

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE CALCINACIÓN EN LA
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LA MATERIA
ORGÁNICA DEL SUELO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

SUMIRY YULEYSI AGUILAR SILVA.

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

LIMA - PERÚ

2019

**La UNALM es el titular de los derechos patrimoniales de la presente
investigación (Art. 24 reglamento de Propiedad intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE CALCINACIÓN EN
LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LA
MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO”**

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentada por:

SUMIRY YULEYSI AGUILAR SILVA

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Jorge Eduardo Jiménez Dávalos
PRESIDENTE

.....
Ing. Mg. Sc. Braulio La Torre Martínez
ASESOR

.....
Ing. Carlos Julián Mestanza Novoa
CO-ASESOR

.....
Ing. Mg. Sc. Luis Rodrigo Tomassini Vidal
MIEMBRO

.....
Dr. Sady Javier García Bendezú
MIEMBRO

Perú, 2019

DEDICATORIA

A mis padres Gloria Silva y Edwin Aguilar por el amor y apoyo incondicional que me brindan día a día, sin ellos este logro no hubiese sido posible, “los amo”.

A mis hermanos Jhenry, Mayumy, Anthonny y Lilibeth que día a día me alientan y guían a ser una mejor persona.

A mis sobrinos Damaris, Andrei, Ibrahim y Luana que son mi motor y motivo en las cosas que realizó.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme acompañado, guiado y cuidado a lo largo de mi carrera y vida.

Al Ing. Braulio La Torre Martínez por haberme brindado su apoyo y confianza para que se lleve a cabo este trabajo.

Al Ing. Carlos Julián Mestanza Novoa por su dedicación, tiempo, paciencia y apoyo durante todo este proceso, y por impulsarme a ser mejor investigadora cada día.

Al Dr. Sady García jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM (LASPAF), por darme acceso a las muestras utilizadas en este proyecto.

Al Sr. Mario, trabajador del Laboratorio de Fertilidad del Suelo “Sven Villagarcía Hermosa” por su colaboración durante toda la parte experimental del proyecto.

Al Ing. Pedro Pablo Gutiérrez por su ayuda brindada en la corrección de diapositivas.

A mí siempre amigo Erick Edinson Dionisio Flores por el apoyo incondicional en la realización de este trabajo, y por todos los consejos y enseñanzas dadas.

A mis compañeros y amigos Claudia Celina Ramos Dionisio, Cesar Padilla Castro, Giorgio De La Cruz, por el apoyo y compañía en el laboratorio de Fertilidad del Suelo “Sven Villagarcía Hermosa”.

A mis colegas y amigos Sharon Tadey Tupac, Andrea Torres Córdova, Verónica Bermudo Camargo, Gean Carlos Ciprian Salcedo y Mario Luna por estar en un momento tan importante en mi vida y darme palabras de aliento constantemente.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN LITERARIA	3
2.1.	Materia orgánica.....	3
2.2.	Componentes de la materia orgánica.....	3
2.2.1.	Componentes químicos	3
2.2.2.	Componentes atendiendo a la solubilidad y densidad	4
2.3.	Fuentes y formas de carbono en el suelo y sedimentos	5
2.3.1.	Formas elementales de carbón	5
2.5.	Métodos de análisis de la materia orgánica	7
2.5.1.	Métodos físicos.....	7
2.6.	Limitaciones del método de calcinación.....	11
2.7.	Calibración	12
2.8.	Validación.....	12
III.	METODOLOGÍA Y MATERIALES	14
3.1.	Ubicación	14
3.2.	Descripción de muestras.....	14
3.3.	Descripción de tratamientos.....	16
3.4.	Materiales	17
3.5.	Equipos.....	17
3.6.	Reactivos	17
3.7.	Métodos de análisis físico-químicos	17
3.7.1.	Contenido de humedad	17
3.7.2.	Contenido de materia orgánica por el método de oxidación húmeda (Walkley y Black modificado).....	17
3.7.3.	Contenido de materia orgánica por el método de calcinación	18

3.8.	Análisis estadístico	18
3.8.1.	Prueba de Wilcoxon.....	18
3.8.2.	Estimación de regresión	19
3.8.3.	Prueba de validación cruzada.....	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	21
4.1.	Resultados de la comparación de medias con la prueba de Wilcoxon	21
4.2.	Modelo de regresión lineal	24
V.	CONCLUSIONES	31
VI.	RECOMENDACIONES	32
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
VIII.	ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 . Estabilidad térmica de carbonatos.....	12
Tabla 2. Descripción de muestras por regiones.....	15
Tabla 3. Clasificación de suelos de acuerdo al contenido de carbonatos.....	16
Tabla 4. Clasificación de suelos de acuerdo al contenido de materia orgánica.....	16
Tabla 5. Descripción de tratamientos.....	16
Tabla 6. Prueba de Wilcoxon entre la materia orgánica obtenida por oxidación húmeda y calcinación.....	21
Tabla 7. Prueba de Wilcoxon a la temperatura de 300 °C.	22
Tabla 8. Prueba de Wilcoxon a la temperatura de 400 °C.	22
Tabla 9. Prueba de Wilcoxon a la temperatura de 500 °C.	23
Tabla 10. Prueba de Wilcoxon a la temperatura de 600 °C.	23
Tabla 11. Prueba de Wilcoxon a la temperatura de 700°C.	24
Tabla 12. Valores de validación de ecuaciones.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización del sitio experimental.	14
Figura 2. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y por calcinación de todos los tratamientos(LOI). $WyB = 0.970 - 0.045CaCO_3 + 0.56LOI$..	25
Figura 3. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y MO hallado por calcinación (LOI) a 300°C. $WyB = 0.940 + 0.001CaCO_3 + 0.79LOI$	26
Figura 4. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y MO hallado por calcinación (LOI) a 400°C. $WyB = 0.317 - 0.001CaCO_3 + 0.73LOI$	27
Figura 5. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y MO hallado por calcinación (LOI) a 500 °C. $WyB = -0.328 - 0.01CaCO_3 + 0.68LOI$	28
Figura 6. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y MO hallado por calcinación (LOI) a 600°C. $WyB = -0.056 - 0.092CaCO_3 + 0.62LOI$	29
Figura 7. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y MO hallado por calcinación (LOI) a 700°C. $WyB = 0.031 - 0.244CaCO_3 + 0.584LOI$	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de valores de validación de ecuaciones con todas las muestras evaluadas	40
Anexo 2. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos	41
Anexo 3. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	42
Anexo 4. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	43
Anexo 5. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	44
Anexo 6. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	45
Anexo 7. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	45
Anexo 8. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	47
Anexo 9. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	48
Anexo 10. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	49
Anexo 11. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	50
Anexo 12. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	51
Anexo 13. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	52
Anexo 14. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	53
Anexo 15. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	54
Anexo 16. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	55
Anexo 17. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	56
Anexo 18. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	57
Anexo 19. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	58
Anexo 20. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	59
Anexo 21. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	60
Anexo 22. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	61
Anexo 23. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	62
Anexo 24. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	63
Anexo 25. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	64
Anexo 26. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	65
Anexo 27. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	66
Anexo 28. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	67
Anexo 29. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	68
Anexo 30. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	69
Anexo 31. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	70

Anexo 32. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.	71
Anexo 33. Tabla de diferencias de materia orgánica obtenidas por el método de calcinación a temperatura de 300°C y oxidación húmeda.	72
Anexo 34. Tabla de diferencias de materia orgánica obtenidas por el método de calcinación a temperatura de 400 °C y oxidación húmeda.	73
Anexo 35. Tabla de diferencias de materia orgánica obtenidas por el método de calcinación a temperatura de 500 °C y oxidación húmeda.	74
Anexo 36. Tabla de diferencias de materia orgánica obtenidas por el método de calcinación a temperatura de 600°C y oxidación húmeda.	75
Anexo 37. Tabla de diferencias de materia orgánica obtenidas por el método de calcinación a temperatura de 700°C y oxidación húmeda.	76
Anexo 38. Crisoles con las muestras de suelos analizados.	77
Anexo 39. Crisoles en el desecador después de haber sido sacado de estufa.....	77

RESUMEN

La materia orgánica del suelo (MOS) es considerada como uno de los principales indicadores de calidad de suelo, por su efecto en las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo, por lo que es necesario determinarlo con suficiente exactitud. El método de calcinación o la pérdida por ignición se ha propuesto como un método rápido, económico y preciso para estimar materia orgánica del suelo. Se recolectó muestras de suelo de diferentes regiones del Perú con diferentes contenidos de materia orgánica y carbonatos para desarrollar ecuaciones de regresión entre calcinación y oxidación húmeda. Se probó cinco temperaturas diferentes de calcinación que se encuentra entre 300°C a 700 °C por 2h, previamente se sometió a un secado a 105°C por 24 h antes de ser sometidas a las temperaturas de calcinación respectiva se puso a 150 °C por 2 h para poder estabilizar el quemador (mufla). La correlación entre materia orgánica hallada por calcinación y oxidación húmeda encontrada fue positiva. La diferencia de medias de materia orgánica hallada por calcinación y oxidación húmeda tiende a 0 a una temperatura de 300 °C con P-valor de 0.56 ($\alpha=0.05$ por ciento). En las ecuaciones obtenidas la que se ajusta mejores aquella donde las muestras de suelo fueron sometidas a una temperatura de 400 °C (R^2 ajustado = 0.92) con grado de significancia 0.05 por ciento. Los resultados sugieren que el método de calcinación puede ser útil para estimar aproximadamente el contenido de materia orgánica en diferentes tipos de suelo y que se ajusta al método de oxidación húmeda (WyB).

Palabras claves: Materia orgánica, oxidación húmeda, calcinación, validación, ecuación.

ABSTRACT

Soil organic matter (SOM) is determined as one of the main indicators of soil quality, due to its effect on the physical, biological and chemical properties of the soil, so it is necessary to determine it with sufficient precision. The calcination method or the loss on ignition has been proposed as a fast, economical and precise method to estimate the organic matter of the soil. Soil samples from different regions of Peru with different contents of organic matter and carbonates are collected to develop regression equations between calcination and wet oxidation. Five different calcination temperatures that were between 300 ° C to 700 ° C for 2 h were tested, previously drying at 105 ° C for 24 h and before being sometimes at the respective calcination temperatures it was set to 150 ° C for 2 h to stabilize the burner (muffle). The correlation between organic matter found by calcination and wet oxidation found was positive. The difference in organic matter media found by calcination and specific wet oxidation at 0 at a temperature of 300 ° C with a P-value of 0.56 ($\alpha = 0.05$ percent). In the obtained equations, the one that best fits are the one where the soil samples were sometimes at a temperature of 400 ° C (adjusted $R^2 = 0.92$) with a 0.05 percent degree of significance. The results that the calcination method can be useful to estimate approximately the content of organic matter in different types of soil and that conforms to the wet oxidation method (WyB).

Keywords: Organic matter, wet oxidation, calcination, validation, equation.

I. INTRODUCCIÓN

La materia orgánica (MO) cumple un rol muy importante en la fertilidad de los suelos, lo cual la convierte en un vital aporte para el sistema edáfico (Venegas, 2008). Además, es un componente importante de la calidad del suelo (Almendros et al., 1984).

Dispuesto por Decreto Supremo N° 013-2010-AG, el método para determinar materia orgánica en el Perú es la oxidación húmeda (Walkley y Black modificado). Este método requiere de un equipamiento mínimo y facilita la manipulación de un gran número de muestras, es ideal para análisis de rutina. Sin embargo, requiere de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$). El ácido sulfúrico es un insumo químico fiscalizado que está regulado por la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria (SUNAT), además es un ácido muy corrosivo y emana gases dañinos para la salud, y al reaccionar con el dicromato de potasio generan productos de desecho tóxico que son poco amigables con el medio ambiente.

Como alternativa donde no se usa ácidos se puede contar con el método calcinación o *loss on ignition* (con sus siglas en inglés LOI) que cuantifica la materia orgánica en base a la pérdida de peso al someter el suelo a temperaturas elevadas. Este requiere de materiales como crisoles de porcelana resistente al calor, y equipos sencillos como una balanza de precisión y un quemador para altas temperaturas (mufla). La ausencia de reactivos químicos lo ha convertido en un método atractivo y amigable con el medio ambiente, por eso viene siendo probado en diferentes países.

Diferentes investigaciones revelan que las temperaturas varían desde 250 °C hasta 600 °C, los tiempos de calcinación están entre 2 a 24 h. Ben, Dor y Banin (1989) validaron el método de calcinación con 91 muestras de suelo de la zona árida israelí que contenían 0 a 74 por ciento de $CaCO_3$ y obtuvieron una ecuación de regresión que relaciona la calcinación con el C orgánico hallado por el método de oxidación húmeda ($R^2 = 0.972$). Campos (2010) realizó una validación de método de calcinación y otros métodos de determinación de carbono orgánico del suelo de un bosque nuboso tropical en México, los resultados mostraron que el método de calcinación produce una mejor relación lineal con el analizador de carbono orgánico total (TOC) ($R^2 = 0,96$) que con el carbono orgánico hallado por el método de oxidación húmeda ($R^2 = 0,88$).

Bajo estos antecedentes, por la importancia ambiental y económica, el método de calcinación debe ser implementado y validado con el método protocolar de cada laboratorio. Por eso se plantea evaluar la implementación del método de calcinación como una alternativa al método de oxidación húmeda (WyB) para suelos de Perú.

En el presente trabajo propongo que el método de calcinación tiene un resultado similar al método de oxidación húmeda.

Objetivo general

- Evaluar la implementación del método de calcinación como una alternativa al método de oxidación húmeda (Walkley y Black) para suelos de Perú.

Objetivos específicos

- Validar la relación entre el contenido de materia orgánica medido por el método de calcinación y el método de oxidación húmeda mediante la comparación de medias de ambos métodos.
- Determinar el efecto de la temperatura en la calcinación de 61 muestras de suelos con diferente contenido de carbono orgánico e inorgánico, mediante la pérdida de peso.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo puede definirse de las siguientes formas:

Como cualquier material producido originalmente por los organismos vivos (plantas o animales) que se devuelve al suelo y pasan por el proceso de descomposición. (Bot y Benites, 2005).

