

---

**Análisis de fósforo total en fertilizantes inorgánicos. ¿Método volumétrico o espectrofotométrico?***Total phosphorus in inorganic fertilizers. Volumetric or spectrophotometric method?***Carmen E. Carrillo de Cori<sup>1</sup>, Magaly Ruiz<sup>2</sup>, José G. Escalona<sup>1</sup>, Luís Castillo<sup>3</sup>, Rómulo Noguera<sup>4</sup>, Ayuramy Martínez<sup>2</sup> y Shirley Fernández<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Universidad Central de Venezuela (UCV), Facultad de Agronomía, <sup>2</sup>Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos (UNERG), <sup>3</sup>EDAFOFINCA, <sup>4</sup>Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA)

---

**RESUMEN**

Con el objeto de evaluar la posibilidad de sustituir el método volumétrico contenido en la norma venezolana COVENIN 1132-77, para determinar fósforo total en fertilizantes por otro método, cuya aplicación comporte ventajas en tiempo, menor empleo de reactivos y uso de materiales menos peligrosos, se estableció un ensayo Interlaboratorios para comparar ambas modalidades analíticas. A tal efecto se compararon los resultados obtenidos por cuatro laboratorios, empleando cinco fertilizantes comerciales inorgánicos (roca fosfórica, roca fosfórica parcialmente acidulada, NPK nacional, NPK importado, fosfato monoamónico importado) y un estándar (este último para determinar la exactitud de los métodos), los cuales fueron analizados por triplicado. La precisión se evaluó calculando la repetibilidad (*r*) y la reproducibilidad (*R*), aplicando la norma COVENIN 2972-92 (ISO 5725-86). No se encontraron diferencias significativas entre métodos, laboratorios, ni réplicas, por lo que se asume que los métodos comparados generan resultados estadísticamente iguales. La recuperación del fósforo en el estándar varió entre 97,11 % y 102,34 % para el método espectrofotométrico y entre 99,37 % y 103,87 % para el método volumétrico, por lo que se concluye que ambos métodos pueden considerarse de exactitud aceptable y equivalente, de acuerdo con los criterios empleados. La precisión evaluada a través de "*r*" y "*R*", resultó dependiente del nivel de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en el método espectrofotométrico, mientras que en la modalidad volumétrica no se encontró

**ABSTRACT**

In order to evaluate the possibility of substitution of the volumetric method, included in the venezuelan norm COVENIN 1132-77 (which determines total phosphorus in fertilizers), by a spectrophotometric method that allows a more efficient usage of time and reagents and also requires less dangerous materials, an inter-laboratories test was performed to compare both methods using the data obtained by four laboratories. Five commercial inorganic fertilizers were analyzed (rock phosphate, partially acidulated rock phosphate, local NPK, imported NPK and imported monoammonium phosphate). KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> analytical grade was also analyzed to determine the accuracy of the methods. Products were analyzed by triplicate for both analytical procedures. Precision was evaluated by calculating repeatability (*r*) and reproducibility (*R*) applying COVENIN norm 2972-92 (ISO 5725-86). The results showed no significant differences between methods, laboratories and repetitions, showing that both methods generate statistically equivalent results. The recovery of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in the standard varied between 97,11% and 102,34% for the spectrophotometric method and between 99,37% and 103,87% for the volumetric procedure, resulting in an acceptable and equivalent accuracy. The precision in terms of "*r*" and "*R*" was dependent on the P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content in the spectrophotometric method, but not in the volumetric procedure. The use of the spectrophotometric method is, therefore, recommended instead of the volumetric procedure for analyzing total phosphorus in fertilizers.

tal relación. Se recomienda el empleo del método espectrofotométrico en lugar de la modalidad volumétrica para analizar fósforo total en fertilizantes.

