



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

Procedimiento operativo estándar para la determinación de carbono total del suelo

Método de combustión seca Dumas



GLOSOLAN

RED GLOBAL DE LABORATORIO DE SUELO



Red mundial de laboratorios de suelos GLOSOLAN	GLOSOLAN-SOP-03	
CARBONO TOTAL DEL SUELO Método de combustión seca Dumas	Número de versión: 2	Página 1 de 10
	Fecha de vigencia: 28 de octubre de 2019	

CARBONO TOTAL DEL SUELO

Método de combustión seca Dumas

HISTORIAL DE VERSIONES

N°	Fecha	Descripción de la modificación	Tipo de modificación
01	30 Julio 2019	Finalización de la versión borrador	Compilación de todos los aportes recibidos por la RESOLANs
02	28 Octubre 2019	Versión final de la SOP en el 3.º encuentro GLOSOLAN	Revisión de las etapas de la SOP, discusión final y acuerdo.
03			
04			
05			

Modificado por	Revisión	Fecha de aprobación	Fecha validada
GLOSOLAN SOP Tech. W.G. Líderes: F. Bertsch, Costa Rica, y M. Ostinelli, Argentina	Tercera Reunión GLOSOLAN	Tercera Reunión GLOSOLAN	27 Octubre 2019

Red mundial de laboratorios de suelos GLOSOLAN	GLOSOLAN-SOP-03	
CARBONO TOTAL DEL SUELO Método de combustión seca Dumas	Número de versión: 2	Página 2 de 10
	Fecha de vigencia: 28 de octubre de 2019	

Índice

1. Breve introducción al carbono total.....	3
2. Alcance y ámbito de aplicación.....	3
3. Principio	3
4. Aparatos.....	4
5. Materiales	4
6. Salud y seguridad.....	4
7. Preparación de muestras	4
8. Procedimiento.....	5
8.1. Calibración de los aparatos.....	5
8.2. Determinación del contenido de CT.....	5
9. Cálculos.....	5
10. Aseguramiento de la calidad/control de calidad	5
10.1. Test de precisión.....	5
10.2. Test de exactitud.....	6
10.3. Carta de control	7
11. Documentos de referencia	7
12. Apéndice I—Agradecimientos.....	8
13. Apéndice II—Lista de autores	8
14. Apéndice III—Laboratorios colaboradores.....	8

Modificado por	Revisión	Fecha de aprobación	Fecha validada
GLOSOLAN SOP Tech. W.G. Líderes: F. Bertsch, Costa Rica, y M. Ostinelli, Argentina	Tercera Reunión GLOSOLAN	Tercera Reunión GLOSOLAN	27 Octubre 2019

Red mundial de laboratorios de suelos GLOSOLAN	GLOSOLAN-SOP-03	
CARBONO TOTAL DEL SUELO Método de combustión seca Dumas	Número de versión: 2	Página 3 de 10
	Fecha de vigencia: 28 de octubre de 2019	

1. Breve introducción al carbono total

El análisis y la cuantificación del carbono total del suelo (CT) es necesario para estimar el contenido de materia orgánica del suelo, la cual es un parámetro útil cuando se evalúa la productividad de un sistema natural. La cuantificación de CT puede ser utilizada para monitorear la reserva de carbono del suelo (C) y para evaluar el rol y la efectividad del secuestro de C para mitigar el cambio climático.

Se utilizan varios métodos para cuantificar el C del suelo. El método de combustión seca Dumas determina el carbono total, el cual representa todas las formas químicas de C en el suelo. Otros métodos pueden ser utilizados para cuantificar las variadas formas de carbono. Por ejemplo, el método Walkley & Black determina el carbono orgánico oxidable.

Para el análisis de CT por combustión seca se utiliza un analizador químico automático, comúnmente conocido como autoanalizador. Las ventajas del uso de un autoanalizador son el aumento de la exactitud y su versatilidad. Un autoanalizador puede ser utilizado para cuantificar carbono, nitrógeno y azufre. Las desventajas del uso del autoanalizador son el costo inicial del equipo, los costos de mantenimiento y operativos, y el número reducido de laboratorios que utilizan un autoanalizador en todo el mundo.

