

# USO DE LA ISOTERMA DE ADSORCION PARA EVALUAR REQUERIMIENTOS DE FOSFORO. III. COMPARACION CON OTROS METODOS<sup>1</sup> /

I. CORONEL\*  
DANILO LOPEZ-HERNANDEZ\*

## Summary

*A comparison of the yield of Vigna unguiculata L. var. Tuy (Frijol bayo) as predicted by a traditional extraction method (Mehlich reagent) and two methods which make use of the sorption characteristics of the soils are presented.*

*North Caroline's extraction reagent (Mehlich) does not allow to define a "precise" P fertilizer dose for optimum yield and, besides that, the method gave a poor prediction. On the contrary, a method which define the P dose according to the fraction of the phosphorus maximum adsorption (X max.) allows for a prediction between 90-99% in three of six cases. And finally the method proposed in this research (using the P adsorption isotherm and the P requirement of the crop) accounts for a prediction between 90-96% in five of the six analyzed soils.*

## Introducción

**E**n las contribuciones anteriores de esta misma serie se ha llamado la atención a las posibilidades que presenta el uso de las isotermas de adsorción como método que ayude a definir con precisión los niveles a dosis de fertilizantes fosforados necesarios, con el fin de "optimizar" la producción (rendimiento agrícola) en cultivos anuales (2, 7).

En esos mismos trabajos se hizo, en principio, un estudio detallado de las características fisico-químicas (incluyendo los parámetros de adsorción) de varios suelos venezolanos (5); posteriormente las mismas series de suelos fueron utilizadas con el fin de definir el llamado requerimiento externo de fosfato (6). En el caso del frijol bayo (*Vigna unguiculata* L. var. Tuy) se encontró en experimentos de invernadero, que este valor era del orden de 1 ppm, valor que bajó significativamente (0.6 ppm) cuando el ensayo fue conducido en condiciones de campo (6). Si bien el empleo de

los diagramas de partición (I, Q) para la predicción del uso de fertilizantes tiene la ventaja de señalar dosis "exactas" de las enmiendas (2, 6, 7), su uso generalizado se ve impedido por varias razones: i) para cada suelo investigado es necesaria la construcción de una isoterma de adsorción, lo que significa mayor tiempo de experimentación cuando se compara con los métodos químicos tradicionales; ii) es necesario el conocimiento del requerimiento externo de la especie vegetal (cantidad de P en solución de equilibrio que es necesario para un óptimo de rendimiento); iii) el método es difícil de establecer para cultivos no anuales y iv) finalmente porque hay una multitud de parámetros externos e internos a la planta que afectan la medición (temperatura, forma de colocación del fertilizante, encalado, extensión radical, etapa del ciclo de vida del cultivo, etc.).

No obstante lo arriba expuesto, esta metodología comienza a tener, a nivel de investigación, una aceptación generalizada (8, 9), de manera tal que no se descarta que en un futuro cercano el método comience a sustituir o alternarse con los ensayos tradicionales. Obviamente, para que tal fenómeno tenga lugar es necesario un cierto cambio en el concepto que se tiene en la actualidad sobre los métodos rutinarios de laboratorio y su calibración en el campo.

<sup>1</sup> Recibido para publicación 10 de octubre de 1980.

\* Laboratorio de Estudios Ambientales, Instituto de Zología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela

En esta contribución se hace una comparación de los rendimientos obtenidos para *Vigna unguiculata* L. var. Tuy, cuando la dosis de fertilizantes son definidas por: i) un método tradicional: se usó la solución Carolina del Norte (1); ii) las fracciones del valor de saturación máxima definido por la ecuación de Langmuir: tal análisis fue presentado por Woodruff y Kamprath (10); y iii) el método que combina la determinación del requerimiento externo de la especie vegetal estudiada con la interpolación de la dosis de P a través de la isoterma de adsorción (método propuesto).