**Key words:** Fertilizer analysis, total phosphorus, inter laboratories studies, repeatability, reproducibility

**Palabras clave:** análisis de fertilizante, fósforo total, estudios Inter.-laboratorios, repetibilidad, reproducibilidad

---

## INTRODUCCIÓN

En los materiales portadores de fósforo o en los fertilizantes comerciales, este elemento puede encontrarse en diferentes formas químicas de variada solubilidad y por ende, de diferente disponibilidad para las plantas. Los métodos para analizar este nutrimento, involucran una etapa de extracción, cuyos reactivos dependen de la fracción de fósforo que se desea analizar y una etapa de determinación por métodos gravimétricos, volumétricos o espectrofotométricos.

Los métodos gravimétricos y volumétricos tienen un fundamento común, la precipitación del fósforo extraído en forma de fosfomolibdato de amonio (Ej: AOAC, 1997, Ministerio de Fomento, 1977) o como fosfomolibdato de quinolina (EMBRAPA, 1999). En el caso del método gravimétrico, el precipitado se seca y se pesa hasta peso constante y se convierte en  $P_2O_5$  mediante el factor de conversión correspondiente. Si se trata del método volumétrico, el precipitado se disuelve en un volumen conocido y en exceso de un álcali valorado y se titula por retroceso con un ácido de concentración conocida, como es el caso del método contenido en la Norma COVENIN N° 1132-77 (Ministerio de Fomento, 1977) y el método 967.02 del AOAC Internacional (AOAC, 1997). Los métodos espectrofotométricos consumen menos tiempo que los gravimétricos y volumétricos y en general requieren menos reactivos que los volumétricos.

Entre los métodos espectrofotométricos más comúnmente usados para analizar fósforo en fertilizantes, se encuentran aquellos basados en el desarrollo del color amarillo del complejo vanado-molibdo-fosfórico y los que se fundamentan en el color azul formado por adición de un determinado agente reductor. La modalidad basada en el desarrollo del color amarillo se adapta a soluciones que contengan entre 1 y 20 mg de P por litro, mientras que los métodos basados en la formación del color azul (a base de cloruro estannoso o de ácido ascórbico), son más adecuados para soluciones con bajas concentraciones de fósforo (0,01 a 6 mg de P por litro), como los niveles presentes en suelos y aguas (APPHA-AWWA-WPCF, 1992).

Carrillo de Cori *et al.* (1999) proponen un método que involucra una determinación espectrofotométrica, para analizar fósforo total en fertilizantes inorgánicos; sin embargo, la norma oficial (Ministerio de Fomento, 1977) contempla la opción volumétrica. Por lo tanto, era necesario realizar una comparación entre ambas modalidades y averiguar si eran equivalentes, para poder recomendar la sustitución del método volumétrico en la Norma COVENIN. Por otra parte, el método incluido en la norma citada, implica la preparación de un filtro con fibra de asbesto, material de uso prohibido por presentar riesgos potenciales para la salud pública.

El único antecedente de comparación de estos métodos realizado en Venezuela es el que llevó a cabo González (1991), involucrando un laboratorio. Ella analizó nueve (9) fertilizantes y un estándar y comparó la exactitud, precisión, el tiempo necesario para el análisis y el costo aproximado del mismo. Para el caso del fósforo total encontró que los métodos espectrofotométricos basados en el desarrollo del color azul, eran equivalentes en exactitud y eran más exactos que los métodos que se basaban en la formación del color amarillo. Todos los métodos comparados presentaron igual precisión. En lo referente al tiempo, los métodos espectrofotométricos, especialmente los de color amarillo, requirieron menos tiempo. Con respecto al costo, los métodos espectrofotométricos resultaron menos costosos que los volumétricos, si se considera el volumen de reactivos, pero si se toma en cuenta la inversión por el costo de los equipos, los métodos volumétricos son menos costosos.

Por lo anteriormente expuesto, se planificó el presente trabajo, con el objeto de comparar los resultados obtenidos por cuatro de los laboratorios involucrados en un estudio anterior (Carrillo de Cori *et al.*, 2005) y los datos generados por los mismos laboratorios al aplicar el método volumétrico de la Norma COVENIN (Ministerio de Fomento, 1977).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta comparación de métodos se utilizaron cinco fertilizantes comerciales inorgánicos, que corresponden a la siguiente denominación genérica: roca fosfórica (RF), roca fosfórica parcialmente acidulada (RFA), fertilizante complejo nacional (NPKn), fertilizante complejo importado (NPKi) y fosfato monoamónico (FMA).

