

**ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD DEL FÓSFORO PROVENIENTE  
DEL FERTILIZANTE EN SUELOS DE LA PROVINCIA  
DE MISIONES, ARGENTINA<sup>1</sup>**

**Index of phosphorus availability from fertilizer in soils of Misiones  
province Argentina**

**Carolina Fernández López<sup>2</sup>, Sara Vazquez<sup>2</sup>, Humberto C. Dalurzo<sup>2</sup>  
y Luis A. Morales<sup>2</sup>**

**A B S T R A C T**

The deficiency of phosphorus (P) in tropical and subtropical soils is a problem of recognized importance, which constitutes one of the most transcendental restrictions for crop production. The present work aimed at determining the availability index of phosphorus fertilizer ( $F$ ) in Alfisols, Ultisols and Oxisols of Misiones, Argentina, so that it could later be used in simulation models. This index is calculated by estimating the slope of the lineal relation between the labile phosphorus and that added as fertilizer using regression analysis. Three different sites were sampled at 0 - 10 cm depths, and the samples, after conditioning, were incubated at room temperature for 180 days and increasing doses of P were applied. The P content was determined every 30 days. The  $F$  averages for the Alfisol, Oxisol and Ultisol were 0.10; 0.19 and 0.30 respectively.

**Key words:** phosphorus, fertilizer, tropical soils.

**R E S U M E N**

La deficiencia del fósforo (P) en los suelos del trópico y subtrópico es un problema de reconocida importancia, cuya magnitud constituye una de las limitantes de mayor trascendencia en la producción de los cultivos. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el índice de disponibilidad del fertilizante fosforado ( $F$ ) en Alfisoles, Ultisoles y Oxisoles de la Provincia de Misiones, Argentina, para su posterior uso en modelos de simulación. Este se calcula estimando la pendiente de la relación lineal entre el fósforo lábil y el agregado como fertilizante, con análisis de regresión. Se muestrearon tres sitios diferentes a una profundidad de 0 - 10 cm y las muestras, luego de acondicionadas, se incubaron a temperatura ambiente por 180 días con dosis crecientes de P. El contenido de P fue determinado cada 30 días. El  $F$  promedio para el Alfisol, Oxisol y Ultisol fue de 0,10; 0,19 y 0,30 respectivamente.

**Palabras claves:** fósforo, fertilizante, suelos tropicales.

<sup>1</sup>Recepción de originales: 05 de agosto de 1999.

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Agrarias, Sargento Cabral 2131, 3400 Corrientes, Argentina.  
E-mail: lam@agr.unne.edu.ar

## INTRODUCCIÓN

La Provincia de Misiones, Argentina, se encuentra ubicada en una región con clima subtropical sin estación seca marcada, donde se localizan los suelos denominados "tierras coloradas". La aptitud para su uso agrícola está condicionada por factores tales como fertilidad química deficiente y susceptibilidad a la erosión hídrica. Desde el punto de vista taxonómico en ellas predominan los Ultisoles (21% de la provincia), luego los Alfisoles (8,1%), y en tercer lugar los Oxisoles (3,1%). Estos suelos, en la actualidad, son utilizados predominantemente para la producción de yerba mate y té, siendo los Alfisoles los de mayor aptitud (con buena fertilidad y en áreas con pendientes menores al 5%), encontrándose en el otro extremo los Oxisoles (con muy baja fertilidad y elevados tenores de aluminio) (Peña Zubiato *et al.*, 1990).

La deficiencia del fósforo en los suelos del trópico y subtropico es un problema de reconocida importancia, cuya magnitud constituye una de las limitantes de mayor trascendencia en la producción de los cultivos. La baja disponibilidad de P está asociada con: a) bajo contenido de P total; b) alta estabilidad de los compuestos fosfatados del suelo, lo que implica una baja solubilidad y por tanto, una muy débil liberación de formas disponibles a la planta; y c) baja intensidad de la mineralización de los compuestos orgánicos fosfatados. Cuando se trata de controlar la deficiencia mediante la aplicación de fertilizante, una buena parte del mismo pasa rápidamente a formas que no son aprovechables para las plantas (Fassbender y Bornemisza, 1987).