### Materiales y métodos

Los análisis de los suelos (isotermas de adsorción) y los datos de los ensayos de invernaderos han sido presentados en publicaciones previas (4, 5, 6).

### Disponibilidad y recomendaciones de fósforo de acuerdo con la solución de Mehlich (Solución Carolina del Norte)

Se mezclan muestras de 10 g de suelo con 200 mg de Carbón Darco en 40 ml de la solución extractora (1). La suspensión se agita durante 5 minutos siendo finalmente filtrada. El fósforo extraído se analiza por el método del vanadomolibdofosfórico (3). La dosis recomendada de P se deriva de la siguiente relación (Goedert, W. Comunicación personal. Información usada en EMBRAPA, Brasil):

Disponibilidad de P (ppm)	Tipo de Disponibilidad	Dosis (kg/ha de $P_2O_5$ recomendada)
0 - 3	muy baja	240
3 - 6	baja	120
6 - 9	mediana	60
> 9	adecuada	0

### Recomendación de dosis de fósforo con base en la capacidad máxima de retención de P (X máx.).

Woodruff y Kamprath (10) señalan diferentes dosis de fertilizante fosforado de acuerdo con la capacidad de retención que tengan los suelos. El método consiste en determinar la isoterma de adsorción (Langmuir) y a partir de la gráfica encontrar el valor de saturación.

Las dosis de P se calculan de la manera siguiente:

Valor de X máx.	Dosis recomendada
> 300 ppm	X máx/4
50- 300 ppm	X máx/2
0-50 ppm	X máx

### Dosis de fertilizante recomendada de acuerdo al requerimiento externo de la especie vegetal

El requerimiento externo de la especie se determinó mediante un experimento en invernadero en donde se utilizaron dosis progresivamente crecientes de P. La corrección de cualquier deficiencia en los otros macro y microelementos se previno añadiendo las enmiendas necesarias (6). Con base en ese experimento se determinó que el requerimiento externo (en la solución del suelo) de P para el frijol *Vigna unguiculata* L. var. Tuy es de 1 ppm. La dosis de P para llegar a ese requerimiento se obtiene por interpolación a partir de la isoterma de adsorción (5, 6).

### Resultados y conclusiones

El Cuadro 1 presenta las dosis recomendadas de P, para cada uno de los suelos analizados de acuerdo con los criterios establecidos para la solución Carolina del Norte; tales dosis están comprendidas entre 0 kg/ha (no adición de P) para el suelo Majomal, el cual posee una disponibilidad de P altamente adecuada, hasta valores de 240 kg/ha que se recomiendan para los suelos Banco y Uverito, suelos que por el contrario poseen un nivel de P disponible extremadamente bajo. Si estas dosis de fósforo son ahora interpoladas en los diagramas de producción presentados en el Cuadro 2 (contribución II), se observa que la producción real obtenida (Cuadro 1) está: muy por debajo del nivel de rendimiento máximo en el caso de los suelos Majomal y Uverito (34 y 41% respectivamente); intermedia en los casos de los suelos Tamaca y Banco; mientras que en el caso de los suelos Uverito y Calabozo el método da una gran aproximación (95 y 86%). En forma general, se puede concluir que el método de extracción de P con la solución Carolina del Norte resultó bastante inexacto para la predicción de dosis precisas de fertilizantes fosforados, en el caso particular de algunos de los suelos aquí estudiados.