Para determinar la exactitud de los métodos se utilizó como estándar el  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  grado analítico (EST), previamente secado a  $105^\circ\text{C}$  y se calculó el porcentaje de recuperación mediante la fórmula:

$$\text{Rec} = (\text{P}_2\text{O}_5 \times 100) / 52,19$$

Donde:

Rec = % de Recuperación del  $\text{P}_2\text{O}_5$  en el estándar

$\text{P}_2\text{O}_5$  = Porcentaje de fósforo obtenido en el análisis, expresado como  $\text{P}_2\text{O}_5$

52,19= porcentaje de  $\text{P}_2\text{O}_5$  total teórico en el  $\text{KH}_2\text{PO}_4$

Las muestras fueron analizadas por dos métodos: El método espectrofotométrico (E) aplicado por el Grupo Interinstitucional para Uniformar Métodos Analíticos (GIUMA) (Carrillo de Cori et al., 1999), el cual implica extraer el fósforo con una mezcla de HCl 1:1 más  $\text{HNO}_3$  concentrado y determinar el fósforo en el extracto mediante el desarrollo del color amarillo del complejo vanadomolibdofosfórico, y el método volumétrico (V), contenido en la norma COVENIN 1132-77 (Ministerio de Fomento, 1977), según el cual el fósforo es transformado en ortofosfato mediante una digestión con  $\text{HNO}_3$ , posteriormente se precipita como fosfomolibdato de amonio, se disuelve el precipitado con un volumen en exceso de hidróxido de sodio valorado y se titula el exceso con  $\text{HNO}_3$  de concentración conocida. Este método contempla la filtración del precipitado en un filtro preparado con fibra de asbesto, lo cual implica un procedimiento laborioso y el uso de la fibra de asbesto, material de uso prohibido por los riesgos relacionados con la salud pública.

Los análisis fueron realizados por el personal técnico y en los laboratorios de cuatro instituciones: EDA-FOFINCA, UCV-Agronomía, UNERG-Agronomía y UCLA-Agronomía.

El ensayo se estableció como un muestreo irrestricto para factor de efecto fijo, incluyendo los 4 laboratorios, dos métodos y los seis productos, resultando cuarenta y ocho (48) extracciones, las que repetidas tres veces dieron un total de ciento cuarenta y cuatro (144) análisis.

A los datos obtenidos se les hizo una prueba de normalidad de Wilk-Shapiro. El análisis de varianza se realizó mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

En el análisis estadístico se utilizó el programa Statistix para Windows, Versión 8 (Statistix 2003).

La precisión del método se calculó aplicando la norma COVENIN 2972-92 (ISO 5725-86) (COVENIN, 1992), para evaluar los resultados en términos de repetibilidad (r) y reproducibilidad (R): Se calculó el promedio y la varianza de cada laboratorio; mediante la prueba de Cochran se detectó que laboratorio (s) presentaba(n) problemas de repetibilidad y con la prueba de Dixon, en los laboratorios que continuaban en evaluación, se detectó aquellos que presentaban problemas de reproducibilidad. La repetibilidad permite conocer la variabilidad del ensayo en cada laboratorio bajo condiciones constantes (el mismo laboratorio, el mismo operador y el mismo equipo) a intervalos reducidos de tiempo y se expresa como:

$$r = t\sqrt{2\sigma_r}$$

La reproducibilidad mide la variabilidad entre laboratorios, ensayos realizados en condiciones ampliamente variables (laboratorios diferentes con operadores y equipos distintos) y se expresa como:

$$R = t\sqrt{2\sigma_R}$$

En ambas expresiones:

“t” es el factor t de student para dos colas, para un nivel de confianza de 95 %

“ $\sigma_r$ ” es la desviación estándar de repetibilidad

“ $\sigma_R$ ” es la desviación estándar de reproducibilidad

De acuerdo a la norma COVENIN 2972-92 (COVENIN, 1992) y a FONDONORMA (2002), en la práctica, como los valores exactos de " $\sigma_r$ " y " $\sigma_R$ " no se conocen, se reemplazan por sus valores estimados " $S_r$ " y " $S_R$ " y el factor  $t \sqrt{2}$  se aproxima a 2,8, lo cual conduce a las expresiones  $r = 2,8 S_r$  y  $R = 2,8 S_R$ , las cuales se utilizaron en este trabajo para el cálculo de " $r$ " y " $R$ " respectivamente.