Deben considerarse cuidados adicionales durante la preparación de la muestra si se cuantifica el CT por el método de combustión seca Dumas. Se utiliza una muestra muy pequeña, por lo que se requiere que las muestras estén bien homogeneizadas.

2. Alcance y ámbito de aplicación

Este procedimiento operativo estándar (SOP) describe, en líneas generales, la cuantificación del contenido de CT en muestras de suelo mediante un autoanalizador. El procedimiento determina tanto el C orgánico como el C inorgánico. Para cuantificar solo la fracción de C orgánico, la fracción de C inorgánico debe ser removida o cuantificada antes del análisis con el autoanalizador. Alternativamente, el C inorgánico puede ser cuantificado de forma separada y luego sustraído del valor de CT.

3. Principio

Este método está basado en el principio de combustión seca Dumas. La muestra es quemada a elevada temperatura (entre 900 y 1000 °C o 1400 y 1600 °C) en una atmósfera de oxígeno puro. Bajo estas condiciones, todos los compuestos de contienen C son descompuestos completamente y convertidos a óxidos de carbono (principalmente dióxido de carbono). El autoanalizador mide e informa el valor de CT basado en la concentración de óxidos de carbono presentes utilizando varios procedimientos (por ejemplo un detector de gas C y una diferencia térmica entre columnas de gas).

Modificado por	Revisión	Fecha de aprobación	Fecha validada
GLOSOLAN SOP Tech. W.G. Líderes: F. Bertsch, Costa Rica, y M. Ostinelli, Argentina	Tercera Reunión GLOSOLAN	Tercera Reunión GLOSOLAN	27 Octubre 2019

Red mundial de laboratorios de suelos GLOSOLAN	GLOSOLAN-SOP-03	
CARBONO TOTAL DEL SUELO Método de combustión seca Dumas	Número de versión: 2	Página 4 de 10
	Fecha de vigencia: 28 de octubre de 2019	

4. Aparatos

1. Autoanalizador para C, con todos los accesorios y consumibles específicos, incluyendo el sistema de detección apropiado.

El equipo también podría analizar N y S, dependiendo del fabricante y modelo.

2. Balanza analítica, ± 0.0001 g, para pesar muestras y materiales de referencia.
3. Sistema de molienda que se adapte al requerimiento del fabricante del equipo.
4. Conjunto de crisoles (si es necesario), dependiendo del tamaño de la muestra usado por el autoanalizador.

5. Materiales

1. Material de Referencia Certificado (MRC) con un contenido de C conocido para calibrar el autoanalizador. El MRC podría variar dependiendo del fabricante del equipo. Ácido aspártico, EDTA, acetanilida o muestras de suelo con un contenido de CT certificado podrían ser utilizadas.
2. Oxígeno gaseoso (O_2), junto con gases de referencia o portadores (He, por ejemplo), de muy alta pureza (mayor que 99.99%).
3. Consumibles específicos para el autoanalizador.

6. Salud y seguridad

Esta SOP no implica el uso directo de reactivos químicos peligrosos, pero son necesarias precauciones de seguridad apropiadas. Los residuos de catalizador son tóxicos y deberían ser eliminados adecuadamente. Guantes, ropa de laboratorio y protección ocular deben emplearse cuando se manipulan muestras y reactivos. Cuando se utiliza un reactivo especial (por ejemplo un material de referencia para el control del equipo) consultar la hoja de datos de seguridad (MSDS) y realizar una evaluación del riesgo. Tomar las precauciones necesarias cuando se manipulan gases comprimidos y equipos a elevada temperatura. Seguir las recomendaciones de seguridad del fabricante cuando se opera el autoanalizador.