Si se realiza un análisis similar utilizando el método de Woodruff y Kamprath (Cuadro 2) se pue-

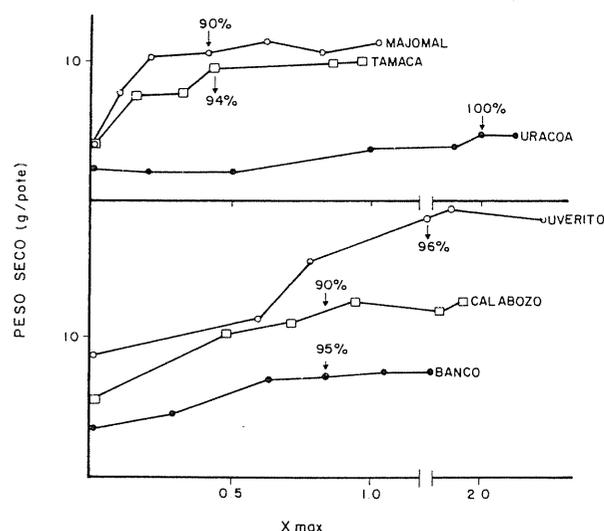
**Cuadro 1.** Porcentaje de producción de *Vigna unguiculata* L. con relación a la dosis de fertilizante fosfatado recomendado para la solución Carolina del Norte.

Suelo	P disponible (ppm)	Dosis recomendada ppm	kg/ha	Producción %
Banco	0.0	120	240	75
Uverito	0.0	120	240	95
Calabozo	3.0	60	120	86
Tamaca	6.5	60	120	70
Majomal	41.0	0	0	34
Uracoa	6.0	60	120	41

den observar dos hechos: i) en primer lugar, la dosis a recomendar tiene un valor mucho más preciso que en el caso anterior, lo cual es una consecuencia de la mejor aproximación que resulta al definir el requerimiento con base en un valor más preciso que incluye los parámetros I y Q (5) (la capacidad máxima de retención es un parámetro característico de cada suelo, que se puede determinar con gran exactitud si se dispone de suficientes puntos experimentales); ii) en segundo lugar, la producción real obtenida se acerca en el mayor número de los casos estudiados a un rendimiento "óptimo"; así para tres de los suelos (Calabozo, Tamaca y Uverito) hubo una excelente aproximación. En el caso de los suelos Majomal y Banco, el uso del método conlleva a una predicción menor (75 y 67% respectivamente), mientras que para la serie Uracoa esta metodología resultó inapropiada.

La relación entre la producción en peso seco de *Vigna unguiculata* L. y las variaciones en el nivel de saturación de la capacidad máxima de adsorción (X max.) calculada a partir de la ecuación de Langmuir (5) se muestra en la Figura 1. En la misma,

se observa claramente que para suelos con un alto poder de fijación (adsorción e inmovilización) de fos-

**Fig. 1.** Producción de materia seca de *Vigna unguiculata* L. (parte aérea) con relación a la saturación de la capacidad máxima de retención de P.**Cuadro 2.** Porcentaje de producción de *Vigna unguiculata* L. con relación a las dosis recomendadas por Woodruff y Kamprath (10), con base en la saturación de la capacidad máxima de retención de fosfato para cada suelo.

Suelo	Saturación de X/máx.	Dosis recomendada ppm	kg/ha	Producción %
Banco	0.5	119	238	75
Uverito	1.0	51	102	90
Calabozo	1.0	85	170	99
Tamaca	0.5	234	468	95
Majomal	0.25	193	386	67
Uracoa	0.5	100	200	42

Cuadro 3. Porcentaje de producción de *Vigna unguiculata* L. con relación a la dosis de P requerida para alcanzar una concentración de P en la solución de equilibrio de 1 ppm.

Suelo	P equilibrio ppm	Dosis recomendada ppm	kg/ha	Producción %
Banco	1.21	200	400	95
Uverito	1.00	60	120	96
Calabozo	1.15	80	160	94
Tamaca	1.14	200	400	94
Majomal	0.96	400	800	90
Uracoa	1.00	175	350	70

datos se obtiene una producción cercana al "óptimo" con dosis de fósforo que corresponden a la mitad de X max. Tal y como lo señalan Woodruff y Kamprath (10) para suelos de una menor capacidad tampón (por lo general suelos arenosos), la producción máxima se obtiene para valores correspondientes en forma aproximada a X max. (caso de los suelos Uverito, Calabozo y Banco). Ya se había señalado (6) que el suelo Uracoa presenta un comportamiento bastante anómalo con relación a los niveles de producción (peso seco) obtenidos y en la Figura 1 vuelve a reflejarse esa anomalía; así, la predicción más adecuada para ese suelo sería, de acuerdo con la Figura 1 bajo la utilización de enmiendas de fertilizantes correspondientes, de 2 X max (800 kg/ha).