## RESULTADOS

Los resultados de los análisis de cinco fertilizantes y un estándar realizados por cuatro laboratorios, aplicando los métodos espectrofotométrico y volumétrico se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Contenido de  $P_2O_5$  (%)\* en cinco fertilizantes y un estándar, analizados por cuatro laboratorios, aplicando dos métodos

LAB	FERTILIZANTE											
	RF		RFA		NPKn		NPKi		FMA		EST	
	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V
1	29,83	30,35	29,33	30,00	15,25	14,48	15,08	15,45	50,67	50,16	52,17	52,14
2	28,70	29,85	27,78	30,17	14,05	16,20	13,81	14,63	49,42	51,40	52,79	52,03
3	28,45	29,63	28,59	30,81	14,84	14,88	13,46	14,14	49,83	48,84	50,68	51,86
4	29,34	30,87	29,26	30,42	14,69	16,17	14,18	14,2	52,96	53,25	53,41	53,69
$\bar{X}$	<b>29,08</b>	<b>30,18</b>	<b>28,74</b>	<b>30,35</b>	<b>14,71</b>	<b>15,43</b>	<b>14,13</b>	<b>14,61</b>	<b>50,72</b>	<b>50,91</b>	<b>52,26</b>	<b>52,43</b>

\* Promedio de tres repeticiones E: Método espectrofotométrico V: Método volumétrico, LAB: Laboratorio

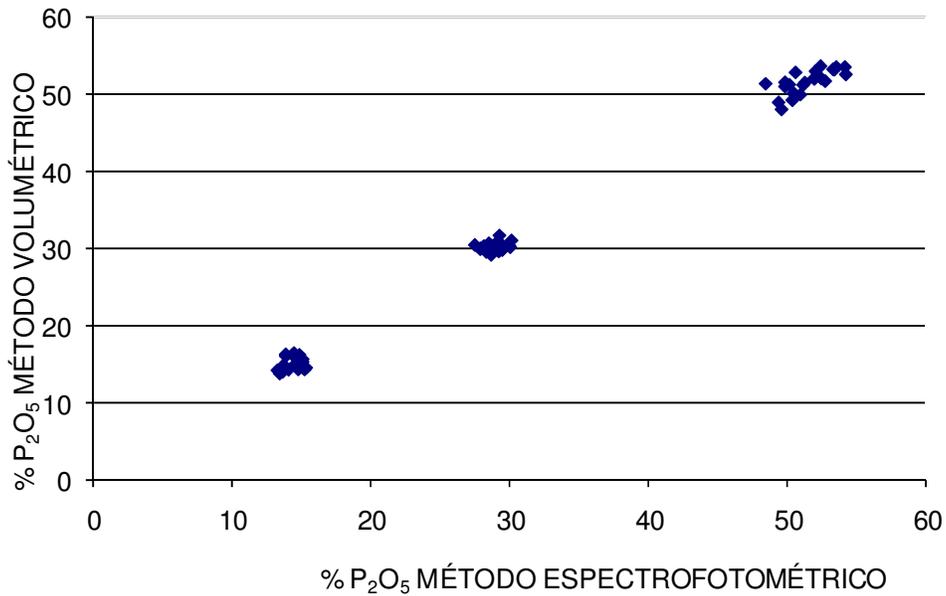
La prueba de normalidad de Wilk-Shapiro aplicada al conjunto de 144 datos, arrojó un coeficiente de 0,8321, con una  $P = 0,0001$ . Es posible que la falta de normalidad de los datos, se deba a que los seis productos representan realmente tres (3) niveles de  $P_2O_5$  como se explicará más adelante. En consecuencia, se decidió utilizar la vía no paramétrica de Kruskal-Wallis para realizar el análisis de varianza. Los resultados se presentan en el Cuadro 2