Una descripción completa del ciclo del P en el suelo y la planta es muy compleja y requiere de un entendimiento de los procesos físicos, químicos y biológicos que influyen sobre las formas de P en el perfil del suelo (Jones *et al.*, 1984a). Los modelos de P fueron desarrollados para simular las transformaciones de éste entre los

pools de P inorgánico (lábil, activo y estable) y el orgánico (fresco y estable). Estos modelos incluyen como un dato de suma importancia el índice de disponibilidad del P proveniente del fertilizante fosfatado ( $F$ ). Este índice es la fracción del fertilizante fosfatado que permanece lábil después de un período de incubación, valor que se determina en laboratorio y, en los casos en que los suelos tienen potencialmente una alta capacidad de fijación el valor de  $F$  es bajo. Se calcula estimando la pendiente de la relación lineal entre el P lábil y el agregado como fertilizante a través de análisis de regresión (Sharpley *et al.*, 1989).

Varios autores han utilizado el índice de aprovechamiento de P en los modelos de simulación. Jones *et al.* (1984b) relacionaron parámetros edáficos con la disponibilidad del P fertilizado a lo largo del tiempo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.), y llegaron a la conclusión que los factores que afectaban la adsorción del P por el suelo, el pH, la saturación de bases, el P lábil y el P orgánico, eran influenciados por la erosión y el manejo.

Sharpley *et al.* (1989) estudiaron la evolución del índice de disponibilidad del P proveniente del fertilizante. Observaron que el P lábil disminuía con el tiempo, encontrándose influenciado por el contenido de arcilla. Los contenidos de hierro y aluminio de cada suelo influían en la sorción inicial del P. Chen y Barber (1990) evaluaron la relación entre la disponibilidad del potasio y P respecto del pH en suelos ácidos, neutros y alcalinos, utilizando un modelo con maíz como indicador de cosecha. Los estudios indicaron el efecto del pH sobre el comportamiento del P.

El objetivo del presente trabajo fue determinar mediante ensayo en macetas el índice de disponibilidad del fertilizante fosforado en suelos de la Provincia de Misiones, para su posterior uso en modelos de simulación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el sur de la provincia de Misiones, Argentina, (entre los paralelos 27 y 28° de latitud Sur, y los meridianos 55 y 56° de longitud Oeste) se obtuvieron dos muestras compuestas de suelo, a una profundidad de 0-10 cm, en cada uno de los siguientes sitios: a) zona de campo en pediplanos parcialmente disectados, Kandiudalf Ródico; b) zona de monte en pediplanos parcialmente disectados en lomas cupuliformes, Kandihumult Típico; y c) zona de monte, en meseta central preservada en posición de cimas de lomas aplanadas, Hapludox Ródico.

Las muestras una vez secadas al aire y tamizadas por malla de 2 mm fueron sometidas a los siguientes análisis: textura, método de Bouyoucos (Forsythe, 1975); materia orgánica, método de Wackley-Black (Jackson, 1964); pH en solución acuosa relación 1: 2,5; Aluminio intercambiable (Al): método del ClNa (Dewis y Fleitas, 1970); Fe y Al activo (Fe<sub>o</sub>, Al<sub>o</sub>): método Oxalato de amonio pH 3 (Loeppert e Inskeep, 1996).

En el Cuadro 1 se presentan las principales características analizadas de los suelos en estudio.

Se realizó el análisis del índice de disponibilidad del fertilizante agregado siguiendo la técnica desarrollada por Sharpley *et al.* (1989). A cada muestra de suelo se agregó P en forma de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> con dosis de 0, 60, 120, 240 y 480 mg P por 20 g, en potes plásticos. Se incubaron por duplicado a temperatura ambiente manteniéndose el contenido de agua al correspondiente

de humedad equivalente. A los 30, 60, 90, 120, 150 y 180 días, se tomaron dos submuestras por cada repetición para la determinación del P lábil por el método de Bray Kurtz II y colorimetría por Murphy y Riley (Page *et al.*, 1982).

