	Aparente	Elemental	Aparente
	g %			
Arcilla	8	1	9	0
Limo Americano	35	21	31	18
Limo Internacional	15	3	17	5
Arena muy fina	20	18	14	13
Arena fina	50	61	53	67
Arena gruesa	7	17	7	5
Calificación Internacional	Franco-arenoso	Arenoso	Franco-arenoso	Arenoso
Calificación Americana	Franco-arenoso	Areno-franco	Franco-arenoso	Areno-franco
Índice de Estructura	48,8%		55%	
Índice de Floculación de coloides	87,5%		100%	



**TABLA 3: Fraccionamiento del P de Haplustoles de Tupungato, Mendoza.**

Perfil	P, $\mu\text{g g}^{-1}$			Materia orgánica	Fracciones determinadas P, $\mu\text{g g}^{-1}$					
	Muestra	P <sub>t</sub>	P inorgánico		P orgánico	C : N : P	P-La	P-Al	P-Fe	P-ocl.
		% del total								
I/1	499	317 (63,53)	182 (36,47)	100 : 8,4 : 1,4	-	17	19,5	87	193,5	
I/2	482	369 (76,56)	113 (23,44)	100 : 10,9 : 1,4	-	17	15	82	255,0	
II/1	615	368 (59,84)	247 (40,16)	100 : 7,6 : 1,5	-	35	11	92	230	
II/2	549	352 (64,12)	197 (35,88)	100 : 8 : 1,7	-	22	36	87	207	
III/1	554	393 (70,94)	161 (29,06)	100 : 9 : 1,5	-	15	17	92	269	
III/2	480	289 (60,21)	191 (39,79)	100 : 8 : 1,6	-	21	36	82	150	
III/3	450	332 (73,78)	118 (26,22)	100 : 8,4 : 1,2	-	19,5	-	79	233,5	
M̄/1	556	359 (64,57)	197 (35,43)	100 : 8,3 : 1,5	-	22,3	15,8	90,3	231	
CV %	10,4	10,8	22,8			49	27,6	3,2	16,3	
M̄/2	500	336 (67,33)	167 (32,67)	100 : 9 : 1,6	-	20	29	83,7	204	
CV %	6,8	12,5	28,1			13,2	41,8	3,4	25,8	

- **Fósforo orgánico:** Se calculó por diferencia entre el P<sub>t</sub> y el P<sub>i</sub>.

II. Para cumplir con el segundo objetivo se determinó P disponible tratando el suelo con los siguientes agentes extractantes:

- Fósforo soluble en CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O, relación 1: 10 (Nijensohn, 1959).
- Fósforo soluble en CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O, relación 1: 50 (Nijensohn, 1959).
- Fósforo soluble en NH<sub>4</sub>F 0,03 N + HCl 0,025 N (Bray-Kurtz).
- Fósforo soluble en NaHCO<sub>3</sub> 0,5 M (Olsen et al. modif. Nijensohn et al., 1972).

III. Para cumplir con el tercer objetivo se realizó el siguiente ensayo:

- Con TFSA del horizonte A<sub>1</sub> del edafón II y un producto comercial encimático, con anunciadas propiedades de "Biocatalizador para compuestos orgánicos", marca "Vivagro" (V), se ensayaron los siguientes tratamientos: Testigo (T), (V<sub>1</sub>) y (V<sub>2</sub>). En las mezclas con (V), este último se colocó a razón de 25 L/ha (V<sub>1</sub>) y 100 L/ha (V<sub>2</sub>). Se sometieron a incubación por cuadruplicado a capacidad hídrica de campo y a 30°C, por períodos de 14,21 y 46 días. Al cabo de cada uno de ellos se determinó el P extraíble con CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O en relación 1: 50.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 3 se consignan los datos referentes al contenido total, proporción de formas orgánica e inorgánica de P y fracciones de este último. De su examen surgen las siguientes consideraciones:

- 1) El contenido de P total,  $528 \pm 45 \mu\text{g/g}$ , puede considerarse como moderadamente alto, aunque algo inferior al de los Torrifluentes típicos de la llanu-

**TABLA 4: Fósforo "disponible" por diversos métodos Haplustoles de Tupungato, Mendoza.**

Perfil	P extraíble, $\mu\text{g/g}$			
	en CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O		Bray - Kurtz	Olsen et al. modif.
	1: 10	1: 50		
I <sub>1</sub>	0,77	7,80	4,81	4,47
I <sub>2</sub>	2,10	6,00	2,26	2,61
II <sub>1</sub>	3,89	12,95	15,65	4,05
II <sub>2</sub>	2,30	6,00	6,99	2,61
III <sub>1</sub>	2,48	6,94	6,37	3,21
III <sub>2</sub>	2,10	7,46	4,81	3,72
III <sub>3</sub>	0,85	3,37	-	2,99

ra aluvial al E de la precordillera mendocina. Esta diferencia se debe a los materiales originarios de los suelos, que en este caso son de origen eólico-aluvial y provienen de la cuenca que alimenta el río Tunuyán, petrográficamente distinta a la del río Mendoza.

2) La fracción de  $P^- Ca$  y  $P^-$  ocluido representa ca. el 90 por ciento de las fracciones inorgánicas, lo que está relacionado con la naturaleza mineralógica del material madre (predominio de plagioclasas y ferromagnesianos del tipo de hornblenda e hiperseno) (Fernández y Nijensohn, 1960).