**Cuadro 2.** Resultado del análisis de varianza al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis

Fuente de variación	Probabilidad	Interpretación
Método	0,1319	NS
Laboratorio	0,4231	NS
Producto	0,0000	**
Réplica	0,9911	NS

No se encontraron diferencias significativas entre métodos, lo cual quiere decir que los dos métodos bajo estudio generan resultados estadísticamente iguales. Esto es importante de enfatizar, ya que el objetivo de este trabajo es el de evaluar la posibilidad de sustituir el método volumétrico en la norma oficial por otro método, tal como el espectrofotométrico y recomendarlo para todos los laboratorios nacionales que analizan fertilizantes. Tampoco existen diferencias estadísticamente significativas entre laboratorios ni entre réplicas. La falta de significación entre los resultados de los laboratorios, indica que a pesar de las condiciones diferentes en cuanto a equipos, operadores y condiciones generales, el Grupo ha logrado una cierta uniformidad deseable en sus destrezas analíticas. Las diferencias altamente significativas encontradas entre productos, son obvias, y se deben a que las muestras analizadas corresponden a tres niveles de concentración de  $P_2O_5$ , como lo revela la comparación de medias de Kruskal-Wallis, la cual clasifica los productos en tres grupos: A, B y C. El Grupo A que comprende

el FMA y el Estándar con contenidos de  $P_2O_5$  entre 50 y 52 %; B, que incluye Roca fosfórica y Roca fosfórica acidulada, con niveles cerca de 30 % de  $P_2O_5$  y C, que incluye los dos NPK, con valores aproximados a 15 % de  $P_2O_5$  (Cuadro 1). Esto se observa en el gráfico de dispersión de la Figura 1, elaborado con los datos generados por la aplicación de los dos métodos.



**Figura 1.** Correlación entre los valores de fósforo total obtenidos por los métodos espectrofotométrico y volumétrico

Para reforzar la interpretación señalada anteriormente, se agruparon los datos por niveles, resultando tres grupos de 48 datos cada uno. Se aplicó la prueba de Wilk-Shapiro, encontrándose normalidad en cada uno de los grupos, como se aprecia en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Resultado de la prueba de normalidad aplicada a los tres niveles de concentración de  $P_2O_5$

Nivel de concentración de $P_2O_5$ (%)	Coficiente de Wilk-Shapiro	Probabilidad	Interpretación
A ( 50-52)	0,9761	0,4301	Significativo al 0,05
B (~30)	0,9734	0,3406	Significativo al 0,05
C ((~15)	0,9689	0,2291	Significativo al 0,05

Por otra parte, también se hizo la prueba de normalidad de Wilk Shapiro, para las dos series de 72 datos correspondientes a los métodos A y B respectivamente. Los resultados aparecen en el Cuadro 4.

Se asume que a pesar de que el coeficiente de Wilk-Shapiro es inferior a 0,9, debido a su cercanía con esta cifra y al elevado número de observaciones, se podría asumir que la distribución es normal. Para saber la relación entre los valores encontrados al aplicar ambos métodos, se determinó el coeficiente de correlación de Pearson, teniendo 72 pares de datos, resultando un coeficiente de correlación de 0,9977 ( $P < 0,0001$ ). Por lo anteriormente expuesto se puede concluir que los resultados de ambos métodos son equivalentes.