Con el promedio de las lecturas obtenidas para cada tratamiento se procedió a calcular el índice de disponibilidad con la siguiente fórmula correspondiente al valor de la regresión lineal (Cuadro 2):

$$F = (Plf - Pli) / Pf$$

donde:

- $F$  = índice de disponibilidad para cada tiempo estudiado;
- $Plf$  = mg de P lábil por gramo de suelo en el tratamiento;
- $Pli$  = mg de P lábil por gramo de suelo en el testigo;
- $Pf$  = mg de P agregado por gramo de suelo.

Se estableció la relación entre el P lábil (PI) extractado y el P fertilizante agregado (Pf) por análisis de regresión lineal y el valor  $F$  (mg P extractado por mg P agregado) fue determinado como la pendiente de dicha relación para cada suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los tres órdenes de suelos estudiados, el valor de  $F$  disminuyó con el tiempo de incubación. Se puede observar que el Ultisol presentó

**Cuadro 1.** Propiedades físicas y químicas de suelos del sur de Misiones, Argentina  
**Table 1.** Physical and chemical properties of soils in South Misiones, Argentina

Orden	Suelos	Arena	Limo	Arcilla	MO	pH	P	Al	Fe <sub>(o)</sub>	Al <sub>(o)</sub>
		%				mg kg <sup>-1</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>		
Alfisol	Kandiudalf Ródico	22,20	12,64	65,16	2,46	4,80	0,48	3,81	0,60	2,91
Ultisol	Kandihumult Típico	13,26	19,70	67,00	3,69	4,45	2,88	6,32	0,46	1,49
Oxisol	Hapludox Ródico	6,91	18,50	74,60	3,24	4,41	2,90	6,45	0,53	2,45

**Cuadro 2.** Valores de  $F$  para cada momento de muestreo  
**Table 2.**  $F$  values at each sampling date

Órdenes	$F$ 30 días	$F$ 60 días	$F$ 90 días	$F$ 120 días	$F$ 150 días	$F$ 180 días
Alfisol	0,1136 $r^2 = 0,9794$	0,0923 $r^2 = 0,9891$	0,0639 $r^2 = 0,9322$	0,0616 $r^2 = 0,9506$	0,0466 $r^2 = 0,9313$	0,0174 $r^2 = 0,9923$
Ultisol	0,3798 $r^2 = 0,9158$	0,2763 $r^2 = 0,9639$	0,2089 $r^2 = 0,9728$	0,1273 $r^2 = 0,9028$	0,1122 $r^2 = 0,8677$	0,1057 $r^2 = 0,8512$
Oxisol	0,3411 $r^2 = 0,9831$	0,2657 $r^2 = 0,983$	0,2241 $r^2 = 0,956$	0,2112 $r^2 = 0,9641$	0,1866 $r^2 = 0,9489$	0,1478 $r^2 = 0,9238$