Carballas, citado por Porta et al. (2010) definen la MOS como una mezcla de restos vegetales y animales y los productos de su descomposición, sustancias húmicas de síntesis y millones de organismo vivos: mesofauna, microfauna y microorganismos, que, junto con las enzimas, son los responsables de los innumerables procesos bioquímicos y biológicos que ocurren en el suelo y, por lo tanto, de su funcionamiento.

La MOS incluye restos de animales y plantas en varios estados de descomposición. En los bosques, proviene de las hojas caídas, troncos de árboles muertos y de raíces de árboles. En las praderas, gran cantidad de la materia orgánica viene de las raíces y de las hierbas. En las tierras de cultivo, los residuos de las cosechas se añaden a la materia orgánica (Porta et al., 2003).

De acuerdo a Baldock y Skjemstad (1999), la MOS son todos los materiales orgánicos que se encuentran en los suelos independientemente de su origen o estado de descomposición.

2.2. Componentes de la materia orgánica

2.2.1. Componentes químicos

La MOS está compuesta por carbono (52-58 por ciento), oxígeno (34-39 por ciento), hidrógeno (3,3-4,8 por ciento) y nitrógeno (3,7-4,1 por ciento) y, en menor proporción, por azufre, fósforo, boro, magnesio, hierro y molibdeno, entre otros (Porta et al., 2003).

2.2.2. Componentes atendiendo a la solubilidad y densidad

Con un enfoque operacional Porta et al. 2003 clasificó como:

- Materia orgánica particulada (POM): Es la fracción que está integrada por fragmentos orgánicos gruesos (tamaño superior a 50 μm), recientemente incorporados al suelo, de carácter lábil. Su estructura celular es todavía identificable.
- Materia orgánica coloidal: Se trata de materia orgánica humificada (sustancias no húmicas y sustancias húmicas o humus en sentido estricto): ácidos fúlvicos y ácido húmico. Es un material de peso molecular muy elevado, que se biodegrada muy lentamente.
- Materia orgánica disuelta: Dependiendo del pH del medio y de la presencia de iones, el suelo puede contener componentes orgánicos solubles, que son minoritarios en el suelo. Está formada por sustancias húmicas y otros componentes hidrosolubles. Puede precipitar al unirse con iones Fe^{3+} y Ca^{2+} .
- Materia orgánica carbonizada (carbón negro o *black carbon*). Una de las fracciones de la materia orgánica particulada es el carbón proviene de incendios y de quemas de vegetación, que ha pasado a constituir un carbón altamente recalcitrante a la acción biológica. Parte de este carbón, producto de una combustión incompleta de la biomasa se conoce como carbón negro (ingl. *black carbon*), que es resistente a la oxidación química y a la microbiana (si bien cuando está finamente dividido y en medios tropicales, su descomposición no es mucho más lenta que el resto de la MOS).

2.2.3. Componentes atendiendo al grado de evolución

Atendiendo el grado de evolución propuesta por Leños (2018) los componentes de la MOS son:

- Materia orgánica fresca (materia orgánica no humificada): Es aquella parte de la MOS poco alterada, poco densa, que se encuentra en un estadio anterior al humus o en fases precoces de transformación en sustancias húmicas, sin que haya un límite conceptual claro.

- **Materia orgánica humificada (sustancias no húmicas y sustancias húmicas o humus en sentido estricto):** La materia orgánica humificada o humus en sentido amplio es una fracción orgánica coloidal, más o menos oscura, que establecen uniones fuertes con la arcilla y los óxidos de hierro (Duchaufour, 2001), lo que frena la biodegradación microbiana, en relación con la que tiene lugar en la materia orgánica fresca.

- **Sustancias no húmicas**

Las sustancias no húmicas son aquellos componentes orgánicos heredados o muy poco transformados, de composición bioquímica identificable (lípidos, ácidos orgánicos, de bajo peso molecular, hidratos de carbono sencillo y polisacáridos, aminoazúcares, aminoácidos, proteínas, fosfolípidos, ácidos nucleicos y lignina).

- **Sustancias húmicas o humus en sentido estricto**

El humus en sentido estricto es el componente más significativo de la MOS, es una sustancia característica de los suelos. La estructura del humus es caótica y desordenada. Está constituido por macromoléculas muy complejas, muy modificadas respecto a los constituyentes de la biomasa (precursores) por procesos de repolimerización de sub productos de descomposición de biopolímeros o de productos de bajo peso molecular en la solución del suelo (síntesis secundaria).

2.3. Fuentes y formas de carbono en el suelo y sedimentos

En los suelos y sedimentos, existen tres formas básicas de carbono que pueden estar presentes. Ellos son: carbono elemental, inorgánico y orgánica (Schumacher, 2002).

2.3.1. Formas elementales de carbón

Las formas de carbono elemental incluyen carbón vegetal, hollín, grafito y carbón. Las fuentes primarias del carbono elemental en suelos y sedimentos son productos de combustión de la materia orgánica incompletos (es decir, carbón vegetal, grafito y hollín), de fuentes geológicas (grafito y carbón), o dispersión de estas formas de carbono durante la extracción, el procesamiento o la combustión de estos materiales (Schumacher, 2002).

2.3.2. Formas de carbono inorgánico

Las formas de carbono inorgánico se derivan de fuentes geológicas o materiales de origen del suelo. Estas formas están presentes en suelos y sedimentos típicamente como carbonatos. Los minerales carbonatados comunes que se encuentran en los suelos y sedimentos son la calcita (CaCO_3) y la dolomita ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) aunque pueden estar presentes otras formas (por ejemplo, siderita, FeCO_3) dependiendo de donde se formaron suelos o donde se ubicó la fuente de sedimentos. Cabe señalar que la calcita y para algunos la dolomita también puede estar presente en los suelos y sedimentos debido a los insumos agrícola (Schumacher, 2002). También pueden presentarse pequeñas cantidades muy activas e importantes de CO_2 , HCO_3^- y CO_3^{2-} , iones derivados de los carbonatos más solubles (Jackson, 1999).

2.3.3. Formas de carbono orgánico

Según Schumacher (2002), las formas de carbono orgánico de origen natural se derivan de la descomposición de las plantas y los animales en suelos y sedimentos, unas amplias variedades de formas de carbono orgánico están presentes y van desde desechos recién depositadas (por ejemplo, hojas, ramas) a formas altamente descompuestas como el humus.

Además de las fuentes de carbono orgánico de origen natural, se derivan fuentes como consecuencia de la contaminación por actividades antropogénicas. Los derrames o liberaciones de contaminantes. A diferencia de los contaminantes derramados, varios sitios pueden contener partículas que contienen carbono, como fibras de madera de desechos de fábricas de celulosa o restos de cuero de residuos de curtiembre.

2.4. Importancia de la materia orgánica en el suelo

A pesar de ser la fracción menor de la composición del suelo, la materia orgánica es el componente principal que determina la calidad y productividad del suelo. La fertilidad, la disponibilidad de agua, la susceptibilidad a la erosión, la compactación, e incluso la resistencia de las plantas a los insectos y las enfermedades, dependen en gran medida de la materia orgánica del suelo (Docampo, 2014).

Según Cepeda (1991) la materia orgánica regula los procesos químicos que ocurren en el suelo, influye sobre las características físicas y, según un gran número de investigadores, es el centro de casi todas las actividades biológicas del mismo.

2.5. Métodos de análisis de la materia orgánica

2.5.1. Métodos físicos

a) Método de calcinación

El método de calcinación para la determinación de la materia orgánica implica la destrucción climatizada de toda la materia orgánica en el suelo o sedimento. Un peso conocido de muestra se coloca en un crisol de cerámica (o recipiente similar) que luego se calienta a entre 350 °C y 440 °C durante la noche (Blume et al., 1990; Nelson y Sommers, 1996). La muestra se enfría a continuación en un desecador y se pesa. El contenido de materia orgánica se calcula como la diferencia entre el peso inicial y final de la muestra dividido por el peso de la muestra inicial. Todos los pesos deben ser corregidos para el contenido de humedad / agua antes del cálculo contenido de materia orgánica. La temperatura del método debe mantenerse por debajo de 440 °C para evitar la destrucción de cualquier carbonato inorgánico que pueden estar presentes en la muestra (Schumacher, 2002). Una preocupación con esta técnica es que algunos minerales de arcilla perderán agua estructural (es decir, agua que es parte de su matriz) o grupos hidroxilo a las temperaturas usadas para la combustión de las muestras. La pérdida de agua estructural aumentará la pérdida de peso total de la muestra lo que conduce a una sobreestimación en el contenido de materia orgánica (Campos, 2010).

b) Analizador de carbono orgánico total (TOC)

El contenido total de carbono se determina en sedimentos secos y el carbono orgánico total se determina en sedimentos secos y acidificados utilizando un analizador de carbono. Los sedimentos se queman en una atmósfera de oxígeno y cualquier carbono presente se convierte en CO₂. El gas de muestra fluye hacia una celda de detección infrarroja no dispersiva (NDIR). La NDIR mide la masa de CO₂ presente. La masa se convierte en porcentaje de carbono según el peso de la muestra seca. El contenido de carbono orgánico total se resta del contenido de

carbono total para determinar el contenido de carbono inorgánico total de una muestra dada (Keefe, 2010).

2.5.2. Métodos químicos

a) Método con el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) (Robinson, 1927)

En este método se destruye la materia orgánica de la muestra a través de la oxidación. La digestión de peróxido de hidrógeno implica la adición de peróxido de hidrógeno concentrado (30 ó 50 por ciento) a un peso conocido de suelo o sedimento, el H₂O₂ es añadido continuamente a la muestra hasta la formación de espuma. Las muestras se pueden calentar a 90 °C durante la adición de peróxido para aumentar la velocidad e integridad de la digestión del peróxido. Se debe tener cuidado para evitar la formación de espuma excesiva y pérdida de muestra sobre el borde del recipiente de digestión. Una vez completado el proceso de digestión, la muestra se seca a 105 °C, se enfría en un desecador y se pesa. La materia orgánica se determina gravimétricamente y se calcula como la diferencia entre el peso inicial y final de la muestra dividido por el peso de la muestra inicial. Todos los pesos deben ser corregidos para el contenido de humedad /agua antes del cálculo contenido de materia orgánica. El método de peróxido de hidrógeno tiene varias limitaciones que reducen notablemente su eficacia para cuantificar la materia orgánica y carbono orgánico total, el método es semi cuantitativo. La principal limitación de la técnica de digestión de peróxido es que la oxidación de la materia orgánica es incompleta y el grado de oxidación varía notablemente de un suelo o sedimento a otro (Robinson, 1927). Cabe señalar que este método es un pre-tratamiento común durante la determinación de las distribuciones de tamaño de partícula en suelos y sedimentos (Jackson, 1999).

b) Método de Schollenberger (1927)

En el método de Schollenberger (1927) la materia orgánica del suelo se oxida mediante ácido crómico en presencia de un exceso de H₂SO₄, con aplicación de calor externo, valorando el exceso de ácido crómico por retroceso con disolución de sal ferrosa. Se trata de un método rápido para determinar, aproximadamente, el contenido de MO, ya que existen procedimientos para establecer una relación lineal entre el resultado de la valoración y el contenido de materia orgánica. Además, la medida arbitraria del material “oxidable” expresada en mili

equivalente por gramos de suelo tiene una interpretación directa por sí misma, sin tener en cuenta el contenido total de MO, como medida del contenido de MO activa en el suelo. En estos métodos no interfiere el contenido de carbono en forma de carbonatos, y también las distintas formas de carbono elemental (grafito, carbón vegetal, carbón de hulla, etc.) son atacadas solamente en parte y, por tanto, quedan excluidas fundamentalmente de la medida (Jackson, 1999).

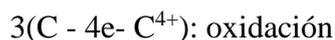
c) Método de Walkley y Black (1934)

El método del ácido crómico basado en la calefacción espontánea por dilución de H₂SO₄ (método de W&B) (Jackson, 1999).

La calefacción menos intensa permite diferenciar, en gran parte, la materia que integra el humus del suelo de las fuentes extrañas de carbón orgánico, tales como el grafito y el carbón vegetal, lo que constituye una ventaja evidente. Mientras los métodos de digestión por vía seca incluyen todo carbono elemental, el método de Walkley y Black (1934) excluye de un 90 a 95 por ciento del mismo. La oxidación de las laminillas de grafito se detiene en la fase óxido de grafito, tal como indica su hinchamiento típico cuando se calienta al tiempo que se humedece con agua (Walkley & Black, 1934).

d) Método Walkley y Black modificado o método de oxidación húmeda.

La materia orgánica del suelo es oxidada por una mezcla de K₂Cr₂O₇ más H₂SO₄. El exceso de K₂Cr₂O₇ es determinado por titulación con FeSO₄ o con (NH₄Fe)₂(SO₄)₃. La primera reacción de oxidación - reducción es:





La segunda reacción, titulación es:



El punto de equivalencia en esta reacción es dado por el indicador redox: difenil amina sulfúrica. La materia orgánica se estima asumiendo que ésta contiene 58 por ciento de carbono (factor de Van Bemmelen) (Bazán, 2017).

e) Método colorimétrico con ácido crómico

La cantidad de ácido crómico reducido por la materia orgánica ha sido determinada colorimétricamente, en lugar de valorarla. Se filtra el suelo, después de diluirlo con agua, y se mide el color verde cromoso mediante un colorímetro fotoeléctrico y un máximo de luz (Jackson, 1999).

En estas condiciones no es necesario que sea conocida exactamente la cantidad de cromato añadido. Puede determinarse también el cambio en la intensidad del color anaranjado correspondiente a los compuestos crómicos, pero este procedimiento no es satisfactorio desde varios puntos de vista. Los cambios de color pueden apreciarse visualmente de forma aproximada cuando se trata de realizar una determinación rápida de la cantidad de materia orgánica del suelo (color naranja – color verde pálido – color verde intenso)

Uso del permanganato de potasio en la valoración. El procedimiento de Walkley y Black (1934) fue modificado ligeramente mediante la adición de un exceso de disolución ferrosa al ácido crómico después de la digestión seguida de valoración por retroceso del exceso de sal ferrosa con KMnO_4 valorado. Este método fue extendido aún más para aplicarlo a muestras pequeñas con peso entre 0.1 y 0.3 g de suelo (Jackson, 1999).

f) Método colorimétrico modificado

Nelson y Sommers (1996) molieron el suelo para pasar a través de un tamiz de malla de 0,5 mm y se colocaron en un matraz Erlenmeyer. Añadieron dicromato de sodio mezclado con ácido sulfúrico 5 M y la suspensión se agitó en un movimiento circular usando un agitador horizontal durante 10 minutos a 180 rpm. Después de la agitación, la suspensión permaneció inalterada durante una hora y luego se añadieron agua destilada. Se recogió el sobrenadante y se midió la absorción de la solución a 660 nm usando un colorímetro fotoeléctrico (Micronal, EE. UU.). La curva de calibración se preparó usando diferentes concentraciones (0.00, 0.05, 0.15, 0.30 y 0.50 g L^{-1}) de glucosa en solución.

