

## Comparación de métodos para analizar materia orgánica en materiales orgánicos

### Comparison of methods for analyzing organic matter in organic materials

DOI: 10.34188/bjaerv6n3-030

Recebimento dos originais: 05/05/2023

Aceitação para publicação: 30/06/2023

#### **Magaly Ruiz Dager**

Doctora en Ciencia del Suelo por la Universidad Central de Venezuela  
Institución: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centrales Rómulo Gallegos (UNERG).  
Centro de Investigación y Extensión en Suelos y Aguas (CIESA)  
Dirección: Vía El Castreño, San Juan de los Morros. 2301. Estado Guárico, Venezuela  
Correo electrónico: magaruizdager@gmail.com

#### **Carmen E. Carrillo de Cori**

Doctora en Ciencia del Suelo por la Universidad Central de Venezuela  
Institución: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía  
Dirección: Avenida Universidad, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV),  
Municipio Girardot, Maracay, estado Aragua, Venezuela. Apartado Postal 4579. Zona Postal 2105  
Correo electrónico: estercori@gmail.com

#### **Francisca Sosa**

Magíster Scientiarum en Agronomía por la Universidad Central de Venezuela  
Institución: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía  
Dirección: Avenida Universidad, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV),  
Municipio Girardot, Maracay, estado Aragua, Venezuela. Apartado Postal 4579. Zona Postal 2105  
Correo electrónico: franciscasosac@gmail.com

#### **Linda M. Aular**

Ingeniera Industrial por la Universidad Santiago Mariño (Venezuela)  
Institución: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía  
Dirección: Avenida Universidad, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV),  
Municipio Girardot, Maracay, estado Aragua, Venezuela. Apartado Postal 4579. Zona Postal 2105  
Correo electrónico: linda.mari2010@hotmail.com

#### **Rosalba Mora**

Ingeniera Industrial por la Universidad Santiago Mariño (Venezuela)  
Institución: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía  
Dirección: Avenida Universidad, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV),  
Municipio Girardot, Maracay, estado Aragua, Venezuela. Apartado Postal 4579. Zona Postal 2105  
Correo electrónico: virangel2005@gmail.com

#### **Luis Castillo Castillo**

Técnico superior universitario por la Fundación Servicio para el Agricultor (FUSAGRI)  
Institución: EDAFOFINCA, C.A.  
Dirección: Calle José Helimenas Barrios, Qta. ARECARL, N° 13-27, Sector Los Meregotos, Cagua, estado  
Aragua, zona postal 2122. Venezuela  
Correo electrónico: edafofinca@gmail.com

**Betsaida Ortega**

Técnico Superior Agrícola por la Universidad de los Andes (Venezuela)  
Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Maracay  
Dirección: Avenida Universidad, Recinto de la Universidad Central de Venezuela (UCV), Municipio Girardot, Maracay, estado Aragua, Venezuela. Zona Postal 2105  
Correo electrónico: betsaidacoromotoortegapulido@gmail.com

**Egli Castillo**

Magíster Scientiarum en Ciencia del Suelo por la Universidad Central de Venezuela  
Institución: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía  
Dirección: Avenida Universidad, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV), Municipio Girardot, Maracay, estado Aragua, Venezuela. Apartado Postal 4579. Zona Postal 2105  
Correo electrónico: castilloegli820@gmail.com

**Elizabeth Ramírez-Iglesias**

Doctora en Ciencias, Ecología por la Universidad Central de Venezuela  
Institución: Universidad Estatal Amazónica  
Dirección: Universidad Estatal Amazónica. El Puyo-Ecuador  
Correo electrónico: eliza2030@gmail.com

**Jesús Rodríguez**

Magíster Scientiarum en Ciencia del Suelo por la Universidad Central de Venezuela  
Institución: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía  
Dirección: Avenida Universidad, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV), Municipio Girardot, Maracay, estado Aragua, Venezuela. Apartado Postal 4579. Zona Postal 2105  
Correo electrónico: rodriguezj.jesus@gmail.com

**Marianela León**

Ingeniera Química por la Universidad de Carabobo (Venezuela)  
Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Yaracuy  
Dirección: km 3 Vía El Rodeo. Sector Las Canarias. Municipio Peña. Edo. Yaracuy, Venezuela  
Correo electrónico: marianela\_leon@hotmail.com