**Cuadro 4.** Resultado de las pruebas de Normalidad de Wilk-Shapiro aplicada a los datos correspondientes a cada método

Método	Nº de datos	Coefficiente de Wilk Shapiro	Probabilidad
Espectrofotométrico	72	0,8268	0,0000
Volumétrico	72	0,8294	0,0000

**Determinación de la exactitud de los métodos:**

Los valores promedio de fósforo total, obtenidos por los diferentes laboratorios al analizar el estándar con ambos métodos, se presentan en el Cuadro 5, donde se aprecia que la recuperación del fósforo varió entre 97,11 % y 102,34%, para el método espectrofotométrico y 99,37 y 102,87 para el método volumétrico. Aplicando los criterios de Buresh *et al.* (1982) para análisis que requieren gran exactitud (Recuperación entre 97 % y 103 %), se concluye que ambos métodos pueden considerarse de una exactitud aceptable y equivalente. Este resultado no coincide con el obtenido por González (1991), quien encontró mayor exactitud para los métodos volumétricos, aunque su estudio se realizó en un solo laboratorio.

**Cuadro 5.** Contenido de fósforo total (% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), promedio de tres repeticiones, porcentaje de recuperación (Rec.) y Δ100 del fósforo en el KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, analizado por cuatro laboratorios (LAB)

LAB	MÉTODO					
	Espectrofotométrico			Volumétrico		
	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	% Rec	Δ 100	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	% Rec	Δ 100
1	52,17	99,96	-0,04	52,14	99,90	-0,1
2	52,79	101,15	1,15	52,03	99,69	-0,31
3	50,68	97,11	-2,89	51,86	99,37	-0,63
4	53,41	102,34	2,34	53,69	102,87	2,87
$\bar{X}$	<b>52,26</b>	<b>100,14</b>	<b>0,14</b>	<b>52,34</b>	<b>100,46</b>	<b>0,46</b>

\* Promedio de tres repeticiones

$$\% \text{ Rec.} = (\% \text{ P}_2\text{O}_5 / 52,19) \times 100 \quad \Delta 100 = \% \text{ Rec.} - 100$$

$$52,19 = \% \text{ teórico de P}_2\text{O}_5 \text{ soluble en agua en el KH}_2\text{PO}_4$$

La prueba de normalidad de Wilk-Shapiro aplicada a los resultados del análisis del estándar, reveló que los datos se distribuyen normalmente ( $W = 0,9689$ ,  $P = 0,6413$ ) El análisis de varianza demostró que no hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos por los métodos estudiados, lo cual implica que ambos métodos pueden considerarse igualmente exactos.

**Determinación de la precisión de los métodos:**

Los resultados de la aplicación de la Norma COVENIN 2972-92 (Ministerio de Fomento, 1992), a los datos obtenidos, se presentan en el Cuadro 6. Allí se aprecia que los valores de repetibilidad del método espectrofotométrico variaron entre 0,609 y 2,546 y la reproducibilidad entre 1,481 y 4,657, resultando ambos parámetros dependientes del nivel de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, como se observa en el Cuadro 7, donde se presenta la correlación encontrada y la ecuación de regresión correspondiente.

**Cuadro 6.** Coeficientes de repetibilidad “r” y reproducibilidad “R” para cada fertilizante analizados en cuatro laboratorios, por los métodos espectrofotométrico y volumétrico

Fertilizante	Método					
	Espectrofotométrico			Volumétrico		
	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	r	R	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	r	R
RF	28,08	1,257	2,028	30,18	0,718	1,655
RFA	28,74	1,377	2,312	30,35	1,375	1,494
NPKN	14,71	0,609	1,481	15,43	0,539	2,515
NPKI	14,13	0,865	2,075	14,61	0,577	1,756
FMA	50,72	1,768	4,657	50,91	0,989	5,316
EST	52,26	2,548	3,881	52,43	1,544	2,688

**Cuadro 7.** Coeficiente de correlación, probabilidad y significación entre los parámetros de precisión y el nivel de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, en el método espectrofotométrico

Parámetro	C.C <sup>1</sup> Pearson	P <sup>2</sup>	S <sup>3</sup>	Intercepto	Pendiente	Ecuación
“r”	0,9332	0,0065	**	0,1852	0,03856	$r = 0,1852 + 0,03856 P_2O_5$
“R”	0,9270	0,0078	**	0,5648	0,06879	$R = 0,5648 + 0,06879 P_2O_5$

<sup>1</sup> Coeficiente de correlación, <sup>2</sup>Probabilidad, <sup>3</sup>Significancia