2.6. Limitaciones del método de calcinación

El método de calcinación permite la determinación de la MO total del suelo, incluyendo las formas condensadas, humus, humatos y residuos orgánicos poco alterados a la temperatura de 450 °C. Además, una temperatura de 430 °C podría ser utilizada en presencia de carbonato de calcio sin errores (Davies, 1974). Otros estudios han determinado que aún a 600 °C parte de las sustancias húmicas permanecen resistentes a la oxidación; sin embargo, temperaturas mayores a 500 °C pueden implicar importantes errores en la determinación por pérdidas de dióxido de carbono de los carbonatos, agua estructural de los minerales de arcilla, oxidación del ión ferroso, descomposición de sales hidratadas y óxidos (Rosell *et al.*, 2001).

Mitchell (1932) informó de que las temperaturas de entre 350 y 400 °C eran adecuadas para una buena calcinación de MOS. Schumacher (2002) manifiesta que para evitar la destrucción de cualquier carbonato inorgánico las temperaturas deben mantenerse por debajo de los 440°C, además con esta técnica algunos minerales de arcilla pueden perder agua estructural (es decir, agua que es parte de su matriz) o grupos hidroxilo a las temperaturas usadas para la combustión de las muestras. La pérdida de agua estructural aumentará la pérdida de peso total de la muestra conduce a una sobreestimación en el contenido de materia orgánica.

Según Ríos (1994) la estabilidad térmica de los carbonatos crece con el tamaño de los cationes que los componen. De esta manera para un periodo dado la estabilidad crece con el grupo (alcalinotérreos > alcalinos) y para un grupo dado aumenta según descendemos.

Tabla 1 . Estabilidad térmica de carbonatos.

Carbonatos	Temperatura (°C) (Alcañiz 2012)	Temperatura (°C) (Davies 1974)	Temperatura (°C) (Schumacher 2002)
MgCO ₃	400	400	400
CaCO ₃	900	450	440
SrCO ₃	1290	-	-
BaCO ₃	1360	-	-

Fuente: Elaboración propia.

2.7. Calibración

La calibración es el conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones (VIM, 2012).

En resumen, consiste en comprobar las desviaciones de indicación de instrumentos y equipos de medida por comparación con patrones con trazabilidad nacional o internacional. Mediante los resultados de calibración se puede determinar las correcciones y aplicar en las indicaciones de los instrumentos o de un sistema de medida (Peredo, 2018).

La calibración también se puede considerar como la caracterización de la respuesta de un instrumento en función de las propiedades del análisis. Establece la relación entre una magnitud y la concentración de la sustancia medida (Valcárcel, 1992).

2.8. Validación

La validación de un método es el proceso para confirmar que el procedimiento analítico utilizado para una prueba en concreto es adecuado para su uso previsto. Los resultados de la validación del método pueden utilizarse para juzgar la calidad, la fiabilidad y la constancia de los resultados analíticos, se trata de una parte integrante de cualquier buena práctica analítica (Huber 1948).

El objetivo de la validación de métodos es conocer la magnitud del error del método, y si este error puede afectar la interpretación de los resultados. Así, un

proceso de validación permite saber si el método es útil como herramienta diagnóstica (Brambila, s.f.).

La definición de validación se presenta en la norma ISO 9000:2000 en donde se establece que la validación es la confirmación y provisión de evidencia objetiva de que se cumplen los requisitos para un uso o aplicación prevista (Lazos & Hernández, 2004).

III. METODOLOGÍA Y MATERIALES

3.1. Ubicación

Los análisis de la investigación se realizaron en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos Sven Villagarcía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, el cual está ubicado en Av. La Molina s/n, La Molina. Lima - Perú, con coordenadas latitud sur $12^{\circ}4'24''$, longitud $76^{\circ}56'10''$, UTM 18L 0288166 8663907. Altitud 244 m.s.n.m.

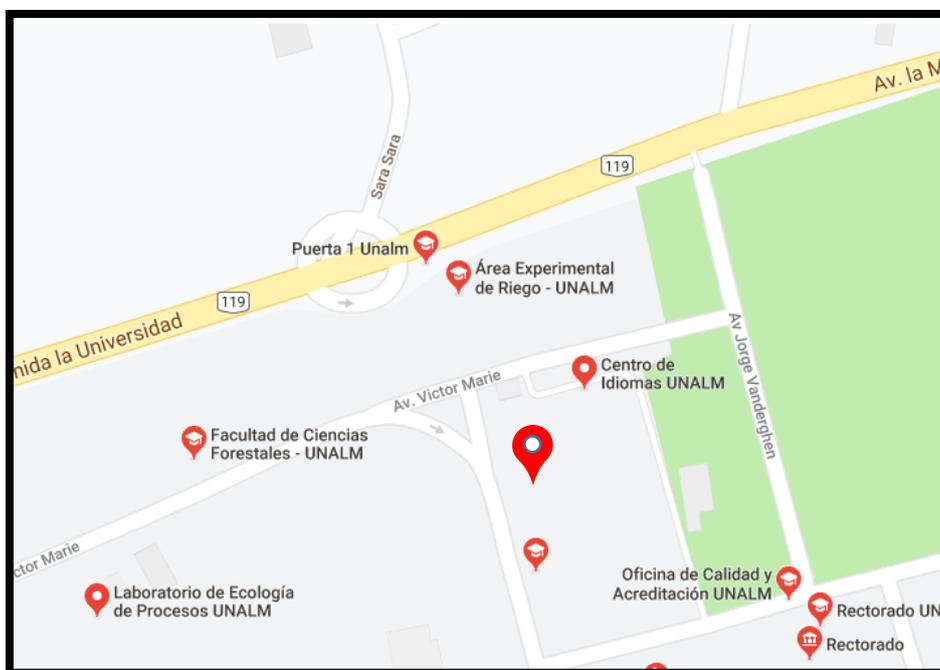


Figura 1. Mapa de localización del sitio experimental.

Fuente: Google Maps (2019).

3.2. Descripción de muestras

Se analizaron 61 muestras de distintas regiones del Perú (Tabla 2), los cuales tienen una clasificación de acuerdo a la cantidad de carbonatos (Tabla 3) y el contenido de la materia orgánica (Tabla 4) en las muestras analizadas.

Tabla 2. Descripción de muestras por regiones.

N°	Región	CaCO ₃ (%)	MO(%)	N°	Región	CaCO ₃ (%)	MO(%)
1		0	1.93	32		0	13.04
2		0	2.07	33		0	14.02
3		0	2.51	34		0	20.06
4		0	3.14	35		0	35.07
5		0	4.63	36		0	35.38
6		0	3.21	37		1.2	5.52
7		0	3.88	38	Cajamarca	1	12.16
8		0	5.19	39		3.1	4.69
9		0	5.93	40		8.6	7.59
10		0	11.49	41		10	10.69
11		0	11.52	42		16.2	13.61
12		0.63	1.75	43		35.8	10.86
13	Lima	1.88	1.68	44		27.7	21.87
14		1.88	1.98	45		0	20.41
15		1.88	2.86	46	Ayacucho	0	20.48
16		1.5	4.88	47		0	20.48
17		4.38	0.37	48	Lambayeque	0.2	0.03
18		6	1.42	49		0.4	0.03
19		9.7	4.95	50	Huánuco	21.5	10.11
20		6.75	4.67	51		0.5	12.16
21		10.5	3.31	52	Ucayali	19.6	1.97
22		10.25	5.9	53		0	10.11
23		21.5	7.75	54	Pasco	0	10.76
24		0	11.21	55		45.8	2.39
25		0	0.37	56	Tacna	24.3	3.91
26		0	0.54	57	Ancash	40.1	10.44
27	Loreto	0	0.67	58		0	10.11
28		0	0.99	59		13.8	3.78
29		10.5	0.06	60	Junín	16.2	8.41
30	Ica	55.8	0.08	61		25.3	8.66
31		33.9	0.72	62			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Clasificación de suelos de acuerdo al contenido de carbonatos

#	CaCO ₃ (%)	Clasificación
1	0	No calcáreo.
2	[0-2>	Ligeramente calcáreo.
3	[2-10>	Moderadamente calcáreo.
4	[10-25>	Fuertemente calcáreo.
5	>25	Extremadamente calcáreo.

Fuente: FAO, 2009.

Tabla 4. Clasificación de suelos de acuerdo al contenido de materia orgánica.

#	MO (%)	Clasificación
1	<0.5	Muy bajo.
2	[0.5-2>	Bajo.
3	[2-4>	Medio.
3	[4-8>	Alto.
4	[8-15>	Muy alto.
5	15≤	Extremadamente alto.

Fuente: FAO, 2009.

3.3. Descripción de tratamientos

Las 61 muestras de suelos se sometieron a diversas temperaturas. (Tabla 5).

Tabla 5. Descripción de tratamientos.

TRATAMIENTOS	TEMPERATURA DE MUFLA (° C)
T1	300
T2	400
T3	500
T4	600
T5	700
T6(Referente)	Método de W&B mod

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Materiales

- Crisoles de porcelana.
- Matraces Erlenmeyer de 500 ml.
- Desecador de vidrio.
- Buretas.
- Pipeta volumétrica.
- Probeta de vidrio.
- Erlenmeyer.

3.5. Equipos

- Quemador o Mufla.
- Estufa.
- Balanza electrónica de precisión.

3.6. Reactivos

- Dicromato de potasio 1 N.
- Sulfato ferroso amoniacal 0.5 N.
- Difenil amina sulfúrica.
- Ortrofenantrolina - sulfato ferroso 0.025 M.
- Ácido sulfúrico Q.P. 96 %.

3.7. Métodos de análisis físico-químicos

3.7.1. Contenido de humedad

Las muestras pasaron por un tratamiento de secado fino al aire (TFSA); después se pesó 8 g de suelo en cada crisol y se introdujeron a la estufa a 105 °C para poder eliminar toda la humedad de las muestras de suelo durante 24 h.

3.7.2. Contenido de materia orgánica por el método de oxidación húmeda (Walkley y Black modificado)

Se seleccionaron treintinueve muestras de suelo ya analizadas por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM (LASPAF). Veintidós muestras fueron extraídas del distrito de San Mateo de Otao, provincia de Lima, y se realizó el análisis correspondiente de Walkley y Black en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos Sven Villagarcía.

3.7.3. Contenido de materia orgánica por el método de calcinación

Se introdujo 24 crisoles con ocho muestras diferentes con tres repeticiones de cada una, estas muestras fueron sometidas a 150 °C por 2 h para poder uniformizar la temperatura dentro de la mufla, luego se procedió a elevar a la temperatura de cada tratamiento por 2 h. Al finalizar se deja enfriar por 2 h dentro de la mufla, después se procede a poner nuevamente a la estufa a 105° C por 30 min para poder estabilizar la temperatura de las muestras y eliminar los rezagos de humedad, seguidamente se dejó enfriar en el desecador para después pesarlas y ver la pérdida de peso de cada muestra.

La materia orgánica se determina gravimétricamente y se calcula como la diferencia entre los pesos iniciales y finales de la muestra dividida por el peso inicial de la muestra por 100.

$$\%MO = \frac{(\text{Peso } 105^{\circ}\text{C} - \text{Peso } T^{\circ} \text{ calcinación})}{\text{Peso } 105^{\circ}\text{C}} \times 100$$

3.8. Análisis estadístico

3.8.1. Prueba de Wilcoxon

Los resultados obtenidos fueron analizados por la prueba no paramétrica de Wilcoxon que permite comparar poblaciones cuando su distribución de probabilidad es diferente a la normal (supuesto requerido en otras pruebas). Se comparó las diferencias de medias ente MO por oxidación húmeda y MO por calcinación, fijándose un nivel de significancia de alfa=0.05. Se usó el programa Restudio 3.2.3 (R Core Team, 2018).

La hipótesis planteada por la prueba de Wilcoxon es:

H₀: La diferencia entre medias de MO determinada por oxidación húmeda y MO determinada por calcinación son igual a 0.

$$\mu_A - \mu_B = 0$$

H_a: La diferencia entre medias de MO determinada por oxidación húmeda y MO determinada por calcinación es diferente a 0.

$$\mu_A - \mu_B \neq 0$$

3.8.2. Estimación de regresión

Se estableció una regresión simple entre MO determinada por oxidación húmeda (variable respuesta) y MO determinada por calcinación (variable predictor), y una regresión múltiple MO hallada por oxidación húmeda (variable respuesta) y MO hallada por calcinación y carbonatos (variables predictores).

Las ecuaciones de regresión lineal simple y regresión lineal múltiple, cada una de ellas tiene un coeficiente de determinación (R^2 ajustado). Estos modelos de regresión presentan las siguientes ecuaciones:

$$Y_i = a + bX_i$$

Donde:

Y_i : Variable dependiente o respuesta de la i ésima observación.

a : Valor de la variable Y cuando la variable $X = 0$.

b : Pendiente de la recta de regresión.

X_i : Variable independiente o explicativa en la i ésima observación.

$$Y_i = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_kX_k$$

Donde:

Y_i : Variable dependiente o respuesta de la i ésima observación,

a : Valor de la variable Y cuando la variable $X = 0$,

b : Pendiente de la recta de regresión.

X_i : Variable independiente o explicativa en la i ésima observación.

$$Y_i = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_kX_k$$

Donde:

Y_i : Variable dependiente o respuesta de la i ésima observación,

b_0 : Valor de la variable Y cuando la variable $X = 0$,

b_1, b_k : Coeficientes de las variables explicativas,

X_1, X_k : Variables independientes o explicativas en la i ésima observación.