**Carmen Silva Sequera**

Técnico superior universitario en control de calidad por el Instituto de Tecnología Andrés Eloy Blanco. Barquisimeto. Edo. Lara. Venezuela  
Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Yaracuy  
Dirección: km 3 Vía El Rodeo. Sector Las Canarias. Municipio Peña. Edo. Yaracuy, Venezuela  
Correo electrónico: carmens186@hotmail.com

**María R. Tovar**

Doctora en Educación por la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centrales Rómulo Gallegos  
Institución: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centrales Rómulo Gallegos (UNERG). Centro de Investigación y Extensión en Suelos y Aguas (CIESA)  
Dirección: Vía El Castrero, San Juan de los Morros. 2301. Estado Guárico, Venezuela  
Correo electrónico: mariatovar\_70@hotmail.com

**Ayuramy Martínez**

Ingeniera Química por la Universidad de Carabobo (Venezuela)  
Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Guárico  
Dirección: Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas, INIA-Guárico. Carretera Nacional, Vía Apure. Km 27 Bancos de San Pedro, Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Código postal 2312  
Correo electrónico: ayuramy76@gmail.com

**Aura M. Reverón**

Ingeniera Agrónoma por la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ)

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Guárico

Dirección: Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas, INIA-Guárico. Carretera Nacional, Vía Apure. Km 27 Bancos de San Pedro, Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Código postal 2312  
Correo electrónico: revemer\_62@hotmail.com

**Florencio Gámez**

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Central de Venezuela

Institución: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía

Dirección: Avenida Universidad, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV), Municipio Girardot, Maracay, estado Aragua, Venezuela. Apartado Postal 4579. Zona Postal 2105  
Correo electrónico: florenciogamez@gmail.com

**RESUMEN**

Se compararon dos métodos (combustión húmeda y calcinación a 550 °C) para la determinación de la materia orgánica en materiales orgánicos. En el ensayo participaron nueve laboratorios, empleando cinco materiales orgánicos (tres composts y dos sustratos), analizados por cuadruplicado. La precisión se evaluó calculando la repetibilidad y la reproducibilidad, según 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 precisión evaluada a través de la repetibilidad y la reproducibilidad no resultó dependiente del nivel de materia orgánica. Los menores valores de repetibilidad y reproducibilidad obtenidos con el método de calcinación indican que esta modalidad analítica es más precisa. Se recomienda la aplicación del método de calcinación porque se basa en un procedimiento rápido, sencillo, no consume reactivos químicos y no genera desechos tóxicos para el ambiente y la salud.

**Palabras clave:** Compost, estudio interlaboratorio, carbono orgánico oxidable

**ABSTRACT**

Two methods (wet combustion and calcination at 550 °C) for the determination of organic matter in organic materials were compared. Nine laboratories participated in the assay, using five organic materials (three composts and two substrates), analyzed in quadruplicate. The precision was evaluated by calculating the repeatability and reproducibility, according to the COVENIN 2972-92 (ISO 5725-86) standard. No significant differences were found between methods, laboratories, or replicates, so it is assumed that the compared methods generate statistically equal results. The precision evaluated through repeatability and reproducibility was not dependent on the level of organic matter. The lower repeatability and reproducibility values obtained with the calcination method indicate that this analytical modality is more precise. The application of the calcination method is recommended because it is based on a fast, simple procedure, does not consume chemical reagents and does not generate toxic waste for the environment and health.

**Keywords:** Compost, interlaboratory study, oxidizable organic carbon

**1 INTRODUCCION**

La materia orgánica (MO) representa un componente edáfico fundamental, dado que influye sobre muchas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo (Diovisalvi et al., 2008). Es por ello que la adición de residuos orgánicos ha sido desde la antigüedad, una práctica exitosa para