En el caso del método volumétrico, no se encontró relación entre los valores de “r” y “R”, con los niveles de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, por lo cual se calcularon los promedios de estos parámetros, como se aprecia en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.** Coeficientes de correlación de Pearson, probabilidad, significación y promedios de “r” y “R” para el método volumétrico

Parámetro	C.C <sup>1</sup> Pearson	P <sup>2</sup>	S <sup>3</sup>	Promedio
“r”	0,7418	0,0914	NS	0,9571
“R”	0,6186	0,1904	NS	2,5704

<sup>1</sup> Coeficiente de correlación, <sup>2</sup>Probabilidad, <sup>3</sup>Significancia

## CONCLUSIONES

1. Los métodos comparados producen resultados equivalentes
2. Ambos métodos son igualmente exactos
3. En el método espectrofotométrico la precisión (“r” y “R”) depende de la concentración de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en el fertilizante, mientras que en la modalidad volumétrica no se observó tal dependencia

## RECOMENDACIÓN

Con base en los resultados encontrados, se recomienda sustituir en la norma oficial, el método volumétrico por el espectrofotométrico, más aún si se considera que la ejecución del método espectrofotométrico emplea menos tiempo y menos reactivos y que entre estos últimos en el caso del volumétrico se incluye el uso de fibra de asbesto, material de uso prohibido por la OMS.

**Agradecimiento:** Los autores agradecen a la Prof. Rosana Figueroa por su asesoramiento en el análisis estadístico de los datos.

#### LITERATURA CITADA

- APPHA-AWWA-WPCF**, 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Versión en español. Ediciones Días Santos. Madrid, p. 188
- Buresh, R.J., E.R. Austin y E.T. Craswell**. 1982. Analytical Methods in  $^{15}\text{N}$  research. Fert. Res.2:227-245.
- Carrillo de Cori, C. E.; C.A. Arvelo de V., M. Ruiz, A. Sánchez, J.G. Escalona, L. Castillo, E. Arteaga, M. Túa, R. Gutiérrez, O. Gamboa, I. Arrieche, T. Díaz y F. Sosa**. 1999. Análisis de fósforo total en fertilizantes inorgánicos. Método colorimétrico. *VENESUELOS*: 7 (1 y 2):33-37
- Carrillo de Cori, C. E., M. Ruiz, C. A. Arvelo de Valls, J. G. Escalona, L. Castillo, R. Noguera, T. Díaz, C. Silva, A. Martínez, R. Gutiérrez, M. Navas, E. Arteaga, S. Fernández, I. E. Arrieche, B. Arrieche y O. Sequera**. 2005. Avances en la selección de un método para el análisis de fósforo disponible en fertilizantes. XVII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo, Maracay, mayo de 2005. *En*: Memorias del Congreso, [CD-Rom].
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN)**. 1992. Norma Covenin N° 2972-92 (ISO 5725-86) "Precisión de los métodos de ensayo. Determinación de la repetibilidad y la reproducibilidad de un método de ensayo normalizado, mediante ensayos realizados por diferentes laboratorios". Caracas. 53p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Embrapa, Solos**, 1999. Manual de análisis químicos de solos, plantas e fertilizantes, pp: 242-246
- FONDONORMA**. 2002. "Tratamiento estadístico de los resultados analíticos". Curso dictado por FONDONORMA en el marco de la norma ISO 17.025, en INIA, Portuguesa. 176 p.
- González, L.** 1991 Evaluación de metodologías utilizadas en Venezuela para el análisis de fósforo en fertilizantes comerciales. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, UCV. Maracay. 130 p.
- Ministerio de Fomento. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN)**. 1977. Determinación de fósforo total. Norma 1132-77 Caracas. 7 p.
- Official Methods of Analysis of AOAC Internacional (AOAC)**. 1997. AOAC Official Methods 977.01. Phosphorus (water soluble) in fertilizers. Preparation of solution: Chapter 2. 16<sup>th</sup> Ed., 3<sup>rd</sup> rev. 1997. Gaithersburg, M.D. USA.
- STATISTIX 8**. Analytical Software 2003.