Para validar el modelo de regresión simple y múltiple se utilizó la validación cruzada repetida con diez interacciones y cien repeticiones¹. Todo el procedimiento se hizo de manera automática con el paquete Caret (Kuhn, 2019).

3.8.3. Prueba de validación cruzada

Los parámetros utilizados para medir la incertidumbre del modelo fueron el error cuadrático medio (RMSE) y el error absoluto medio (MAE). Las ecuaciones obtenidas tienen un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

RMSE: Error cuadrático medio.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}$$

P_i = Valor predicho.

O_i = Valor observado.

n = Cantidad de valores observados.

MAE: Error absoluto medio.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - O_i|$$

Donde:

P_i = Valor predicho

O_i = Valor observado

n = Cantidad de valores observados.

¹ Repeted K-foldcrossvalidation

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados están elaborados en base a los datos del contenido de materia orgánica obtenidos a partir del método de oxidación húmeda y la pérdida de peso por calcinación de las 61 muestras evaluadas.

4.1. Resultados de la comparación de medias con la prueba de Wilcoxon

En esta prueba se hizo la comparación de medias. En la tabla 6 se presenta el resultado de todos los tratamientos donde se puede observar que se rechaza la hipótesis nula según la prueba de Wilcoxon ($p < 0.05$); es decir que existen diferencias significativas entre MO hallada por oxidación húmeda y MO hallada por calcinación. La diferencia de medias entre ambas es de 3.93 por ciento. Al separar los resultados por temperaturas de calcinación se observó mejores resultados.

Tabla 6. Prueba de Wilcoxon entre la materia orgánica obtenida por oxidación húmeda y calcinación.

Temperatura (°C)	MO por oxidación	MO por calcinación	Diferencia	P-Valor
300-700	7.85	11.78	3.93	<0.05

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7 se presenta los resultados donde las muestras de suelo fueron sometidas a 300 °C de calcinación, a esta temperatura se puede apreciar que la diferencia de medias tiende a 0, es decir que a esta temperatura no existe diferencias entre ambos métodos de determinación de materia orgánica. En el anexo 32 se aprecia la diferencia de todas las muestras sometidas a la temperatura de calcinación de 300 °C y oxidación húmeda donde el 80 por ciento de diferencias tienden a cero. De acuerdo con Alcañiz (2012) a la temperatura de 300 °C no hay desestabilidad térmica de carbonatos, es por eso que estos no influyen en los resultados obtenidos a esta temperatura. Según las investigaciones planteadas por Campos (2010) y Abella & Zimmer (2007) se afirma que las temperaturas ideales para el método de calcinación están entre 300 a 500 °C.

Tabla 7. Prueba de Wilcoxon a la temperatura de 300 °C.

Clasificación de carbonatos	Promedio de la MO por oxidación	Promedio de la MO por calcinación	Diferencia	P-valor
NC	10.35	10.64	0.29	0.90
LC	5.15	5.01	0.13	0.34
MC	4.91	5.30	0.39	0.37
FC	6.10	6.14	0.04	0.51
EC	7.37	7.47	0.10	0.66
Promedio	6.77	6.91	0.14	0.56

Nota: NC: No calcáreo; LC: Ligeramente calcáreo; MC: Moderadamente calcáreo; FC: Fuertemente calcáreo; EC: Extremadamente calcáreo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 8 se muestra los resultados de la calcinación a 400 °C donde se rechaza la hipótesis nula ($p < 0,05$), por que las diferencias de medias no tienden a cero. Según Alcañiz (2012) a partir de la de los 400 °C hay carbonatos como $MgCO_3$ que se rompen su estructura mineral por el calor y este carbono inorgánico es confundido con carbono orgánico; por otro lado, Kim *et al.* 2008, afirma que el $CaCO_3$ se descompone a partir de los 400 °C.

Tabla 8. Prueba de Wilcoxon a la temperatura de 400 °C.

Clasificación de carbonatos	Promedio de la MO por oxidación	Promedio de la MO por calcinación	Diferencia	P-valor
NC	10.35	13.04	2.69	<0.05
LC	5.15	6.75	1.61	<0.05
MC	4.91	6.36	1.45	<0.05
FC	6.10	7.72	1.62	<0.05
EC	7.37	8.86	1.50	<0.05
Promedio	6.77	8.55	1.77	<0.05

Nota: NC: No calcáreo; LC: Ligeramente calcáreo; MC: Moderadamente calcáreo; FC: Fuertemente calcáreo; EC: Extremadamente calcáreo.

Fuente: Elaboración propia.

En las Tablas 9, 10 y 11 se aprecia los resultados obtenidos de las temperaturas de calcinación de 500 °C, 600 °C y 700 °C respectivamente. Donde en todas se rechaza la hipótesis nula ($p < 0,05$), ya que las diferencias de medias no tienden a cero. En la temperatura de calcinación de 700 °C según los resultados obtenidos existe mayor pérdida

de peso, esto se debe a una serie de factores. A diferencia de Alcañiz (2012) y Kim *et al.* (2008), Schumacher (2002) afirman que los carbonatos inorgánicos comienzan a destruirse a partir de los 440 °C, por eso la pérdida de peso se ve influenciado, además el agua estructural de los minerales de las arcillas se pierde y pueden confundirse con pérdida de peso por la destrucción de la materia orgánica. Estos resultados fueron probablemente debido a deshidroxilación y la descomposición de los componentes inorgánicos que resulta en mayores pérdidas de peso y posterior estimación inexacta de contenido de materia orgánica (Heanes, 1984).

Tabla 9. Prueba de Wilcoxon a la temperatura de 500 °C.

Clasificación de carbonatos	Promedio de la MO por oxidación	Promedio de la MO por calcinación	Diferencia	P-valor
NC	10.35	12.80	2.45	<0.05
LC	5.15	7.49	2.34	<0.05
MC	4.91	8.13	3.21	<0.05
FC	6.10	9.74	3.64	<0.05
EC	7.37	11.11	3.74	<0.05
Promedio	6.77	9.85	3.08	<0.05

Nota: NC: No calcáreo; LC: Ligeramente calcáreo; MC: Moderadamente calcáreo; FC: Fuertemente calcáreo; EC: Extremadamente calcáreo.

Fuentes: Elaboración propia.

Tabla 10. Prueba de Wilcoxon a la temperatura de 600 °C.

Clasificación de carbonatos	Promedio de la MO por oxidación	Promedio de la MO por calcinación	Diferencia	P-valor
NC	10.35	15.81	5.46	<0.05
LC	5.15	8.59	3.44	<0.05
MC	4.91	9.50	4.59	<0.05
FC	6.10	11.73	5.63	<0.05
EC	7.37	16.58	9.21	<0.05
Promedio	6.77	12.44	5.67	<0.05

Nota: NC: No calcáreo; LC: Ligeramente calcáreo; MC: Moderadamente calcáreo; FC: Fuertemente calcáreo; EC: Extremadamente calcáreo.

Fuentes: Elaboración propia.

Tabla 11. Prueba de Wilcoxon a la temperatura de 700°C.

Clasificación de carbonatos	Promedio de la MO por oxidación	Promedio de la MO por calcinación	Diferencia	P-valor
NC	10.35	16.63	6.28	<0.05
LC	5.15	9.30	4.15	<0.05
MC	4.91	10.58	5.67	<0.05
FC	6.10	15.15	9.05	<0.05
EC	7.37	28.04	20.68	<0.05
Promedio	6.77	15.94	9.17	<0.05

Nota: NC: No calcáreo; LC: Ligeramente calcáreo; MC: Moderadamente calcáreo; FC: Fuertemente calcáreo; EC: Extremadamente calcáreo.

Fuentes: Elaboración propia.

4.2. Modelo de regresión lineal

En los resultados obtenidos en la Tabla 12 se puede observar que todas las regresiones lineales son positivas, ya que se separó las muestras con un contenido de materia orgánica mayores al 20 por ciento. En el Anexo 1 se puede ver la tabla de validación completa. Comparando estas dos tablas se aprecia que existe una mayor correlación en la Tabla 12, porque las medidas métricas son mejores que en la tabla del Anexo 1.

Tabla 12. Valores de validación de ecuaciones.

T(°C)	Ecuación	R ² Ajustado	RMSE	MAE
General	WyB = 0.714 + 0.547LOI	0.69	2.24	1.63
	WyB = 0.970 - 0.045CaCO ₃ + 0.56LOI	0.71	2.21	1.63
300	WyB = 0.946 + 0.79LOI	0.91	1.30	1.06
	WyB = 0.940 + 0.001CaCO ₃ + 0.79LOI	0.91	1.31	1.07
400	WyB = 0.316 + 0.73LOI	0.93	1.13	0.93
	WyB = 0.317 - 0.001CaCO ₃ + 0.73LOI	0.93	1.14	0.94
500	WyB = -0.409 + 0.68LOI	0.92	1.23	1.01
	WyB = -0.328 - 0.01CaCO ₃ + 0.68 LOI	0.92	1.24	1.02
600	WyB = -0.286 + 0.559LOI	0.77	1.96	1.40
	WyB = -0.056 - 0.092CaCO ₃ + 0.615LOI	0.84	1.67	1.26
700	WyB = 0.531 + 0.397LOI	0.48	2.80	2.03
	WyB = 0.031 - 0.244CaCO ₃ + 0.584LOI	0.82	1.68	1.28

Nota: T: Temperatura; RMSE: Error cuadrático medio; MAE: Error absoluto medio.

Fuente: Elaboración propia

Según Abella & Zimmer (2007), Campos (2010), Schulte et al. (1996) la temperatura ideal de calcinación para poder hallar carbono orgánico es de 300 a 550 °C, de acuerdo a las ecuaciones obtenidas la que mejor se ajusta donde las muestras fueron sometidas a 400 °C, ya que tiene un R^2 ajustado de 0.93, además según Negrón (2014) el error absoluto medio (MAE) en conjunto con el error cuadrático medio (RMSE) se utilizan para determinar la variación del error en el conjunto de mediciones, por lo que a menor diferencia entre MAE y RMSE menor varianza entre los errores individuales de la muestra, es por eso que se busca tener menor diferencia para una mejor validación de la ecuación.

Según las ecuaciones obtenidas a partir de las regresiones se puede observar que las ecuaciones de 300 °C, 400 °C, 500 °C tienen buena relación y un mejor R^2 ajustado que las demás.

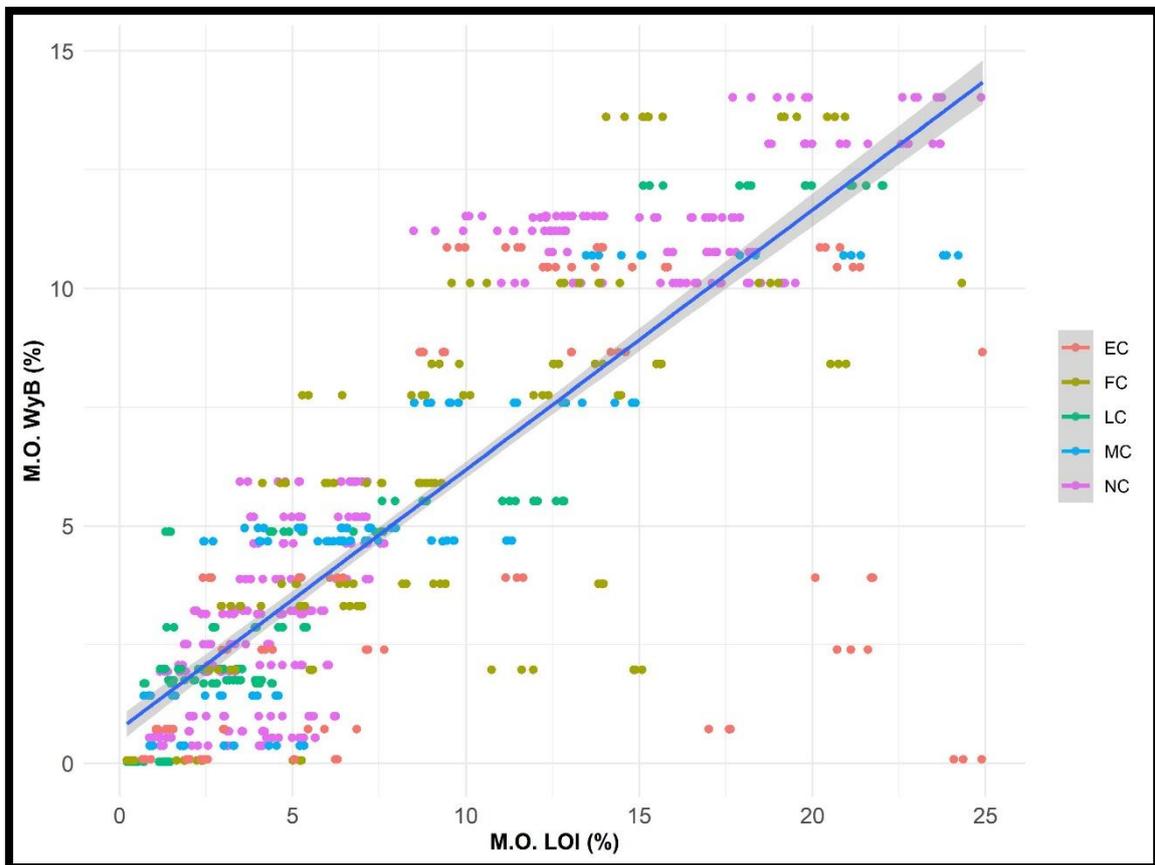


Figura 2. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y por calcinación de todos los tratamientos(LOI). $WyB = 0.970 - 0.045CaCO_3 + 0.56LOI$.

Nota: NC: No calcáreo; LC: Ligeramente calcáreo; MC: Moderadamente calcáreo; FC: Fuertemente calcáreo; EC: Extremadamente calcáreo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2 se observa que existe una regresión lineal positiva entre los dos métodos evaluados. De acuerdo a los resultados obtenidos se decidió sacar los resultados hallados por el método de oxidación húmeda que tuvieran mayor contenido de 18 por ciento de materia orgánica y aquellos resultados mayores al 25 por ciento de materia orgánica hallados por el método de calcinación, esto se realizó con el fin de obtener una mejor correlación entre ambos métodos.