3) El P orgánico (ca. 35 por ciento del total, en promedio) está en proporción notablemente superior a la encontrada en los Entisoles mendocinos de regadío, pero menor a la citada para los Udoles de la región pampeana. La relación C: N: P de la materia orgánica resultó ser, en promedio, 100: 8,6: 1,5.

4) Del examen de la Tabla 4, donde se tabulan los datos analíticos de P "disponible" usando diversos procedimientos, se infiere que el nivel juzgado por cualquiera de ellos, está dentro del rango de "bajo a mediocre" y, por lo tanto, de "respuesta probable" a la fertilización.

5) Los efectos de la incubación pueden apreciarse en la Tabla 5, donde los datos consignados sugieren sólo una leve mineralización del P orgánico con aumento de la fracción extraíble por  $CO_2 + H_2O$ . El incremento se revela como significativo únicamente a los 21 días y en el tratamiento con 25L/ha de producto encimático, pero el efecto desaparece con posterioridad. Esto podría estar relacionado con una posterior inmovilización del P por fenómenos químicos y/o biológicos.

### CONCLUSIONES

Las principales conclusiones obtenidas en el estudio del fósforo de molisoles de altura (Haplustoles) mendocinos son las siguientes:

**TABLA 5: Efectos de la incubación y del agregado de producto encimático en el P extraíble por  $CO_2 + H_2O$ , relación 1: 50.**

Tratamientos (1)	P extraído	Diferencia con los testigos P, $\mu g/g$			
		T <sub>0</sub>	T <sub>14</sub>	T <sub>21</sub>	T <sub>46</sub>
T <sub>0</sub>	6,81	-	-	-	-
T <sub>14</sub>	7,88	1,07	-	-	-
T <sub>21</sub>	7,52	0,71	-0,36	-	-
T <sub>46</sub>	8,20	1,39	1,32	0,68	0,02
V <sub>14</sub>	7,18	0,37	-0,70	-0,34	-0,02
V <sub>121</sub>	9,76	2,95 (2)	1,88	2,24	1,56
V <sub>146</sub>	6,94	0,13	-0,94	-0,58	0,13
V <sub>214</sub>	8,00	1,19	0,12	0,48	-0,20
V <sub>221</sub>	7,52	0,71	-0,36	0	-0,68
V <sub>246</sub>	6,70	-0,11	-1,18	-0,82	-1,50

(1) T<sub>0</sub> = Sin incubación.

T<sub>14</sub> - T<sub>21</sub> - T<sub>46</sub> = Incubación durante 14-21-46 días.

V<sub>14</sub> - V<sub>121</sub> - V<sub>146</sub> = Incubación + "Vivagro", 25 L/ha.

V<sub>214</sub> - V<sub>221</sub> - V<sub>246</sub> = Incubación h "Vivagro", 100 L/ha.

(2) Significativo al nivel 5%

1) El P total promedio es de  $528 \pm 45$   $\mu g/g$ , de los cuales el 35 por ciento ca. corresponde a P orgánico, siendo la relación C: N: P de la materia orgánica 100: 8,6: 1,5.

2) Dentro del P inorgánico predominan las fracciones de P ligado al calcio y el ocluido en óxidos metálicos.

3) El P "disponible" juzgado por 4 distintos procedimientos se calificó como "pobre a mediocre".

4) Los ensayos de incubación revelaron sólo un leve aumento en el P "disponible" y no se verificaron, en general, diferencias significativas atribuibles al producto encimático ensayado.

## REFERENCIAS

- Chang, S. C. y M. L. Jackson, 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.* 84: 133-144.
- Cuccia, S. M. y L. Nijensohn, 1984. Cuestionable validez de los fraccionamientos del fósforo edáfico. *Ciencia del Suelo*, (en prensa).
- Fernández, G. y L. Nijensohn, 1960. Composición mineralógica de la fracción arena en algunos suelos de Mendoza. Experimenta: 1-26, Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- Moyano de Imazio, A. R.; L. Nijensohn y S. Gaviola de Heras, 1982. Caracterización edafológica de los suelos ocupados por *Stipa tenuissima* en el Alto Valle de La Carrera. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias XXII* (2): 67-77. Universidad Nacional de Cuyo - Mendoza.
- Nijensohn, L., 1959. Determinación de la disponibilidad de fósforo. in Nijensohn, L. y O. C. Pizarro, 1959. *Reseña edafológica de las estaciones experimentales del Instituto de Investigaciones de la Vid y del Vino de la provincia de Mendoza*. Inst. Prov. Agrop. Bol. Técn. Nº 1: 245-300.
- Nijensohn, L., M. O. Avellaneda; O. C. Pizarro y F. S. Olmos, 1972. Empleo de soluciones bicarbonatadas sódicas en el diagnóstico del nivel de Fósforo disponible en los suelos mendocinos de riego. *Rev. Facultad de Ciencias Agrarias: XVIII* (2): 119-126. Universidad Nacional de Cuyo - Mendoza.
- Petersen, G. W. y R. B. Corey, 1966. Modified Chang and Jackson procedure for routine fractionation of inorganic soil phosphates. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30: 563-563.
- Polanski, J., 1983. Estratigrafía, Neotectónica y Geomorfología del Pleistoceno Pedemontano entre los ríos Diamante y Mendoza. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* 17 (3-4): 127-349.