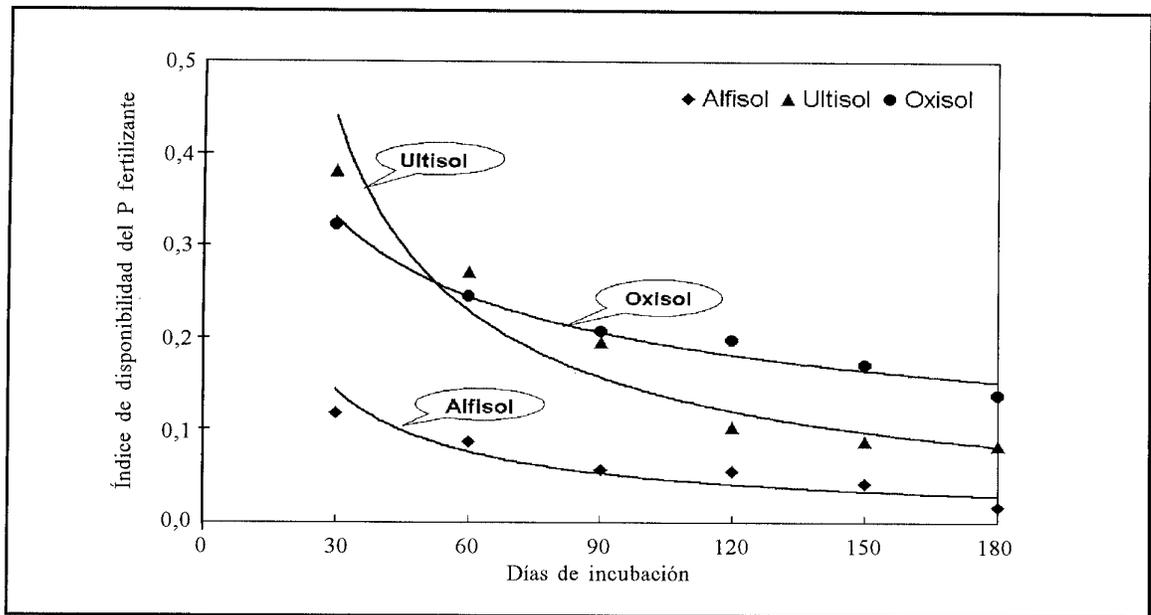
el mayor valor de  $F$  a los 30 días de aplicado el fertilizante, con un brusco descenso a través del tiempo, llegando a los 180 días a un valor de 0,11 (Figura 1). El Oxisol tuvo un comportamiento similar al Ultisol, aunque con menor pendiente. Ambos suelos coincidían con los valores más bajos de pH, menores valores de Fe activo, mayores valores de Al intercambiable (Cuadro 1). Sharpley *et al.* (1989) y Chen y Barber (1990) determinaron que en suelos altamente meteorizados la disminución de  $F$  a través del tiempo era debida al poder de adsorción de los mismos, relacionada con los contenidos de arcilla y sesquióxidos de Fe y Al.

El suelo que presentó el menor valor de  $F$  fue el Alfisol; este mayor poder fijador puede ser atribuido a su bajo contenido de P inicial (Cuadro 1). Debido a la relación inversa y exponencial entre el P inicial y el P sorbido, era de esperar que el P agregado pasara a ocupar rápidamente los sitios de adsorción. La cantidad de Al<sub>o</sub> presente en este suelo favorecería la formación de compuestos altamente insolubles de P-Al causando un valor bajo del P disponible proveniente del fertilizante ( $F$ ).

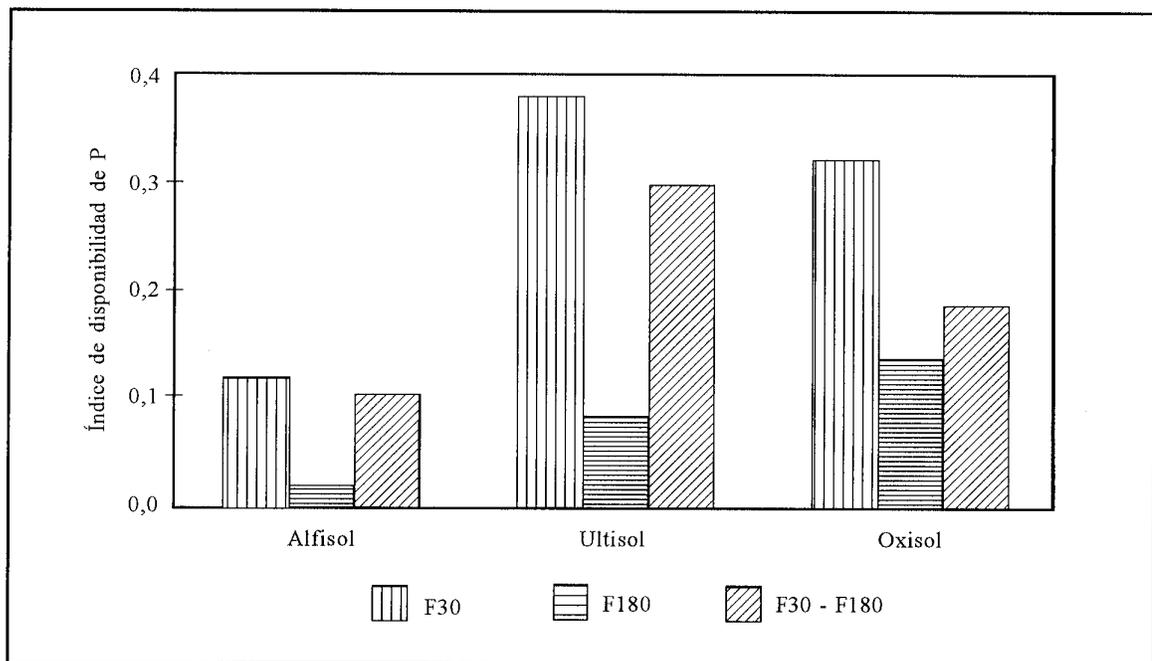
La disminución en  $F$  de las incubaciones de F30-F180 días (Figura 2) fue usada por los autores como valor de  $F$  a ser aplicado en modelos de simulación de la dinámica del P en distintas situaciones. Para el Alfisol éste fue de 0,10; Oxisol 0,19 y para el Ultisol de 0,30; con un valor promedio para los tres órdenes de suelo de 0,20. Este valor representa el grado de eficiencia en el uso del fertilizante, siendo levemente mayor a los valores de 0,14 y 0,17 utilizados por Jones *et al.* (1984 b) y Sharpley *et al.* (1989), respectivamente.