mejorar y mantener la fertilidad de los suelos. Estos residuos pueden variar en su estado de descomposición, desde residuos frescos de plantas y animales, hasta el material con una composición estable, como el que se logra a través del proceso de compostaje. Uno de los parámetros más importantes para determinar la calidad de los composts y monitorear su proceso de obtención, es la relación C:N. Por eso es importante la utilización de metodologías de fácil implementación que determinen el carbono orgánico (CO) correctamente. Tradicionalmente, el método más usado para determinar el carbono orgánico del suelo, ha sido el de combustión húmeda (WB) (Walkley & Black, 1934). Esta modalidad analítica también se ha aplicado a muestras de residuos orgánicos y compost. El método de WB determina el C fácilmente oxidable. A pesar de ser una metodología rápida y poco costosa, utiliza grandes cantidades de ácido sulfúrico y los productos generados son cancerígenos y tóxicos (Abella & Zimmer, 2007; Eyherabide et al., 2014). Además del uso de reactivos peligrosos, la estimación final del C requiere de un factor de corrección que es variable, debido a que la oxidación de la MO es incompleta y difiere según el tipo de suelo (Nelson & Sommers, 1996). Martínez *et al.*, consideran que el método de combustión seca (CS), que convierte todo el carbono en CO<sub>2</sub> y luego es determinado por espectroscopia infrarroja (Pribyl, 2010), puede ser considerado como un método de referencia. Sin embargo, esta modalidad precisa de un equipo muy costoso, personal altamente capacitado y muestras finamente procesadas. Dada la importancia de estas determinaciones, es deseable el desarrollo de metodologías rápidas, sencillas y que no generen desechos tóxicos para el ambiente y la salud. El método de calcinación (MC) promete ser una alternativa que puede ser utilizado con bastante acierto y cumple con las condiciones señaladas. Sólo requiere de una balanza analítica y una mufla para ser aplicado y determina directamente la MO. El único requisito importante es utilizar un factor de conversión adecuado para obtener el carbono orgánico. A este respecto, Martínez *et al.*, (2017), utilizando setenta suelos molisoles de Argentina, compararon el método de calcinación a varias temperaturas con el de combustión seca, o analizador elemental, encontrando que la mejor temperatura (360, 430, 550 y 600) fue la de 550 °C y obtuvieron un factor de 2,2 para transformar la MO por calcinación en CO. Por otra parte, Iglesias-Jiménez y Pérez-García (1992), trabajando con compost de residuos urbanos encontraron que a pesar de la heterogeneidad de la materia orgánica de las muestras analizadas, el contenido de CO fue siempre alrededor de 54%, recomendando el método de calcinación y un factor de 1,8 para obtener el contenido de CO para este tipo de materiales. En Venezuela todos los laboratorios de suelos utilizan el método de combustión húmeda de WB, con el factor 1,724 para suelos y para los materiales orgánicos se está generalizando su uso, pero empleando el factor 1,8. Sin embargo, en los años recientes la crisis económica que atraviesa el país, también afecta los laboratorios y cada vez es más oneroso la aplicación de métodos que consumen

grandes cantidades de ácido, tanto por su escasez en el mercado como por su elevado costo. El objetivo del presente trabajo consistió en comparar los resultados obtenidos al aplicar el método de WB con el de calcinación al analizar diferentes tipos de materiales orgánicos.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

En la realización de los ensayos se utilizaron cinco materiales orgánicos, que corresponden a la siguiente denominación genérica: Compost combinado de humus de lombriz y materiales vegetales (Humus de lombriz 1), Humus de Lombriz 2, Sustrato Orgánico, Abono Orgánico y Sustrato de Caña Humificada. Las características de estos materiales se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los materiales orgánicos analizados en el estudio interlaboratorio.

Características	MATERIAL ORGÁNICO				
	Humus de Lombriz 1	Humus de Lombriz 2	Sustrato Orgánico	Abono Orgánico	Sustr. Caña Humificada
Material de Origen	Compost de Humus de lombriz y materiales vegetales: Estiércol de ganado, cachaza y bagazo de caña	Humus de lombriz elaborado con: estiércol de bovino, papel periódico, cartón y pulpa de café	Sustrato orgánico elaborado con cascarilla de arroz, humus de lombriz, aserrín de coco y cachaza	Compost de estiércol, hojarasca y materiales vegetales.	Subproducto del procesamiento de la caña de azúcar con tratamiento de humificación.
Aspecto	Heterogéneo	Heterogéneo	Heterogéneo	Heterogéneo	Heterogéneo
Color	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro
% Nitrógeno Total	ND	ND	ND	ND	0,55
Fósforo (% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3,65	4,20	2,24	2,75	1,81
Potasio (% K <sub>2</sub> O)	ND	ND	ND	ND	0,74
% Materia orgánica	15-16	31-32	46-47	41-42	15-16
% Humedad	5	8	10	12	30
Densidad (g.mL <sup>-1</sup> )	0,8582	0,7914	0,7110	0,9498	0,7658
Presencia de carbonatos.	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA

Las muestras fueron analizadas por dos métodos, cuyos procedimientos se describen brevemente a continuación:

**Método de combustión húmeda (Walkley y Black, 1934, modificado):** Pesar 0,05 g ± 0,005 g de cada una de las muestras (previamente molidas y secadas a 70 °C hasta obtención de peso constante) en un balón aforado de 50 mL, añadir 5 mL de solución de dicromato de potasio 1N, rotar suavemente el balón aforado para mezclar bien, agregar 10 mL de ácido sulfúrico concentrado 96%-98% p/p, y agitar durante 5 a 10 segundos. Agregar

un volumen de agua destilada cercano al aforo. Dejar en reposo 3 o 4 horas y enrasar a 50 mL con agua destilada, mezclar y dejar en reposo durante la noche. Al día siguiente trasvasar el sobrenadante transparente a las celdas y leer la absorbancia a la longitud de onda de 590 nm en espectrofotómetro UV-Visible. Para la determinación de los contenidos de carbono orgánico elaborar una curva de calibración mediante la preparación de patrones en balones de 50 mL que contengan 0,0000; 1,0876; 2,1753; 4,3506; 6,5259; 8,7012; 10,8765; 13,0518 y 17,4024 mg C; a

partir de una solución patrón de sacarosa o glucosa que contenga 2,1753 mg C/mL. Agregar a cada patrón 5 mL de dicromato de potasio 1N, 10 mL de ácido sulfúrico, aforar a 50 mL con agua destilada y seguir el mismo procedimiento aplicado a las muestras simultáneamente con las mismas. El porcentaje de materia orgánica en la muestra se calcula según la ecuación:

$$\% MO = \frac{(Lectura\ de\ absorbancia - Intercepto\ curva\ calibración) \times 1,3333 \times 1,8 \times 100}{(Pendiente\ curva\ calibración \times Pm \times 1000)}$$

Donde:

% MO = porcentaje de materia orgánica en la muestra.

Pm = Peso de muestra, (g)

1,3333 = Factor resultante de la consideración que la oxidación promedio del carbono por este método es del 75%

1,8 = Factor para convertir el contenido de carbono orgánico en materia orgánica en compost y otros materiales orgánicos (Iglesia-Jiménez y Pérez-García, 1992).

**Método de calcinación (Norma TMECC Method 05.07. 2001 y Norma Chilena, protocolos, Sadzawaka et al., 2005).** Pesar en un crisol 5 gramos (exactitud 0,0001 g) de muestra seca al aire, libre de inertes, molida y homogeneizada. Si la muestra contiene carbonatos, eliminarlos agregando HCl 0,05 mol/L hasta que cese el burbujeo. Secar en estufa a 70±5 °C hasta peso constante. Registrar el peso de muestra seca. Colocar en la mufla y lentamente subir la temperatura a 550 °C. Mantener la temperatura durante 2 h y luego lentamente disminuirla hasta alrededor de 200 °C. Colocar la muestra en el desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente. Pesar y registrar el peso con una exactitud de 0,0001 g. El contenido de materia orgánica, expresado en porcentaje en base seca a 70±5 °C, se calcula según la siguiente ecuación:

$$Materia\ orgánica\ (\%) = \frac{(a - b) \times 100}{a}$$

Donde:

a = peso, en g, de la muestra seca a 70±5°C, antes de la calcinación

b = peso, en g, de la muestra calcinada a 550°C

Los análisis fueron realizados por el personal técnico de nueve laboratorios adscritos a las siguientes instituciones: EDAFOFINCA, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Aragua, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Guárico, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Yaracuy; Universidad Central de Venezuela-Agronomía, Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos-Centro de Investigación y Extensión en Suelos y Aguas, Universidad Simón Rodríguez-IDECYT.