7. Preparación de muestras

Seguir las instrucciones de preparación de muestras provistas por el fabricante para el uso del autoanalizador. Es probable que una porción representativa de la muestra de suelo que fue previamente tratada (seca y tamizada a 2 mm) deba ser porfirizada (a una molienda más fina y homogénea) hasta que la fracción entera pase a través de un tamiz de tamaño inferior. Típicamente, una submuestra representativa se toma de muestra completa y se muele a un tamaño de malla suficientemente fino. Asegurar que el equipo de molienda y tamizado no introducen contaminación a las muestras.

Modificado por	Revisión	Fecha de aprobación	Fecha validada
GLOSOLAN SOP Tech. W.G. Líderes: F. Bertsch, Costa Rica, y M. Ostinelli, Argentina	Tercera Reunión GLOSOLAN	Tercera Reunión GLOSOLAN	27 Octubre 2019

Red mundial de laboratorios de suelos GLOSOLAN	GLOSOLAN-SOP-03	
CARBONO TOTAL DEL SUELO Método de combustión seca Dumas	Número de versión: 2	Página 5 de 10
	Fecha de vigencia: 28 de octubre de 2019	

8. Procedimiento

8.1. Calibración de los aparatos

Calibrar el equipo como se describe en el manual de instrucciones del autoanalizador. Usar un MRC provisto o recomendado por el fabricante (suelo, acetanilida, carbonato de calcio, EDTA, glucosa anhidra, etc.). El MRC debería cubrir el rango de CT encontrado típicamente en las muestras a analizar. Conservar todos los MRC como lo indica la etiqueta del fabricante.

Deben analizarse réplicas de blancos para determinar la línea de base de acuerdo al procedimiento específico del equipo.

8.2. Determinación del contenido de CT

Analizar las muestras de acuerdo a las recomendaciones del fabricante para análisis de suelo, debido a que el procedimiento varía entre fabricantes.

La masa de muestra pesada depende del CT en la muestra y del rango lineal del autoanalizador.

Para controlar el funcionamiento del autoanalizador deben incorporarse MRC, muestras de control y blancos a intervalos regulares en cada grupo de análisis. El número y frecuencia de muestras de control depende del método utilizado y de la estabilidad de la calibración del autoanalizador.

9. Cálculos

Informar el CT utilizando el Sistema Internacional de Unidades como: **gramos of C (g) por kilogramo (kg) de suelo, g/kg.**

Los resultados deberían informarse en base a suelo seco en estufa.

El número de decimales informados debe cumplir con las reglas convencionales de mantener 3 números:

- Valores mayores a 100, no informar decimales;
- Valores entre 10 y 100, informar 1 decimal (0.1); y
- Valores menores a 10, informar 2 decimales (0.01).

10. Aseguramiento de la calidad/control de calidad

10.1. Test de precisión

- El 5 % de las muestras en una línea de ensayo deben ser replicadas para garantizar al menos un duplicado de muestra si el grupo es pequeño.

Modificado por	Revisión	Fecha de aprobación	Fecha validada
GLOSOLAN SOP Tech. W.G. Líderes: F. Bertsch, Costa Rica, y M. Ostinelli, Argentina	Tercera Reunión GLOSOLAN	Tercera Reunión GLOSOLAN	27 Octubre 2019

Red mundial de laboratorios de suelos GLOSOLAN	GLOSOLAN-SOP-03	
CARBONO TOTAL DEL SUELO Método de combustión seca Dumas	Número de versión: 2	Página 6 de 10
	Fecha de vigencia: 28 de octubre de 2019	

- Calcular la desviación estándar relativa porcentual (DER%) para determinar la precisión.

$$DER\% = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

Dónde: s = desviación estándar del resultado duplicado
 \bar{x} = valor medio

- Comparar el resultado con la precisión especificada previamente.

Los requerimientos de aceptación para el ensayo de precisión deben definirse por el equipo utilizado, las condiciones ambientales, y otros factores de ensayo y por las especificaciones o requerimientos para el uso de la información según criterios agronómicos.

Si el ensayo de precisión falla, las causas de la falla deben ser identificadas y deben desarrollarse acciones correctivas o preventivas.