## CONCLUSIONES

El índice de disponibilidad promedio del fertilizante agregado ( $F$ ) para el Alfisol, Oxisol y Ultisol del sur de la provincia de Misiones es de 0,10; 0,19 y 0,30 respectivamente. La disponibilidad del P-fertilizante fue, en orden decreciente, Ultisol > Oxisol > Alfisol. El mayor porcentaje de P se fija en los primeros 30 días de agregado. El Alfisol, menor valor de  $F$ , es el que tiene potencialmente la mayor capacidad de retener P agregado como fertilizante.



**Figura 1.** Disponibilidad del P-fertilizante en función del período de incubación.  
**Figure 1.** P-fertilizer availability as a function of incubation period.



**Figura 2.** Índice de disponibilidad de P-fertilizante a los 30 y 180 días, y la diferencia entre ambos en tres tipos de suelo.  
**Figure 2.** P-fertilizer availability index after 30 and 180 days and the difference between both in three kind of soil.

**LITERATURA CITADA**

- Chen, J.H., y S.A. Barber. 1990. Soil pH and phosphorus and potassium uptake by maize evaluated with an uptake model. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:1032-1036.
- Dewis, J., y F. Fleitas. 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. 252 p. Boletín sobre Suelos Nº 10. FAO, Roma, Italia.
- Fassbender, H., y E. Bornemisza. 1987. Química de Suelos, con énfasis en suelos de América Latina. 420 p. Editorial IICA, San José, Costa Rica.
- Forsythe, W. 1975. Física de Suelos. Manual de Laboratorio. 212 p. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Editorial IICA, San José, Costa Rica.
- Jackson, M.L. 1964. Análisis químicos de los suelos. 666 p. 2ª ed. Editorial Omega, Barcelona, España.
- Jones, C.A., C.V. Cole, and A.N. Sharpley. 1984a. A simplified soil and plant phosphorus model: I. Documentation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:800-805.
- Jones, C.A., A.N. Sharpley, and J.R. Williams. 1984b. A simplified soil and plant phosphorus model: III. Testing. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:810-813.
- Loeppert, R.H., and W.P. Inskeep. 1996. Methods of Soils Analysis Part 3. Chemical Methods. 649 p. *Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, Wisconsin, USA.
- Page, A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeney. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 1159 p. 2<sup>nd</sup> ed. *Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, Wisconsin, USA. 1159 p.
- Peña Zubiarte, C.A., D. Maldonado Pinedo, A. D'Hiriart, y A.A. Marchi. 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina. 123 p. Tomo II. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro de Investigaciones de Recursos Naturales. Imprenta La Paz, Buenos Aires, Argentina.
- Sharpley, A.N., U. Singh, G. Uehara, and J. Kimble. 1989. Modeling soil and plant phosphorus dynamics in calcareous and highly weathered soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:153-158.