El ensayo se estableció como un muestreo irrestricto para factor de efecto fijo, incluyendo los nueve laboratorios, dos métodos y cinco materiales orgánicos. El método de combustión húmeda fue aplicado por todos los laboratorios participantes en la ronda experimental, resultando en este caso cuarenta y cinco (45) extracciones, las que repetidas cuatro veces dieron un total de ciento ochenta (180) análisis. El método de calcinación fue desarrollado por seis laboratorios, ya que tres de los nueve laboratorios no disponían de los equipos requeridos. En este último caso resultaron 30 análisis con cuatro repeticiones, que arrojaron un total de 120. En conjunto se realizaron 300 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. Se analizaron las diferencias obtenidas entre métodos y entre laboratorios. Para el análisis de correlación entre los métodos sólo se incluyeron los datos generados por los seis laboratorios que ejecutaron los dos procedimientos.

En el procesamiento estadístico se utilizó el programa Statistix para Windows, Versión 8 (Statistix 2003). La precisión del método se determinó aplicando la norma COVENIN 2972-92 (ISO 5725-86) (COVENIN, 1992), para evaluar los resultados en términos de repetibilidad ( $r$ ) y reproducibilidad ( $R$ ). La repetibilidad permitió 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. La reproducibilidad mide la variabilidad entre laboratorios, en ensayos realizados en condiciones ampliamente variables (laboratorios diferentes con operadores y equipos distintos).

### **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de los análisis de cinco materiales orgánicos realizados por nueve laboratorios, aplicando los métodos combustión húmeda y calcinación se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Contenido de materia orgánica (%)\* en cinco materiales orgánicos, analizados por nueve laboratorios, aplicando dos métodos.

LAB	MATERIAL ORGANICO									
	Humus Lomb. 1		Humus Lomb. 2		Sustr. Orgánico		Abono Orgánico		Sust Caña Hum.	
	COM HUM	CALCIN	COM HUM	CALCIN	COM HUM	CALCIN	COM HUM	CALCIN	COM HUM	CALCIN
1	16,48	18,80	31,80	31,15	45,26	42,22	41,74	42,90	18,74	15,08
2	15,71	20,01	32,38	32,99	ND	41,38	32,07	42,85	17,80	16,68
3	16,55	17,43	30,61	28,67	46,34	40,58	42,72	44,13	16,77	14,69
4	16,72	18,05	30,65	30,32	45,23	40,60	36,40	42,36	14,49	15,50
5	17,22	ND	32,28	ND	43,69	ND	42,50	ND	16,48	ND
6	17,18	20,17	30,67	30,96	43,74	41,99	38,86	43,84	17,28	17,56
7	16,74	ND	29,93	ND	42,14	ND	40,53	ND	14,56	ND
8	18,42	18,67	33,95	30,61	45,05	42,18	46,09	43,82	15,40	14,91
9	18,26	ND	33,26	ND	49,76	ND	49,50	ND	17,33	ND
<b>PROMEDIO</b>	<b>17,03</b>	<b>18,86</b>	<b>31,72</b>	<b>30,68</b>	<b>45,15</b>	<b>41,49</b>	<b>41,16</b>	<b>43,32</b>	<b>16,54</b>	<b>15,74</b>

\*Promedio de cuatro repeticiones. COM HUM = método de combustión húmeda; CALCIN = método de calcinación; ND = no determinado. Humus Lomb. = humus de lombriz.

La prueba de normalidad de Wilk-Shapiro aplicada al conjunto de 296 datos, arrojó un coeficiente de 0,8718, con una  $p = 0,0000$ . Es posible que la falta de normalidad de los datos se deba a que los cinco materiales representan realmente tres (3) niveles de materia orgánica 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 3.