10.2. Test de exactitud

10.2.1. Test de recuperación

- Realizar análisis triplicado de un Material de Referencia Certificado de la matriz analizada (suelo) (MRFs) o un Material de Referencia Interno (MRI), de acuerdo a lo dispuesto en la presente SOP.

Nota: Para evaluar el funcionamiento del equipo, este procedimiento debería ser replicado con diferentes niveles de CT. Diferentes niveles pueden seleccionarse usando MRC con concentraciones diferentes de CT o simplemente pesando diferentes masas del mismo MRC.

- Calcular el porcentaje de recuperación basado en la siguiente ecuación:

$$\%Recuperación = \frac{\text{media del valor verdadero}}{\text{valor verdadero}} \times 100$$

- Comparar el resultado con el objetivo de recuperación (%), el cual es predefinido para el rango usual de trabajo.

El objetivo de recuperación debe ser definido para el rango usual de trabajo. La definición debería considerar las condiciones de trabajo (por ejemplo las características del equipo utilizado y las condiciones ambientales). También debería considerar las especificaciones o requisitos para el uso dado a la información y de acuerdo a criterios agronómicos. La recuperación también puede considerarse aceptable si está dentro del 95% del intervalo de confianza informado para el valor objetivo del MRC.

Modificado por	Revisión	Fecha de aprobación	Fecha validada
GLOSOLAN SOP Tech. W.G. Líderes: F. Bertsch, Costa Rica, y M. Ostinelli, Argentina	Tercera Reunión GLOSOLAN	Tercera Reunión GLOSOLAN	27 Octubre 2019

Red mundial de laboratorios de suelos GLOSOLAN	GLOSOLAN-SOP-03	
CARBONO TOTAL DEL SUELO Método de combustión seca Dumas	Número de versión: 2	Página 7 de 10
	Fecha de vigencia: 28 de octubre de 2019	

Si el test de recuperación falla, las causas de la falla deben ser identificadas y deben desarrollarse acciones correctivas o preventivas.

10.2.2. Comparación interlaboratorio

El laboratorio debe participar, al menos una vez al año, en un ensayo de aptitud interlaboratorio.

Si el resultado obtenido es cuestionable o no satisfactorio, es necesario realizar una evaluación, identificar las causas del problema y desarrollar acciones correctivas y preventivas.

10.3. Carta de control

- Realizar el análisis replicado de una muestra control o un MRI en un conjunto de muestras.
- Graficar el resultado en una carta de control.
- Controlar los resultados.

Si los resultados están por fuera de los límites especificados (o tienden a estarlo), debe realizarse una evaluación. Las causas del no cumplimiento deben identificarse y deben desarrollarse acciones correctivas y preventivas.

11. Documentos de referencia

Eurachem. 2014. *The fitness for purpose of analytical methods. A laboratory guide to method validation and related topics.* Second Edition

Karla, Y.P. 1998. *Handbook of reference methods for plant analysis.* CRC Press.

Leco Corporation. 2004. *Leco Truspec CN Determinator instruction manual*

Nelson, D.W. & Sommers, L.E. 1996. *Total carbon, organic carbon and organic matter.* In D.L. Sparks (Ed.), *Soil Science Society of America, book series 5. Methods of soil analysis, Part 3, Chemical methods.* Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America, Inc.

Modificado por	Revisión	Fecha de aprobación	Fecha validada
GLOSOLAN SOP Tech. W.G. Líderes: F. Bertsch, Costa Rica, y M. Ostinelli, Argentina	Tercera Reunión GLOSOLAN	Tercera Reunión GLOSOLAN	27 Octubre 2019

Red mundial de laboratorios de suelos GLOSOLAN	GLOSOLAN-SOP-03	
CARBONO TOTAL DEL SUELO Método de combustión seca Dumas	Número de versión: 2	Página 8 de 10
	Fecha de vigencia: 28 de octubre de 2019	

12. Apéndice I—Agradecimientos

GLOSOLAN agradece a la red latinoamericana de laboratorios de suelo (LATSOLAN); a la Sra. Floria Bertsch, directora de LATSOLAN; y a la Sra. Miriam Ostinelli por preparar la primera versión de esta SOP. GLOSOLAN también agradece a los participantes del 3.º encuentro GLOSOLAN (28-30 Octubre 2019) por la revisión de esta SOP.