En suelos extremadamente calcáreos se aprecia que hay alejamiento de la recta, esto podría ser por que los carbonatos se afectan en la pérdida de peso de las muestras evaluadas. Según Alcañiz (2010), Schumacher (2002), Ríos (1994), afirman que a partir de 400 °C ya existe desestabilidad térmica de carbonatos.

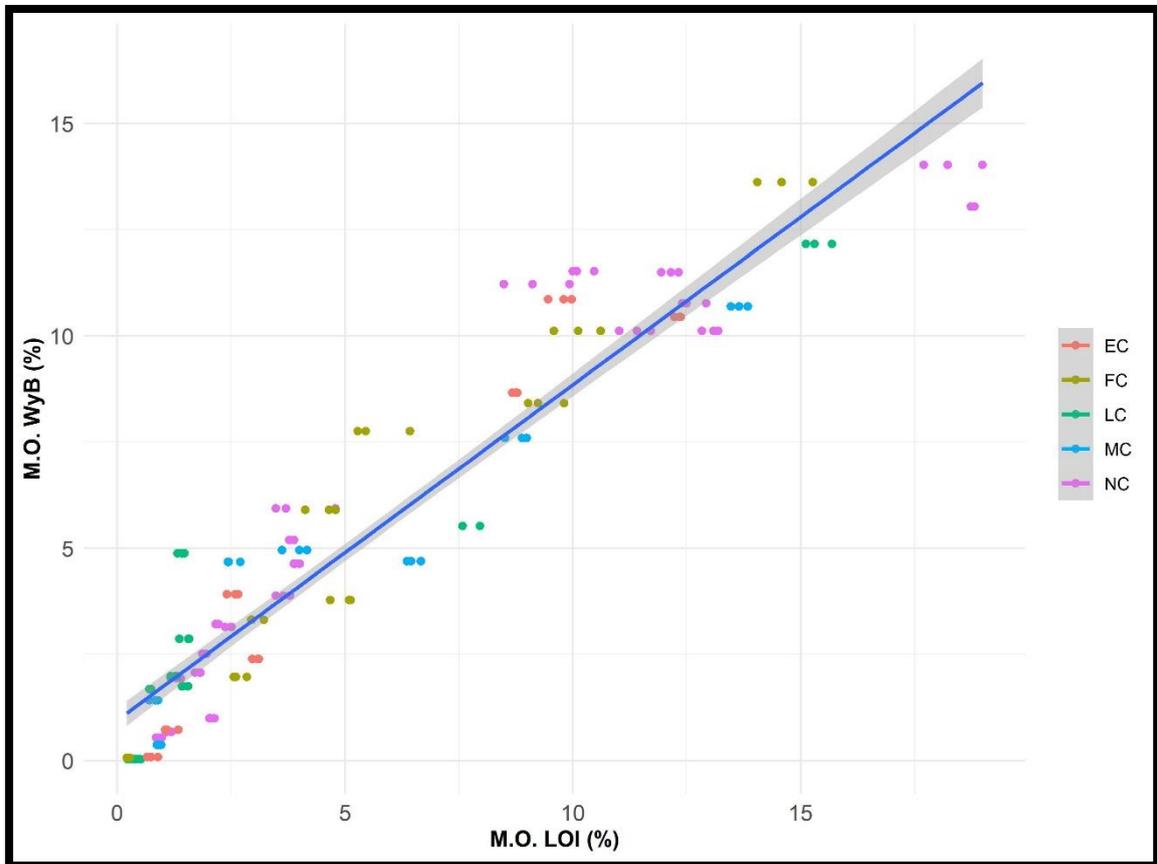


Figura 3. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y MO hallado por calcinación (LOI) a 300°C. $WyB = 0.940 + 0.001CaCO_3 + 0.79LOI$.

Nota: NC: No calcáreo; LC: Ligeramente calcáreo; MC: Moderadamente calcáreo; FC: Fuertemente calcáreo; EC: Extremadamente calcáreo.

Fuente: Elaboración propia.

Según las gráficas obtenidas se aprecia una mejor regresión lineal con los resultados de calcinación de 300 °C (ver Figura 3) y 400 °C (ver Figura 4). Konare *et al.* (2010) reportan que las temperaturas ideales son de 350 °C a 450 °C. Y los autores antes mencionados también reportan temperaturas similares. Según Schumacher (2002) los carbonatos comienzan a desestabilizarse a partir de los 400 °C, entonces a la temperatura de 300 °C y 400 °C no se observaría ningún exceso de pérdida de peso de las muestras evaluadas por desestabilidad térmica de carbonatos.

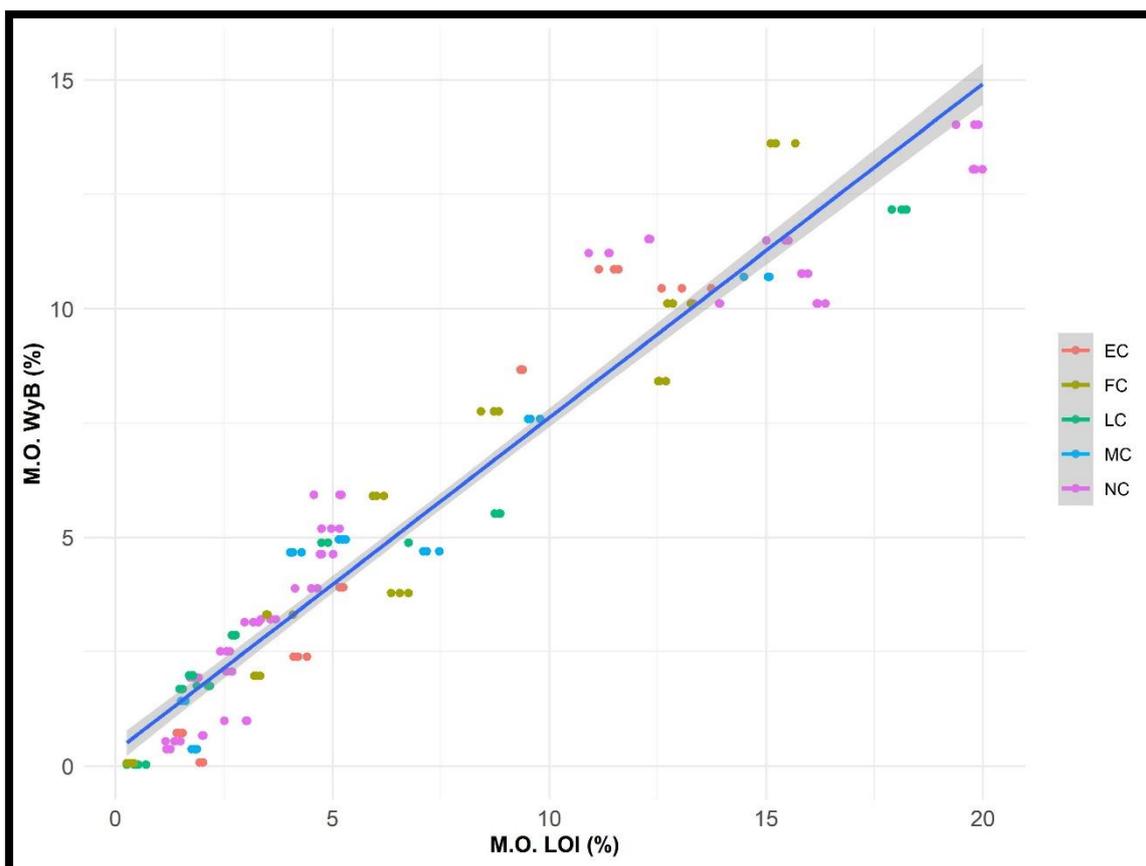


Figura 4. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y MO hallado por calcinación (LOI) a 400°C. $WyB = 0.317 - 0.001CaCO_3 + 0.73LOI$.

Nota: NC: No calcáreo; LC: Ligeramente calcáreo; MC: Moderadamente calcáreo; FC: Fuertemente calcáreo; EC: Extremadamente calcáreo.

Fuente: Elaboración propia.

Las temperaturas de ignición pueden explicar gran parte de la variación en el contenido de carbono orgánico medido. La pérdida de peso aumentó cuando la temperatura de encendido fue mayor (ver Figuras 6 y 7). Según Ben, Dor y Banin (1989) reportaron que la pérdida de masa del suelo podría ser subdividida en varias etapas: (I) la pérdida de agua higroscópico (50 a 100 °C), (II) la pérdida de materia orgánica (100 a 400 °C), (III)

térmicas reacciones tales como deshidroxilación de filosilicatos (200 a 700 °C), la descarboxilación de carbonatos (500 a 1000 °C).

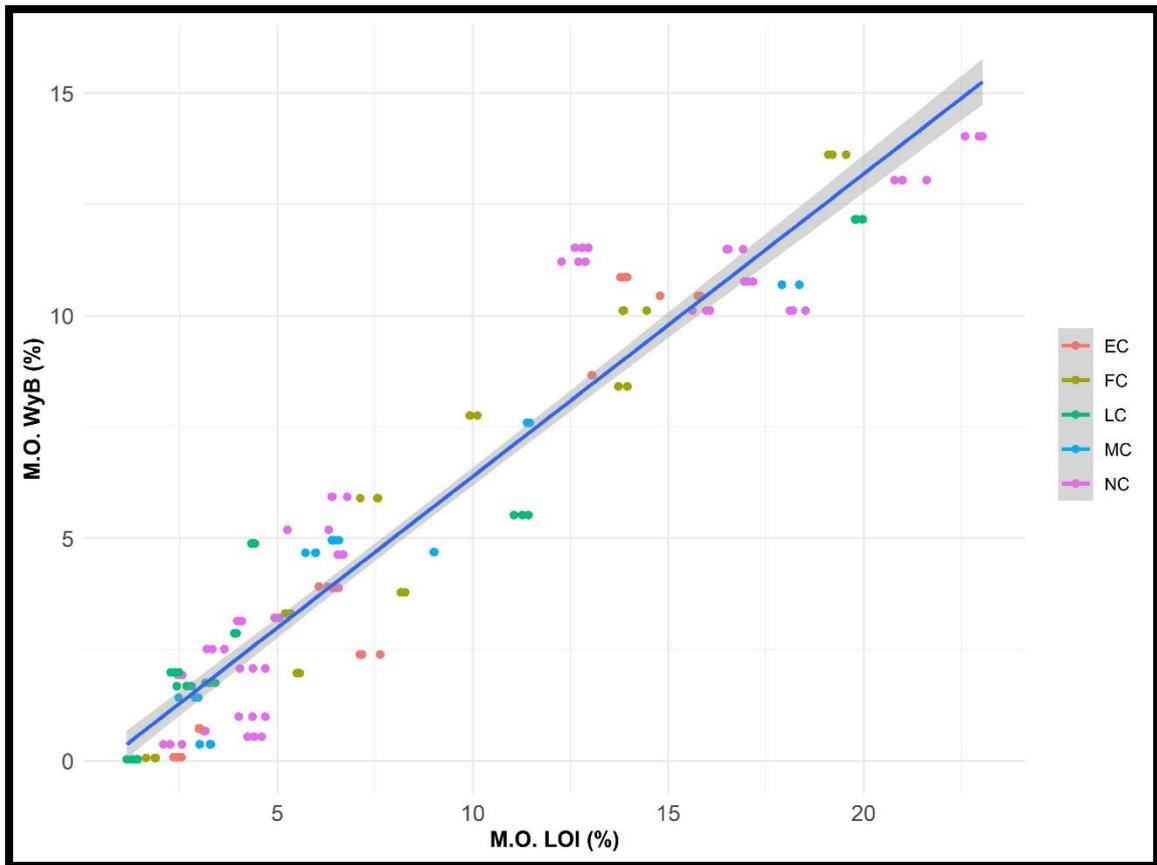


Figura 5. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y MO hallado por calcinación (LOI) a 500 °C. $WyB = -0.328 - 0.01CaCO_3 + 0.68LOI$.

Nota: NC: No calcáreo; LC: Ligeramente calcáreo; MC: Moderadamente calcáreo; FC: Fuertemente calcáreo; EC: Extremadamente calcáreo.

Fuente: Elaboración propia.

Cuando las temperaturas de calcinación se aumentan (500 °C, 600 °C y 700 °C) se observa una mayor pérdida de peso en comparación que cuando se usan temperaturas más bajas (300 °C y 400 °C). Según Konare (2010) se debió probablemente a la deshidroxilación y descomposición de los componentes inorgánicos, lo que resultó en un aumento de las pérdidas de peso y una estimación inexacta del contenido de materia orgánica.