Cuadro 3. Resultado del análisis de varianza al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis

Fuente de variación	Probabilidad	Interpretación
Método	0,9383	NS
Laboratorio	0,3541	NS
Material orgánico	0,0000	**
Réplica	0,9880	NS

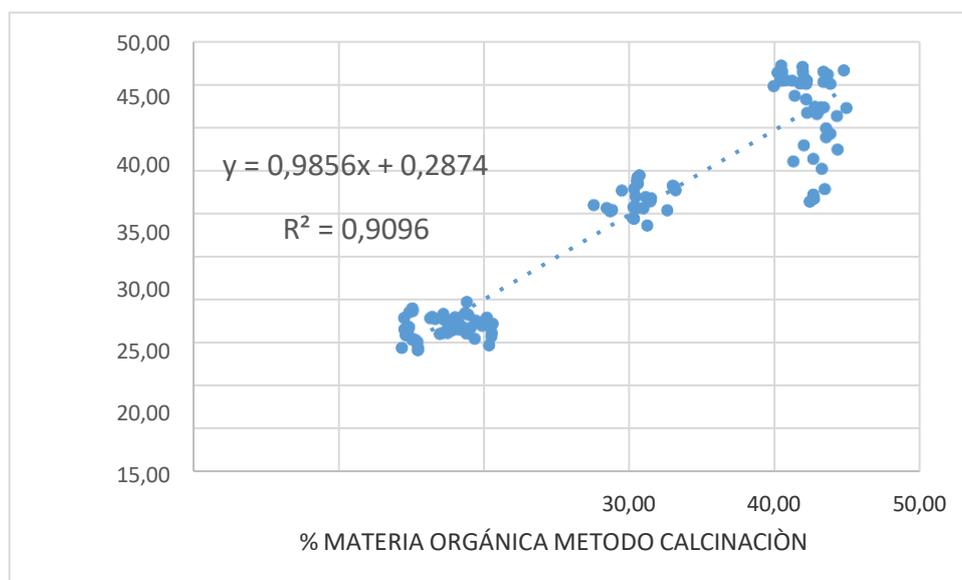
No se encontraron diferencias significativas entre métodos, lo cual quiere decir que los dos métodos bajo estudio generan resultados estadísticamente iguales. Esto es importante de enfatizar, ya que el objetivo de este trabajo es el de evaluar la posibilidad de sustituir el método de combustión húmeda por el método de calcinación y recomendarlo para todos los laboratorios nacionales que analizan fertilizantes y otros materiales orgánicos. 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 continúa trabajando con uniformidad

aceptable en sus destrezas analíticas. Las diferencias altamente significativas encontradas entre materiales, son obvias, y se deben a que las muestras analizadas corresponden a tres niveles de materia orgánica, como lo revela la comparación de medias de Kruskal-Wallis, la cual clasifica los materiales analizados en tres grupos: A, B y C. El Grupo A que comprende el sustrato orgánico



y abono orgánico con contenidos promedio de materia orgánica aproximados entre 41 y 45%; B, que incluye solamente el humus de lombriz 2 con niveles cerca de 32 % de materia orgánica y C, que incluye caña humificada y humus de lombriz 1, con valores promedio aproximados comprendidos entre 16 y 19 % de MO (Cuadro 2). 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 materia orgánica obtenidos por los métodos de combustión húmeda y calcinación



Para reforzar la interpretación señalada anteriormente, se agruparon los datos por niveles, resultando tres grupos (A, B y C). Se aplicó la prueba de Wilk-Shapiro, encontrándose normalidad en los grupos B y C, como se aprecia en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Resultado de la prueba de normalidad aplicada a los tres niveles de materia orgánica

Nivel promedio aproximado de materia orgánica (%)	Número de datos	Coefficiente de Wilk-Shapiro	Probabilidad	Interpretación
A (41-45)	116	0,9283	0,0000	No Significativo al 0,05
B (~32)	60	0,9765	0,2973	Significativo al 0,05
C (16-19)	120	0,9872	0,3187	Significativo al 0,05

Por otra parte, también se hizo la prueba de normalidad de Wilk Shapiro, para las dos series de 116 datos correspondientes a los métodos Combustión húmeda y Calcinación respectivamente realizados por seis de los nueve laboratorios, como se explicó en la sección de materiales y métodos. Los resultados aparecen en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Resultado de las pruebas de Normalidad de Wilk-Shapiro aplicada a los datos correspondientes a cada método.