Si se acepta que el requerimiento externo del frijol bayo (en invernadero) es de alrededor de 1 ppm de P, valor que fue definido por estudios preliminares (6), las dosis recomendadas de fertilizante oscilan entre 120 y 800 kg/ha para los suelos Uverito y Majomal respectivamente (Cuadro 3). En este caso la predicción es aceptable en 5 de los 6 suelos estudiados, puesto que las mismas varían entre 90-96% del valor "óptimo". La única excepción la constituye el suelo Uracoa cuya predicción del 70% se atribuye al bajo rendimiento obtenido en los ensayos en invernaderos. La información acá presentada señala la conveniencia del uso de estos métodos (isotermas de adsorción) en los ensayos de requerimientos de fertilizantes; y aunque los datos son promisorios, se deben tomar con la cautela que corresponde al análisis de un escaso número de suelos.

Como es de esperar, debido a que operan con técnicas similares (isotermas), hay una estrecha asociación en los resultados obtenidos por los dos últimos métodos. En una forma general, se puede señalar que, excepto un caso (suelo Uracoa), la predicción de fertilizante utilizando las dosis definidas

por la isoterma de adsorción es bastante precisa, pudiendo por tanto incluirse la gran ventaja potencial que representa la utilización de estos métodos sobre las pruebas o "tests" tradicionales.

#### Literatura citada

1. FITTS, J. W. Soil tests compared with field, greenhouse and laboratory tests. North Carolina. Agronomy Experimental Station Technical Bulletin, No. 121. 1956.
2. FOX, R. L. y KAMPRATH, E. J. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Science Society of American Proceedings 34:902-907. 1970.
3. JACKSON, M. L. Análisis químico de los suelos. 2 Ed. Ediciones Omega. España. 1970.
4. LOPEZ-HERNANDEZ, D., ALVAREZ, L. y POLANCO, M. Phosphate requirement for *Vigna unguiculata* L. var. Tuy, growing in two contrasting Venezuelan soils. Proceedings International Seminary Soil Environment Fertilizing Management International Agronomy (SEFMIA) Tokyo. 517-524. 1977.
5. LOPEZ-HERNANDEZ, D., CORONEL, I. y ALVAREZ, L. Uso de la isoterma de adsorción para evaluar requerimientos de fósforo. I. Isotermas de adsorción de los suelos. Turrialba 3, pp. 169-179. 1981.
6. LOPEZ-HERNANDEZ, D., CORONEL, I. y ALVAREZ, L. Uso de la isoterma de ad-

- sorción para evaluar requerimientos de fósforo. II. Requerimiento externo de P para *Vigna unguiculata* L. var. Tuy. Turrialba 3:181-188. 1981.
7. OZANNE, P. C. y SHAW, T. C. Advantages of the recently developed phosphate sorption test over the older extractant methods for soil phosphate. International Congress Soil Science Trans 9th. (Adelaide Aust.) 2:273-280. 1968.
  8. SHUMWAY, J. S. y JONES, J. P. Boron sorption isotherm. A method to estimate fertilizer requirement. Commission Soil Science and Plant Anal. 3:477-485. 1972.
  9. SING, B. B. y JONES, J. P. Use of sorption isotherm for evaluating potassium requirements of plants. Soil Science Society of American Proceedings 39:881-886. 1975.
  10. WOODRUF, J. R. y KAMPRATH, E. J. Phosphorus adsorption maximum as measured by the Langmuir isotherm and its relationship to phosphorus availability. Soil Science Society of American Proceedings 29:148-150. 1965.