GLOSOLAN agradece a los siguientes colaboradores por apoyar en la traducción del documento:

- Dr. Nanci Kloster, Laboratorio de Suelo y Agua (EEA Anguil – RILSAV), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Anguil, La Pampa, **Argentina**

13. Apéndice II—Lista de autores

Autores principales (en orden alfabético):

- Mr. Rob De Hayr, Department of Environment and Science, Science Division, Chemistry Centre, **Australia**
- Mr. Chris Lee, Kellogg Soil Survey Laboratory, **United States of America**
- Ms. Floria Bertsch, CIA-UCR, **Costa Rica**
- Ms. Miriam Ostinelli, Laboratorio de Suelos CIRN-CNIA-INTA, **Argentina**
- Ms. Nopmanee Suvannang, GLOSOLAN Chair, **Thailand**

14. Apéndice III—Laboratorios colaboradores

GLOSOLAN agradece a los siguientes laboratorios por completar el formulario GLOSOLAN sobre el método y brindar información sobre sus procedimientos operativos estándar para el método de combustión seca Dumas. Esta información fue utilizada como línea de base para la armonización global.

Desde la región Asiática:

- Bureau of Soils and Water Management Laboratory Services Division, **Philippines**
- Charles Renard Analytical Laboratory, **India**
- DA Regional Field Office 3-ILD-Regional Soils Laboratory, **Philippines**
- DOA, **Malaysia**
- Fauji Fertilizer Company's Soil Testing Labs, **Pakistan**
- Horticultural Crops Research and Development Institute, Department of Agriculture, **Sri Lanka**
- ICAR-IISS, Bhopal, **India**
- NIAES, NARO, **Japan**
- Office of Science for Land Development, Land Development Department, **Thailand**
- Soil and Plant Analysis Laboratory, **Myanmar**
- Soil Lab, ISRI, **Indonesia**
- SRDI, **Bangladesh**

Modificado por	Revisión	Fecha de aprobación	Fecha validada
GLOSOLAN SOP Tech. W.G. Líderes: F. Bertsch, Costa Rica, y M. Ostinelli, Argentina	Tercera Reunión GLOSOLAN	Tercera Reunión GLOSOLAN	27 Octubre 2019

Red mundial de laboratorios de suelos GLOSOLAN	GLOSOLAN-SOP-03	
CARBONO TOTAL DEL SUELO Método de combustión seca Dumas	Número de versión: 2	Página 9 de 10
	Fecha de vigencia: 28 de octubre de 2019	

Desde la región Pacífico:

- Office of Environment and Heritage, Soil Health & Archive, **Australia**
- The University of the South Pacific, Alafua Campus, **Samoa**

Desde la región este y norte de África:

- Ninguno

Desde la región África:

- Department of Agricultural Research, **Lesotho**
- Farming & Engineering Services (FES), **Malawi**
- IRD, **Senegal**
- Laboratoire d'Analyse des Sols et des Végétaux – LSV, **Togo**
- Laboratoire des Radioisotopes, **Madagascar**
- Laboratorio regional de analise de solos e plantas, **Mozambique**
- LASEVE, **Niger**
- LASPEE of IRAD, **Cameroon**
- National laboratory for diagnosis and quality control of agricultural products and inputs, **Cameroon**
- Soil Research Institute Analytical Services Laboratory, **Ghana**
- TARI Mlingano LAB, **Tanzania**
- Zimbabwe Sugar Association Experiment Station, **Zimbabwe**

Desde la región Europea:

- Aarhus University, AGRO University laboratory, **Denmark**
- AGES - Institute for Sustainable Plant Production, Department for Soil Health and Plant Nutrition, **Austria**
- Agricultural Institute of Slovenia, **Slovenia**
- Andrija Stampar Teaching Institute of Public Health, **Croatia**
- BRGM, **France**
- Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem, **Netherlands**
- Environmental Research Laboratory, **United Kingdom**
- Federal agency for water management (BAW), Institute for land and water management research (IKT), **Austria**
- Institute of Soil Research, **Austria**
- Instituto Politécnico de Castelo Branco/Escola Superior Agrária, **Portugal**
- Instituto Superior de Agronomia (ISA_PT), **Portugal**
- IRD, **France**
- Laboratory of Biogeochemistry and Environmental Protection, University of Warsaw, Biological and Chemical Research Centre, **Poland**

Modificado por	Revisión	Fecha de aprobación	Fecha validada
GLOSOLAN SOP Tech. W.G. Líderes: F. Bertsch, Costa Rica, y M. Ostinelli, Argentina	Tercera Reunión GLOSOLAN	Tercera Reunión GLOSOLAN	27 Octubre 2019

Red mundial de laboratorios de suelos GLOSOLAN	GLOSOLAN-SOP-03	
CARBONO TOTAL DEL SUELO Método de combustión seca Dumas	Número de versión: 2	Página 10 de 10
	Fecha de vigencia: 28 de octubre de 2019	

- LSFRI Silava, **Latvia**
- Rothamsted Research, **United Kingdom**
- UKZUZ, **Czech Republic**
- Universidade de Évora, **Portugal**
- University of Zagreb Faculty of Agriculture, **Croatia**
- University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of General Agronomy, **Croatia**
- VITO, **Belgium**

Desde la región Eurasia:

- Institute of Biology of Komi Scientific Center of the Ural Branch, **Russian Federation**
- Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University, **Russian Federation**

Desde América Latina:

- Colegio de Postgraduados, **Mexico**
- ECOSUR, **Mexico**
- Embrapa, **Brazil**
- INTA - Inst. de Suelos. Laboratory – LabIS, **Argentina**
- Laboratorio de Suelos UCTB Camagüey, **Cuba**
- Laboratorio de Suelos y Aguas de la Dirección General de Recursos Naturales - Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (DGRN-MGAP), **Uruguay**
- Soil Health, Plant Tissue and Water Laboratory, **Jamaica**
- Universidad de Concepción Facultad de Agronomía departamento de Suelos, Laboratorio Químico de Suelos y Plantas, **Chile**

Desde Norte América:

- KSSL, **United States**

Modificado por	Revisión	Fecha de aprobación	Fecha validada
GLOSOLAN SOP Tech. W.G. Líderes: F. Bertsch, Costa Rica, y M. Ostinelli, Argentina	Tercera Reunión GLOSOLAN	Tercera Reunión GLOSOLAN	27 Octubre 2019



**ALIANZA MUNDIAL
POR EL SUELO**

La Alianza Mundial por el Suelo (AMS) se estableció en 2012 como un mecanismo reconocido mundialmente para posicionar los suelos en la Agenda Global a través de la acción colectiva. Nuestros objetivos clave son promover la Gestión Sostenible del Suelo (GSS) y mejorar la gobernanza del suelo para garantizar suelos saludables y productivos y apoyar la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para la seguridad alimentaria y la mejora en la nutrición, la adaptación y mitigación del cambio climático y el desarrollo sostenible.

GLOSOLAN RED GLOBAL DE LABORATORIOS DE SUELOS

GLOSOLAN es una Red Global de Laboratorios de Suelos cuyos objetivos son armonizar métodos y datos de análisis de suelos para que la información de suelos sea comparable y se pueda interpretar a través de laboratorios, países y regiones. Fundada en 2017, facilita las redes de trabajo y el desarrollo de capacidades a través de la cooperación e información compartida entre laboratorios de suelos con diferentes niveles de experiencia. La unión a GLOSOLAN es una oportunidad única para invertir en datos de calidad de laboratorios de suelos para garantizar sustentabilidad y seguridad alimentaria.

Gracias al apoyo financiero de



PHOSAGRO®



Algunos derechos reservados. Este obra está bajo una licencia de CC BY-NC-SA 3.0 IGO