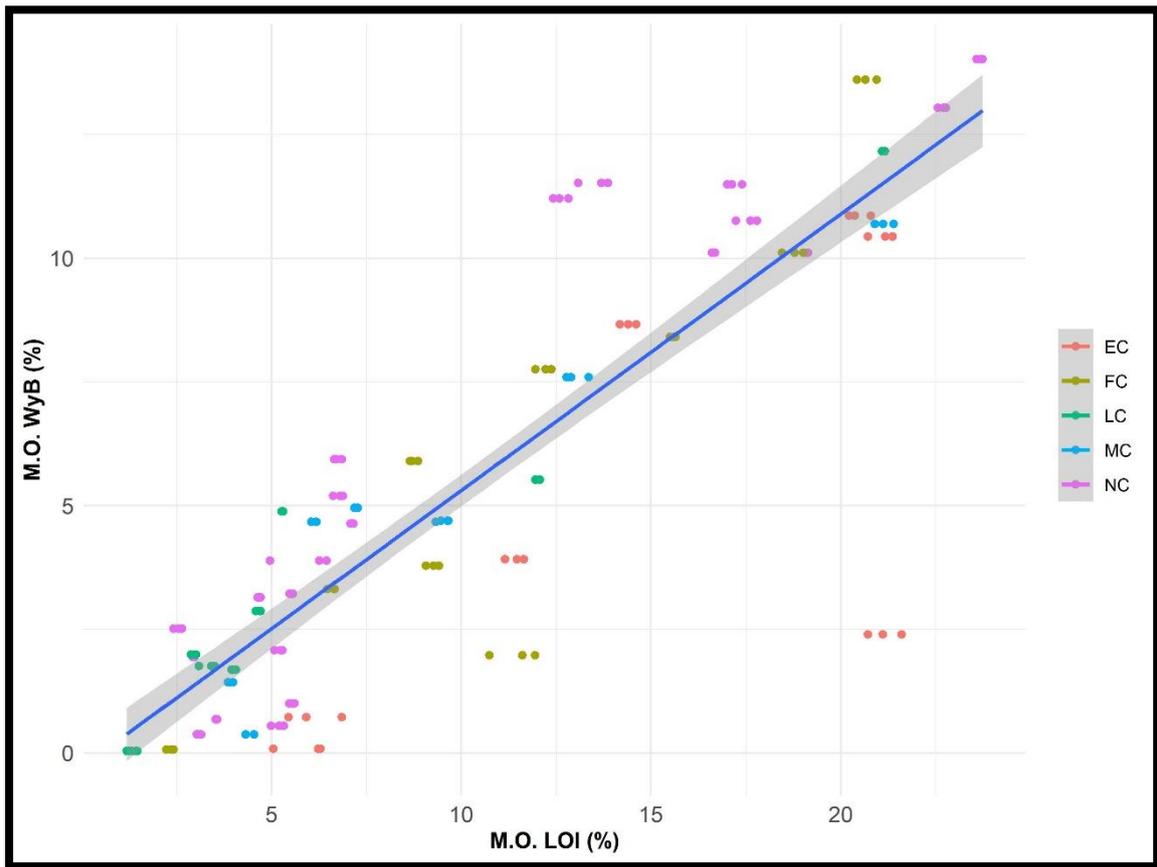


Figura 6. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y MO hallado por calcinación (LOI) a 600°C. $WyB = -0.056 - 0.092CaCO_3 + 0.62LOI$.

Nota: NC: No calcáreo; LC: Ligeramente calcáreo; MC: Moderadamente calcáreo; FC: Fuertemente calcáreo; EC: Extremadamente calcáreo.

Fuente: Elaboración propia.

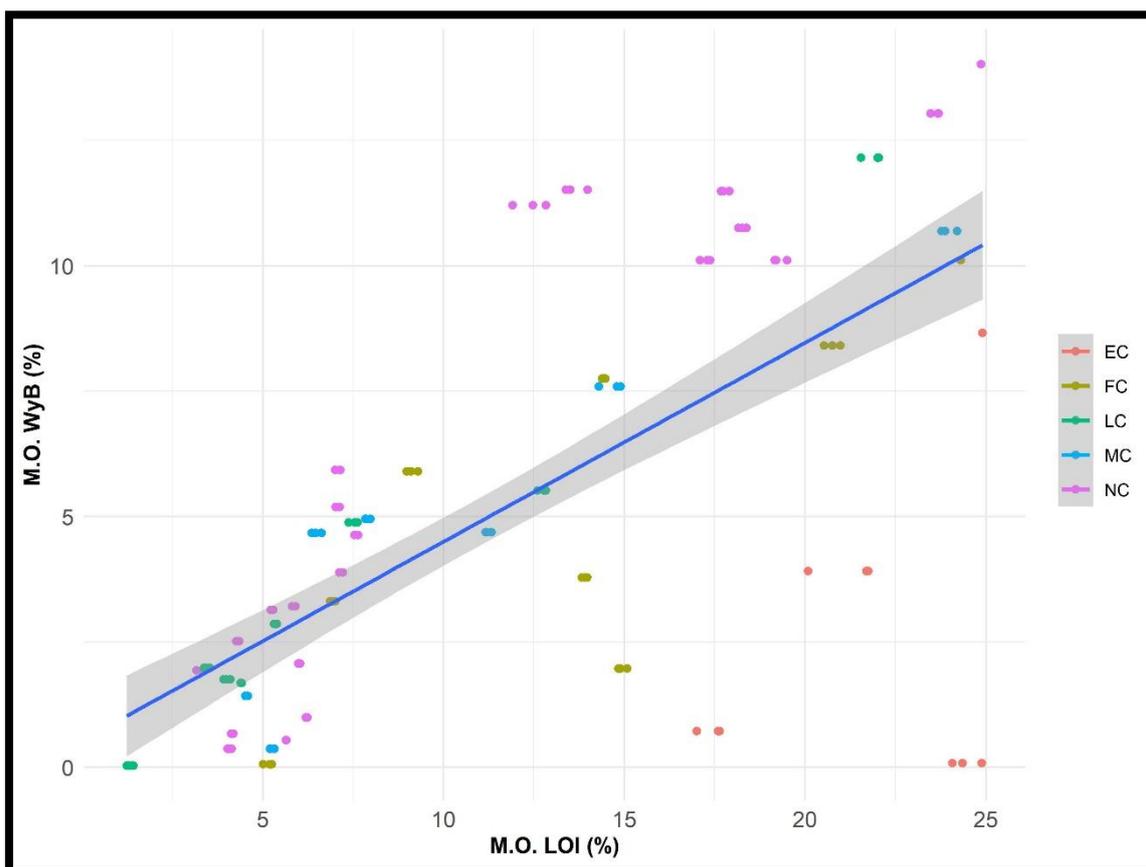


Figura 7. Regresión lineal entre MO hallado por oxidación húmeda (WyB) y MO hallado por calcinación (LOI) a 700°C. $WyB = 0.031 - 0.244CaCO_3 + 0.584LOI$.

Nota: NC: No calcáreo; LC: Ligeramente calcáreo; MC: Moderadamente calcáreo; FC: Fuertemente calcáreo; EC: Extremadamente calcáreo.

Fuente: Elaboración propia.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (en inglés, *United States Department of Agriculture, USDA*), menciona a través de su laboratorio de investigación de suelos (en inglés, *Soil Survey Laboratory, SSL*) (1995) que el carbono orgánico de valores mayores a 8 por ciento, no debe ser analizados por el método de oxidación húmeda porque puede quedar alguna parte del material orgánico del suelo sin oxidar, sobre todo en sus fracciones más frescas, por lo cual los valores de materia orgánica del suelo pueden quedar subestimados, aunque en una fracción orgánica poco o nada activa en él.

La SSL recomienda que la materia orgánica con mayor contenido de 8 por ciento de carbono orgánico sea evaluada por el método de calcinación a una temperatura de 400 °C.

V. CONCLUSIONES

- El método de calcinación es una alternativa para remplazar el método de oxidación húmeda a una temperatura de 300 °C sin ninguna calibración y a 400 °C con la siguiente ecuación $WyB \cong 0.317 - 0.001CaCO_3 + 0.73LOI$.
- La diferencia de medias a 300 °C es 0.14 por ciento, a 400 °C es 1.77 por ciento, a 500 °C es 3.08 por ciento, 600 °C es 5.67 por ciento, 700 °C es 9.17. Por lo tanto, el mejor es a 300 °C.
- En los suelos con alto contenido de carbonatos a partir de los 500°C hay mayor pérdida de peso, ya que los carbonatos se destruyen y pueden confundirse con carbono orgánico.

VI. RECOMENDACIONES

1. Recomiendo usar el método de calcinación hasta la temperatura de 500 °C en suelos no extremadamente calcáreos y con un contenido de menor al 20 por ciento de materia orgánica.
2. Evitar que las muestras al salir de la mufla estén en contacto con el medio ambiente por mucho tiempo, ya que esta retiene humedad y el peso puede variar.
3. Los crisoles de porcelanas deben ser del mismo tamaño, para que la transferencia de calor sea uniforme.
4. La manipulación de crisoles al salir de la mufla debe hacerse con mucho cuidado para evitar quemaduras.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abella, S. & Zimmer, B. (2007). Estimating organic carbon from loss-on-ignition in northern Arizona forest soils. *Soil Science Society of America Journal*, 71(2), 545-550.
- Alcañiz, E. (2012). Química descriptiva de los grupos principales (En línea). Madrid, España. Consultado el 10 oct. 2018. Recuperado de http://www3.uah.es/edejesus/resúmenes/QI/Tema_7.pdf.
- Almendros, G., Polo, A., Lobo, M. C., & Ibáñez, J. J. (1984). Contribución al estudio de la influencia de los incendios forestales en las características de la materia orgánica del suelo. II - Transformaciones del humus por ignición en condiciones controladas de laboratorio. 21(January).145–160.
- Baldock, J. & Skjemstad, J. (1999). Soil organic carbon/soil organic matter.159-170.
- Bazán, R. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 40-42.
- Ben-Dor, E., Banin, A. (1989) Determinación del contenido de materia orgánica en suelos de zonas áridas utilizando un método simple de "pérdida por ignición". *Comunicaciones en ciencia del suelo y análisis de plantas*, 20, 1675-1696. doi: 10.1080 / 00103628909368175
- Blume, L. J., Schumacher, B.A., Shaffer, P.W. *et al.* (1990). Handbook of methods for acid deposition studies laboratory analyses for soil chemistry. EPA/600/4-90/023. U.S. Environmental Protection Agency, Las Vegas, NV.
- Bot, A. & Benites, J. (2005). The importance of soil organic matter. FAO. Roma, Italia, s.e. 1-80 doi: <https://doi.org/10.1080/03650340214162>.
- Brady, N. (1974). *The nature and properties of soils*. (8 ed.) New York, USA, Macmillan Publishing.
- Brambilla, E. (s.f.). Validación y verificación de sistemas de Medición en el laboratorio clínico. Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Campos C. A. (2010). Analyzing the relation between loss on ignition and other methods of soil organic carbon determination in a tropical cloud forest (Mexico).

- Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41(12), 1454–1462. doi: <https://doi.org/10.1080/00103624.2010.482168>.
- Carreira, D. (2005). Carbono oxidable. Una forma de medir la materia orgánica del suelo. 91-102. En: L Marbán & S Ratto (eds.). Tecnologías en análisis de suelos. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
 - Cepeda, D. (1991). Química de Suelos. 2° Ed. México. Editorial Trillas S.A. 85.
 - Córdoba, J. (2011). Curva espectral del dicromato de potasio. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/70560202/Practica-n-6-curva-espectral-del-dicromato-de-potasio>
 - Davies, B. 1974. Loss-on ignition as an estimate of soil organic matter. Soil Sci. Proc. 38: 150.
 - Docampo, R. (2014). La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en la producción frutícola. INIA, 67, 81–89. Recuperado de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1199/1/128221131113111309.pdf>
 - Duchaufour, P. (2001) Introducción a la ciencia del suelo. Vol. 3. Francia, París. 90-91.
 - El peruano. (19 nov. 2010). Decreto Supremo N° 013-2010-AG. Art.17.
 - Eyherabide, M., Echeverría, H., Sainz, H. & Barbieri, P. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. Ciencia del suelo, 32(1): 13-19.
 - Eyherabide, M; Saínz, H; Barbieri, P; Echeverría, H. (2012). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. Unidad Integrada Balcarce: EEA INTA Balcarce - Fac. Ciencias Agrarias (UNMDP). CC. 276, (7620), Balcarce, Argentina.
 - FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma, Italia.
 - García, J. & Ballesteros, M. I. (2005). Quality parameters evaluation for organic carbon. Revista Colombiana de Química, 34(2), 201–209.
 - Greenland, D. J. (1980). Soil organic matter. Field Crops Research, 3, 97–98. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(80\)90012-X](https://doi.org/10.1016/0378-4290(80)90012-X)
 - Google. (s.f.). [Mapa de Lima, Perú en Google maps]. Recuperado el 4 de junio, 2019, de: <https://www.google.com/maps/place/universidad+nacional+agraria+la+molina>.

- Grupo Transmerqum. Hoja de datos de seguridad del sulfato de cromo III. 2011. (03):1-5.
- Heanes, D. (1984). Determination of total organic C in soils by improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15(10): 1191-1213.
- Huber, L. (2007). *Validation and qualification in analytical laboratories*. (2 ed.). Boca Raton, USA: CRC Press.
- Instituto Nacional de Higiene y seguridad en el Trabajo (INHST). (2015). Ácido sulfúrico. Recuperado de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEPvaloreslímite/Doc_Toxicológica/capítulos_91_100/Ficheros_2015/DLEP_100_ácido_sulfurico.pdf.
- Jackson, M. (1999). *Química de suelos*. Barcelona, Omega. Cap. 3.
- Keefe, A., Pai, S., & Ellington, A. (2010). Aptamers as therapeutics. *Nature reviews drug discovery*. 9:537-550
- Kim, H., Park, B. H., Choi, J. H., & Yoon, J. (2008). Mechanical properties and thermal stability of poly (L -lactide)/ calcium carbonate Composites, (Feb.). 4–9. doi: <https://doi.org/10.1002/app>
- Konare, H., Yost, R. S., Doumbia, M., McCarty, G. W., Jarju, A. & Kablan, R. (2010). Loss on ignition: measuring soil organic carbon in soils of the Sahel, West Africa, 5 (November), 3088–3095.
- KralchemicalSL. (2006). Hoja datos de seguridad.: 3-5.
- Kuhn, M., Wing, F., Weston, S., Williams, A., Keefer, C., Engelhardt, A., Cooper, T, *et al.* (2019). Caret: classification and regression training. R Package version 6.0-82. Recuperado de <https://CRAN.R-project.org/package=caret>
- La Manna, L., Buduba, C., Alonso, V., Davel, M., Puentes, C. & Irisarri, J. (2007). Comparación de métodos analíticos para la determinación de materia orgánica en suelos de la Región Andino - Patagónica: efectos de la vegetación y el tipo de suelo. *Suelo*, 25(2), 179–188.
- Lazo, R.I., Hernández, I. (2004). *La validación de métodos: Un enfoque práctico*. Centro Nacional de Metrología. México. Recuperado de <https://www.cenam.mx/simposio2004/memorias/TA-090.pdf>
- Leños, M. de L. G. (2008). *Materia orgánica*. Instituto Nacional de Investigación Agrícola, Pecuaria y Forestal (INIFAP). Ciudad de México, México.