METODO	NÚMERO DE DATOS	COEFICIENTE DE WILK-SHAPIRO	PROBABILIDAD
Combustión húmeda	116	0,8622	0,0000
Calcinación	116	0,8412	0,0000

Se admite 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 116 pares de datos, resultando un coeficiente de correlación de 0,9537 ( $P < 0,0000$ ). Por lo anteriormente expuesto se puede ratificar que los resultados de ambos métodos son equivalentes.

**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. En ambos métodos, no se encontró relación entre los valores de “r” y “R”, con los niveles de MO, por lo cual se calcularon los promedios de estos parámetros, como se aprecia en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Coeficientes de correlación de Pearson, probabilidad, significación y valores promedios de “r” y “R” para los métodos estudiados.

Parámetro	MÉTODO COMBUSTIÓN HÚMEDA				MÉTODO CALCINACIÓN			
	C. C <sup>1</sup> Pearson	p <sup>2</sup>	S <sup>3</sup>	Valor Promedio	C. C <sup>1</sup> Pearson	p <sup>2</sup>	S <sup>3</sup>	Valor Promedio
“r”	0,8279	0,0835	NS	2,63	0,6014	0,2834	NS	1,12
“R”	0,7395	0,1532	NS	6,93	0,7394	0,3752	NS	3,07

<sup>1</sup>Coficiente de correlación de Pearson, <sup>2</sup>Probabilidad, <sup>3</sup>Significancia. NS = no significativo.

Los menores valores de repetibilidad y reproducibilidad obtenidos con el método de calcinación, indican que esta modalidad analítica es más precisa.

#### 4 CONCLUSIÓN

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 de combustión húmeda por el método de calcinación y recomendarlo para todos los laboratorios nacionales que analizan fertilizantes y otros materiales orgánicos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre laboratorios. No se encontró relación entre los valores de “r” y “R”, con los niveles de MO. Sin embargo, los menores valores de repetibilidad y reproducibilidad obtenidos con el método de calcinación, indican que esta modalidad analítica es más precisa. Se recomienda la aplicación del método de calcinación porque se basa en un procedimiento rápido, sencillo, no consume reactivos químicos y no genera desechos tóxicos para el ambiente y la salud.

## REFERENCIAS

- Abella, SR & BW Zimmer. (2007). Estimating organic carbon from loss on-ignition in northern Arizona forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71 (2): 545-550.
- Diovisalvi, NV; GA Studdert; GF Domínguez & MJ Eiza. (2008). Fracciones de carbono y nitrógeno orgánicos y nitrógeno anaeróbico bajo agricultura continua con dos sistemas de labranza. *Ci. Suelo* 26(1): 1-11.
- Eyherabide, M; H Saínz Rozas; P Barbieri & HE Echeverría. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ci. Suelo* 32(1): 13-19.
- Iglesias-Jiménez, E. y Pérez-García, V. (1992). Relationships between Organic Carbon and Total Organic Matter in Municipal Solid Wastes and City Refuse Composts. *Bioresource Technology*, 41: 265-272.
- Martínez J.M.; M.E Duval, F.M. López; J. O. Iglesias y J. A. Galantini. (2017). Ajustes en la estimación de carbono orgánico por el método de calcinación en molisoles del sudoeste bonaerense. *Cienc Suelo (Argentina)* 35(1): 181-187.
- Ministerio de Fomento. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1992). Norma venezolana. 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. COVENIN 2972-92 (ISO-5725-86). 53p.
- Nelson, DW & LE Sommers. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: DL Sparks (ed). *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*. ASA y SSSA, Madison, Wi. Pp. 961-1010.
- Pribyl, DW. (2010). A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. *Geoderma* 156(3): 75-83.
- Sadzwaka R. A., M. A. Carrasco R., R. Grez Z. y M. L. Mora G. (2005). Métodos de análisis de Compost. Método 6.1. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Serie Actas N° 30, Santiago, Chile, pp 49-50
- Statistix (2003). STATISTIX for Windows version 8.0. User's Manual. Analytical Software. Tallahassee, FL, USA.
- TMECC Method 05.07. 2001. (2001). Organic matter. In: The United States Composting Council. Test Methods for the Examination of Composting and Compost, N.Y., USA.
- Walkley, A.; I. 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: 29-38.