- Leenheer, J. & Croué, J. (2003). Aquatic organic matter. *Environmental Science & Technology*. 19-26.
- Lozano Isla, F., Gómez Carrión, J., Benítez Alfaro, O., De Mandíbula, F. (2018). Yupana: herramienta web interactiva para el análisis de datos en la investigación agropecuario e industrial. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.quipo.org>.
- Luzio, W. & Casanova, M. (2006). Avances en el conocimiento de los suelos de Chile. Registro de Propiedad Intelectual N° 157.822. 130-154.
- Matter, S. O. & Activity, B. (1985). Soil organic matter and biological activity. doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-009-5105-1>
- Mebius, L. (1989). A rapid method for the determination of organic carbon in soil. *Analytica Chimical Acta*, 22:120-124.
- Ministerio de Agricultura (MINAG). (2010). Aprueban reglamento para la ejecución de levantamiento de suelos: D.S. N°013-2010-AG. El Peruano, Lima, PE. Nov/20: 429454-429462.
- Mitchell, J. (1932). The origin, nature, and importance of soil organic constituents having base exchange properties. *J. Am. Soc. Agron.*, 24: 256-275.
- Moreno, J. S. (2016). Validación de ecuaciones de predicción de la calidad de huevo en gallinas de última fase productiva. Tesis de Mg Sc. Lima. Perú.
- Sociedad Nacional de Industrias (SNI). (2011). Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia4.pdf>
- Negrón, P. (2014). Redes neuronales sigmoideal con algoritmo Lm para pronóstico de tendencia del precio de las acciones del IPSA. Valparaíso, Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Informática.
- Nelson, D. W. & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of Soil Analysis, Part 2*, 2nd.
- Normas ISO 9000. (2005). Sistemas de gestión de la calidad – Principios y vocabulario. Recuperado de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>
- Pansu, M. (2006). *Handbook of soil analysis*. New York. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-31211-6>
- Pascual, R., & Venegas, S. (2010). La materia orgánica del suelo; papel de los microorganismos. *Ciencias Ambientales*, 11.

- Peredo, A. (enero, 2018). Soluciones meteorológicas. Recuperado de <http://www.alpemetrologia.com/alpe-metrologia/>.
- Poli, I. & Jones, R. (1994). A neural net model for prediction. *Journal of American Statistical Association*. 89(425): 117–121.
- Porta, J., López-Acevedo, M. & Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. (3° ed.). Madrid, Mundi-Prensa.
- Porta, J., López Acevedo, M., Roquero, C. (2010). Degradación de suelos y calidad ambiental. En: *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 807.
- Powlson, D., Smith, P., & Nobili, M. de. (2013). Soil organic matter. *Soil Organic Matter*. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(80\)90012-X](https://doi.org/10.1016/0378-4290(80)90012-X)
- R [A1] Development Core Team. (2009). R [A2]: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de <http://www.R-project.org>.
- Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de <http://www.R-project.org>.
- Raphael, J. P., Calonego, J. C., Milori, D. M. B. & Rosolem, C. A. (2016). Soil organic matter in crop rotations under no-till. *Soil and Tillage Research*, 155: 45-53.
- Red Proteger. (2002). Seguridad en el uso de ácido sulfúrico. Recuperado de http://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/MaterialViejo/49_Seguridad_Uso_Acido_Sulfurico_julio2002.pdf
- Ríos, E. G. (1994). *Química inorgánica*. Madrid, España: Reverté.
- Robinson, W. (1927). The determination of organic matter in soils by means of hydrogen peroxide. *Jour. Agr. Res.* 34: 339-356.
- Rosell, R., Gasparoni, J. & Galantini, J. (2001). Soil organic matter evaluation. 311-322. En: R Lal; J Kimble; R Follett & B Stewart (Eds.). *Assessment Methods for soil carbon*. Lewis Publishers, USA.
- R Pubs (Brought to you by RStudio). (2016). Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. Recuperado de https://rpubs.com/Joaquin_AR/218464.

- Santaella, G. & González, A. (1965). Influencia del carbonato de calcio en las propiedades químicas de un suelo de la terraza de Villa-Rica (Cauca). Vol. XV: 43-45.
- Sato, J. H., Figueiredo, C. C. de, Marchão, R. L., Madari, B. E., Benedito, L. E. C., Busato, J. G., & Souza, D. M. de. (2014). Methods of soil organic carbon determination in Brazilian savannah soils. *Scientia Agricola*, 71(4): 302–308. doi: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0306>
- Schimel, D. (1995). Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global Change Biology*, 1(October 1994), 77–91. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.1995.tb00008.x>
- Schollenberger, C.J. (1927). A rapid approximate method for determining soil organic matter. *Soil Sci.* 24: 65–68.
- Schulte, E. E. & Hopkins, B. G. (1996). Estimation of soil organic matter by weight loss-on-ignition. *Soil Organic Matter: Analysis and interpretation*. 049(46):21-31. doi: <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub46.c3>
- Schumacher, B. A. (2002). Methods for the determination of total organic carbon in soils and sediments. *Carbon*, 32(April), 25. doi: <https://doi.org/http://epa.gov/esd/cmb/research/papers/bs116.pdf>.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria). (agosto, 2009). Sistema peruano de información jurídica. 10–12. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per90247.pdf>.
- Shukla, M. K., Lal, R., & Ebinger, M. (2006). Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research*, 87(2): 194–204. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.03.011>.
- Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A. & Paustian, K. (2002). Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, 241: 155-176.
- Spark, D. (2003). *Environment soil chemistry*. (2 ed). London, Academic Press.
- USDA (United States Department of Agriculture). Soil Survey Laboratory (SSL). (1995). Information manual. Soil Survey Investigations N° 45. Version 1.0. Washington, D.C., USA.

- USDA (United States Department of Agriculture). Soil Survey Staff. (2014). Soil survey field and laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 51, Version 2.0. Washington, D.C., USA.
- U.S. Natural Resources Conservation Service Soil Survey Staff. (2014). Kellogg soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42, Version 5.0, 1001. Washington, D.C., USA.
- Valcárcel, M. & Ríos, A. (1992). La calidad en los laboratorios analíticos. España: Reverte.
- Venegas, A. (2008). Caracterización de la materia orgánica de suelos de praderas naturales y cultivadas de la IX Región. Tesis. Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2008/qf-venegas_a/pdfAmont/qf-venegas_a.pdf
- Villegas, V. (2014). Variación del carbono orgánico en suelos del altiplano Potosino Oeste, 47.
- Vocabulario Internacional de Metrología, VIM. (2012). Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. Centro Español de Metrología, CEM. (3° ed.). Madrid, España.
- Walkley, A. (1947). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63: 251–264.
- Walkley, A. & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63: 251-263.
- Wickham, H. 2016. ggplot2: Elegant graphics for data analysis. New York, Springer-Verlag.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de valores de validación de ecuaciones con todas las muestras evaluadas.

Temperatura (°C)	Ecuación	R ² Ajustado	RMSE	MAE
General	$WyB = 0.3 + 0.63LOI$	0.79	3.45	2.3
	$WyB = 0.94 - 0.08CaCO_3 + 0.64LOI$	0.81	3.44	2.34
300	$WyB = 1.2 + 0.82CaCO_3$	0.84	3.04	2.3
	$WyB = 1.29 - 0.01CaCO_3 + 0.82LOI$	0.84	3.01	1.91
400	$WyB = 0.31 + 0.75LOI$	0.92	2.22	1.44
	$WyB = 0.28 + 0.003CaCO_3 + 0.75LOI$	0.92	2.22	1.45
500	$WyB = -0.64 + 0.73LOI$	0.91	2.25	1.51
	$WyB = 0.28 + 0.003CaCO_3 + 0.75 LOI$	0.92	2.23	1.45
600	$WyB = -1 + 0.65LOI$	0.88	2.69	1.88
	$WyB = -0.29 - 0.1CaCO_3 + 0.66LOI$	0.9	2.46	1.71
700°	$WyB = -1 + 0.65CaCO_3$	0.88	2.69	1.88
	$WyB = -0.21 - 0.27CaCO_3 + 0.63LOI$	0.91	2.34	1.69

Anexo 2. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
10586	0	NC	0.37	BMO	1	300	0.89
10586	0	NC	0.37	BMO	2	300	0.88
10586	0	NC	0.37	BMO	3	300	0.96
10586	0	NC	0.37	BMO	1	400	1.19
10586	0	NC	0.37	BMO	2	400	1.18
10586	0	NC	0.37	BMO	3	400	1.27
10586	0	NC	0.37	BMO	1	500	2.27
10586	0	NC	0.37	BMO	2	500	2.56
10586	0	NC	0.37	BMO	3	500	2.09
10586	0	NC	0.37	BMO	1	600	3.03
10586	0	NC	0.37	BMO	2	600	3.14
10586	0	NC	0.37	BMO	3	600	3.09
10586	0	NC	0.37	BMO	1	700	4.03
10586	0	NC	0.37	BMO	2	700	4.14
10586	0	NC	0.37	BMO	3	700	4.08
10595	0	NC	0.54	BMO	1	300	0.86
10595	0	NC	0.54	BMO	2	300	0.9
10595	0	NC	0.54	BMO	3	300	0.98
10595	0	NC	0.54	BMO	1	400	1.16
10595	0	NC	0.54	BMO	2	400	1.37
10595	0	NC	0.54	BMO	3	400	1.5
10595	0	NC	0.54	BMO	1	500	4.24
10595	0	NC	0.54	BMO	2	500	4.41
10595	0	NC	0.54	BMO	3	500	4.6
10595	0	NC	0.54	BMO	1	600	5.32
10595	0	NC	0.54	BMO	2	600	4.99
10595	0	NC	0.54	BMO	3	600	5.2
10595	0	NC	0.54	BMO	1	700	5.66
10595	0	NC	0.54	BMO	2	700	5.65
10595	0	NC	0.54	BMO	3	700	5.65

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; BMO= Bajo contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 3. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
10634	0	NC	0.67	BMO	1	300	1.09
10634	0	NC	0.67	BMO	2	300	1.07
10634	0	NC	0.67	BMO	3	300	1.19
10634	0	NC	0.67	BMO	1	400	2.01
10634	0	NC	0.67	BMO	2	400	2.03
10634	0	NC	0.67	BMO	3	400	2
10634	0	NC	0.67	BMO	1	500	3.16
10634	0	NC	0.67	BMO	2	500	3.12
10634	0	NC	0.67	BMO	3	500	3.17
10634	0	NC	0.67	BMO	1	600	3.55
10634	0	NC	0.67	BMO	2	600	3.56
10634	0	NC	0.67	BMO	3	600	3.53
10634	0	NC	0.67	BMO	1	700	4.15
10634	0	NC	0.67	BMO	2	700	4.13
10634	0	NC	0.67	BMO	3	700	4.19
10636	0	NC	0.99	BMO	1	300	2.03
10636	0	NC	0.99	BMO	2	300	2.14
10636	0	NC	0.99	BMO	3	300	2.06
10636	0	NC	0.99	BMO	1	400	2.51
10636	0	NC	0.99	BMO	2	400	3.04
10636	0	NC	0.99	BMO	3	400	3.01
10636	0	NC	0.99	BMO	1	500	4.37
10636	0	NC	0.99	BMO	2	500	4.7
10636	0	NC	0.99	BMO	3	500	4.02
10636	0	NC	0.99	BMO	1	600	5.47
10636	0	NC	0.99	BMO	2	600	5.6
10636	0	NC	0.99	BMO	3	600	5.54
10636	0	NC	0.99	BMO	1	700	6.22
10636	0	NC	0.99	BMO	2	700	6.2
10636	0	NC	0.99	BMO	3	700	6.24

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; BMO= Bajo contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 4. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	1	300	1.4
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	2	300	1.31
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	3	300	1.18
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	1	400	1.73
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	2	400	1.92
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	3	400	1.8
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	1	500	2.57
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	2	500	2.52
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	3	500	2.45
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	1	600	2.92
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	2	600	2.97
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	3	600	2.96
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	1	700	3.17
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	2	700	3.33
C-15-Ap	0	NC	1.93	BMO	3	700	3.34
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	1	300	1.83
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	2	300	1.82
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	3	300	1.71
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	1	400	2.69
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	2	400	2.55
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	3	400	2.56
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	1	500	4.7
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	2	500	4.38
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	3	500	4.05
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	1	600	5.24
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	2	600	5.28
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	3	600	5.07
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	1	700	6.04
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	2	700	5.99
C-30-Br	0	NC	2.07	MMO	3	700	6.04

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MMO= Medio contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 5. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	1	300	1.96
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	2	300	1.91
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	3	300	1.87
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	1	400	2.42
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	2	400	2.56
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	3	400	2.64
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	1	500	3.65
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	2	500	3.2
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	3	500	3.34
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	1	600	2.42
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	2	600	2.56
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	3	600	2.64
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	1	700	4.27
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	2	700	4.29
C-10-A2	0	NC	2.51	MMO	3	700	4.35
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	1	300	2.5
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	2	300	2.37
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	3	300	2.51
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	1	400	2.98
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	2	400	3.18
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	3	400	3.3
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	1	500	3.98
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	2	500	4.09
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	3	500	4.01
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	1	600	4.63
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	2	600	4.68
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	3	600	4.71
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	1	700	5.23
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	2	700	5.3
C-23-Ap	0	NC	3.14	MMO	3	700	5.3

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MMO= Medio contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 6. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	1	300	4.01
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	2	300	3.88
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	3	300	3.91
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	1	400	4.72
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	2	400	4.76
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	3	400	5.02
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	1	500	6.55
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	2	500	6.69
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	3	500	6.67
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	1	600	7.16
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	2	600	7.08
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	3	600	7.11
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	1	700	7.54
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	2	700	7.64
C-30-A/B	0	NC	4.63	MMO	3	700	7.54
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	1	300	2.16
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	2	300	2.23
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	3	300	2.21
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	1	400	3.57
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	2	400	3.36
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	3	400	3.7
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	1	500	4.94
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	2	500	4.97
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	3	500	5.06
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	1	600	5.56
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	2	600	5.48
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	3	600	5.53
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	1	700	5.82
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	2	700	5.91
C-01-Bw	0	NC	3.21	MMO	3	700	5.91

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MMO= Medio contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 7. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	1	300	3.79
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	2	300	3.65
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	3	300	3.48
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	1	400	4.66
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	2	400	4.52
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	3	400	4.14
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	1	500	6.42
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	2	500	6.57
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	3	500	6.5
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	1	600	6.26
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	2	600	4.96
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	3	600	6.45
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	1	700	7.22
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	2	700	7.12
C-39-A	0	NC	3.88	MMO	3	700	7.22
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	1	300	3.79
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	2	300	3.88
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	3	300	3.78
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	1	400	4.75
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	2	400	4.98
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	3	400	5.17
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	1	500	6.32
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	2	500	6.32
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	3	500	5.26
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	1	600	6.62
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	2	600	6.8
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	3	600	6.88
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	1	700	7.11
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	2	700	7.13
C-12-Ap	0	NC	5.19	AMO	3	700	7.02

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MMO= Medio contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 8. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	1	300	4.79
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	2	300	3.48
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	3	300	3.71
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	1	400	5.17
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	2	400	5.21
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	3	400	4.58
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	1	500	6.39
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	2	500	6.41
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	3	500	6.79
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	1	600	6.71
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	2	600	6.65
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	3	600	6.85
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	1	700	7.15
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	2	700	7.01
C-37-A	0	NC	5.93	AMO	3	700	7.15
5431	0	NC	10.11	MAMO	1	300	12.83
5431	0	NC	10.11	MAMO	2	300	13.19
5431	0	NC	10.11	MAMO	3	300	13.09
5431	0	NC	10.11	MAMO	1	400	16.37
5431	0	NC	10.11	MAMO	2	400	16.2
5431	0	NC	10.11	MAMO	3	400	16.17
5431	0	NC	10.11	MAMO	1	500	18.19
5431	0	NC	10.11	MAMO	2	500	18.12
5431	0	NC	10.11	MAMO	3	500	18.52
5431	0	NC	10.11	MAMO	1	600	19.14
5431	0	NC	10.11	MAMO	2	600	19.12
5431	0	NC	10.11	MAMO	3	600	19.05
5431	0	NC	10.11	MAMO	1	700	19.17
5431	0	NC	10.11	MAMO	2	700	19.21
5431	0	NC	10.11	MAMO	3	700	19.51

Ca= Carbonatos; CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; AMO= Alto contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica.; TEMP= Temperatura.

Anexo 9. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
4339	0	NC	10.11	MAMO	1	300	11.71
4339	0	NC	10.11	MAMO	2	300	11.02
4339	0	NC	10.11	MAMO	3	300	11.41
4339	0	NC	10.11	MAMO	1	400	13.33
4339	0	NC	10.11	MAMO	2	400	13.94
4339	0	NC	10.11	MAMO	3	400	13.92
4339	0	NC	10.11	MAMO	1	500	16.07
4339	0	NC	10.11	MAMO	2	500	15.62
4339	0	NC	10.11	MAMO	3	500	15.97
4339	0	NC	10.11	MAMO	1	600	16.68
4339	0	NC	10.11	MAMO	2	600	16.69
4339	0	NC	10.11	MAMO	3	600	16.61
4339	0	NC	10.11	MAMO	1	700	17.1
4339	0	NC	10.11	MAMO	2	700	17.38
4339	0	NC	10.11	MAMO	3	700	17.3
5432	0	NC	10.76	MAMO	1	300	12.4
5432	0	NC	10.76	MAMO	2	300	12.5
5432	0	NC	10.76	MAMO	3	300	12.93
5432	0	NC	10.76	MAMO	1	400	15.82
5432	0	NC	10.76	MAMO	2	400	15.84
5432	0	NC	10.76	MAMO	3	400	15.97
5432	0	NC	10.76	MAMO	1	500	17.03
5432	0	NC	10.76	MAMO	2	500	16.95
5432	0	NC	10.76	MAMO	3	500	17.17
5432	0	NC	10.76	MAMO	1	600	17.24
5432	0	NC	10.76	MAMO	2	600	17.8
5432	0	NC	10.76	MAMO	3	600	17.62
5432	0	NC	10.76	MAMO	1	700	18.16
5432	0	NC	10.76	MAMO	2	700	18.38
5432	0	NC	10.76	MAMO	3	700	18.27

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica.; TEMP= Temperatura.

Anexo 10. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	1	300	9.93
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	2	300	8.49
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	3	300	9.12
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	1	400	11.37
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	2	400	11.39
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	3	400	10.91
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	1	500	12.71
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	2	500	12.89
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	3	500	12.27
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	1	600	12.83
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	2	600	12.59
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	3	600	12.42
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	1	700	12.84
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	2	700	11.91
C-45-C	0	NC	11.21	MAMO	3	700	12.48
9040	0	NC	11.49	MAMO	1	300	11.94
9040	0	NC	11.49	MAMO	2	300	12.32
9040	0	NC	11.49	MAMO	3	300	12.16
9040	0	NC	11.49	MAMO	1	400	15.52
9040	0	NC	11.49	MAMO	2	400	15.44
9040	0	NC	11.49	MAMO	3	400	15.01
9040	0	NC	11.49	MAMO	1	500	16.5
9040	0	NC	11.49	MAMO	2	500	16.92
9040	0	NC	11.49	MAMO	3	500	16.54
9040	0	NC	11.49	MAMO	1	600	17.4
9040	0	NC	11.49	MAMO	2	600	17.01
9040	0	NC	11.49	MAMO	3	600	17.14
9040	0	NC	11.49	MAMO	1	700	17.68
9040	0	NC	11.49	MAMO	2	700	17.74
9040	0	NC	11.49	MAMO	2	700	17.91

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica.; TEMP= Temperatura.

Anexo 11. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	1	300	10.47
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	2	300	10.09
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	3	300	10
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	1	400	12.33
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	2	400	12.29
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	3	400	12.29
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	1	500	12.8
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	2	500	12.62
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	3	500	12.96
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	1	600	13.08
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	2	600	13.7
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	3	600	13.87
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	1	700	13.39
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	2	700	13.99
C-47-A	0	NC	11.52	MAMO	3	700	13.51
11026	0	NC	13.04	MAMO	1	300	18.82
11026	0	NC	13.04	MAMO	2	300	18.82
11026	0	NC	13.04	MAMO	3	300	18.74
11026	0	NC	13.04	MAMO	1	400	19.77
11026	0	NC	13.04	MAMO	2	400	19.82
11026	0	NC	13.04	MAMO	3	400	19.99
11026	0	NC	13.04	MAMO	1	500	20.8
11026	0	NC	13.04	MAMO	2	500	21.61
11026	0	NC	13.04	MAMO	3	500	20.99
11026	0	NC	13.04	MAMO	1	600	22.57
11026	0	NC	13.04	MAMO	2	600	22.78
11026	0	NC	13.04	MAMO	3	600	22.72
11026	0	NC	13.04	MAMO	1	700	23.7
11026	0	NC	13.04	MAMO	2	700	23.68
11026	0	NC	13.04	MAMO	3	700	23.48

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica.; TEMP= Temperatura.

Anexo12. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
11019	0	NC	14.02	MAMO	1	300	18.99
11019	0	NC	14.02	MAMO	2	300	17.7
11019	0	NC	14.02	MAMO	3	300	18.23
11019	0	NC	14.02	MAMO	1	400	19.9
11019	0	NC	14.02	MAMO	2	400	19.81
11019	0	NC	14.02	MAMO	3	400	19.38
11019	0	NC	14.02	MAMO	1	500	22.6
11019	0	NC	14.02	MAMO	2	500	23.04
11019	0	NC	14.02	MAMO	3	500	22.95
11019	0	NC	14.02	MAMO	1	600	23.59
11019	0	NC	14.02	MAMO	2	600	23.69
11019	0	NC	14.02	MAMO	3	600	23.74
11019	0	NC	14.02	MAMO	1	700	25.08
11019	0	NC	14.02	MAMO	2	700	25.13
11019	0	NC	14.02	MAMO	3	700	24.87
11124	0	NC	20.06	EAMO	1	300	21.2
11124	0	NC	20.06	EAMO	2	300	21.74
11124	0	NC	20.06	EAMO	3	300	22.37
11124	0	NC	20.06	EAMO	1	400	23.7
11124	0	NC	20.06	EAMO	2	400	23.63
11124	0	NC	20.06	EAMO	3	400	23.64
11124	0	NC	20.06	EAMO	1	500	26.72
11124	0	NC	20.06	EAMO	2	500	27.59
11124	0	NC	20.06	EAMO	3	500	27.92
11124	0	NC	20.06	EAMO	1	600	30.98
11124	0	NC	20.06	EAMO	2	600	30.97
11124	0	NC	20.06	EAMO	3	600	31.09
11124	0	NC	20.06	EAMO	1	700	31.89
11124	0	NC	20.06	EAMO	2	700	31.66
11124	0	NC	20.06	EAMO	3	700	31.58

Ca= Carbonatos; CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica.; EAMO= Extremadamente alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 13. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
16498	0	NC	20.41	EAMO	1	300	16.1
16498	0	NC	20.41	EAMO	2	300	16.84
16498	0	NC	20.41	EAMO	3	300	16.72
16498	0	NC	20.41	EAMO	1	400	24.05
16498	0	NC	20.41	EAMO	2	400	24.95
16498	0	NC	20.41	EAMO	3	400	24.64
16498	0	NC	20.41	EAMO	1	500	26.44
16498	0	NC	20.41	EAMO	2	500	26.47
16498	0	NC	20.41	EAMO	3	500	26.45
16498	0	NC	20.41	EAMO	1	600	26.19
16498	0	NC	20.41	EAMO	2	600	26.48
16498	0	NC	20.41	EAMO	3	600	26.79
16498	0	NC	20.41	EAMO	1	700	27.94
16498	0	NC	20.41	EAMO	2	700	27.4
16498	0	NC	20.41	EAMO	3	700	27.4
16496	0	NC	20.48	EAMO	1	300	17.19
16496	0	NC	20.48	EAMO	2	300	17.19
16496	0	NC	20.48	EAMO	3	300	17.47
16496	0	NC	20.48	EAMO	1	400	26.12
16496	0	NC	20.48	EAMO	2	400	27.72
16496	0	NC	20.48	EAMO	3	400	26.88
16496	0	NC	20.48	EAMO	1	500	28.68
16496	0	NC	20.48	EAMO	2	500	27.79
16496	0	NC	20.48	EAMO	3	500	27.50
16496	0	NC	20.48	EAMO	1	600	28.07
16496	0	NC	20.48	EAMO	2	600	28.03
16496	0	NC	20.48	EAMO	3	600	27.81
16496	0	NC	20.48	EAMO	1	700	29.3
16496	0	NC	20.48	EAMO	2	700	29.07
16496	0	NC	20.48	EAMO	3	700	29.38

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; EAMO= Extremadamente alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 14. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
1367	0	NC	20.69	EAMO	1	300	21.11
1367	0	NC	20.69	EAMO	2	300	21.13
1367	0	NC	20.69	EAMO	3	300	20.11
1367	0	NC	20.69	EAMO	1	400	24.2
1367	0	NC	20.69	EAMO	2	400	23.83
1367	0	NC	20.69	EAMO	3	400	23.9
1367	0	NC	20.69	EAMO	1	500	26.39
1367	0	NC	20.69	EAMO	2	500	26.19
1367	0	NC	20.69	EAMO	3	500	24.91
1367	0	NC	20.69	EAMO	1	600	27.77
1367	0	NC	20.69	EAMO	2	600	28.21
1367	0	NC	20.69	EAMO	3	600	28.21
1367	0	NC	20.69	EAMO	1	700	28.95
1367	0	NC	20.69	EAMO	2	700	28.92
1367	0	NC	20.69	EAMO	3	700	28.78
11661	0	NC	35.07	EAMO	1	300	21.45
11661	0	NC	35.07	EAMO	2	300	21.66
11661	0	NC	35.07	EAMO	3	300	21.61
11661	0	NC	35.07	EAMO	1	400	31.91
11661	0	NC	35.07	EAMO	2	400	31.54
11661	0	NC	35.07	EAMO	3	400	31.61
11661	0	NC	35.07	EAMO	1	500	35.89
11661	0	NC	35.07	EAMO	2	500	36.06
11661	0	NC	35.07	EAMO	3	500	35.54
11661	0	NC	35.07	EAMO	1	600	41.3
11661	0	NC	35.07	EAMO	2	600	40.99
11661	0	NC	35.07	EAMO	3	600	41.1
11661	0	NC	35.07	EAMO	1	700	43.88
11661	0	NC	35.07	EAMO	2	700	43.82
11661	0	NC	35.07	EAMO	3	700	43.84

Ca= Carbonatos; CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; EAMO= Extremadamente alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 15. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
9393	0	NC	35.38	EAMO	1	300	52.5
9393	0	NC	35.38	EAMO	2	300	55.51
9393	0	NC	35.38	EAMO	3	300	53.15
9393	0	NC	35.38	EAMO	1	400	56.77
9393	0	NC	35.38	EAMO	2	400	56.43
9393	0	NC	35.38	EAMO	3	400	57.53
9393	0	NC	35.38	EAMO	1	500	58.79
9393	0	NC	35.38	EAMO	2	500	59.58
9393	0	NC	35.38	EAMO	3	500	58.42
9393	0	NC	35.38	EAMO	1	600	64.75
9393	0	NC	35.38	EAMO	2	600	64.28
9393	0	NC	35.38	EAMO	3	600	64.59
9393	0	NC	35.38	EAMO	1	700	66.41
9393	0	NC	35.38	EAMO	2	700	66.89
9393	0	NC	35.38	EAMO	3	700	66.7
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	1	300	0.52
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	2	300	0.42
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	3	300	0.47
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	1	400	0.26
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	2	400	0.53
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	3	400	0.71
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	1	500	1.3
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	2	500	1.43
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	3	500	1.4
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	1	600	1.46
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	2	600	1.42
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	3	600	1.42
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	1	700	1.37
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	2	700	1.42
10716	0.2	LC	0.03	MBMO	3	700	1.31

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; NC= No calcáreo; LC= Ligeramente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; EAMO= Extremadamente alto contenido de materia orgánica; MBMO= Muy bajo contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 16. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	1	300	0.23
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	2	300	0.27
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	3	300	0.37
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	1	400	0.5
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	2	400	0.44
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	3	400	0.47
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	1	500	1.16
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	2	500	1.15
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	3	500	1.17
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	1	600	1.32
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	2	600	1.25
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	3	600	1.18
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	1	700	1.24
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	2	700	1.24
10728	0.4	LC	0.03	MBMO	3	700	1.27
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	1	300	1.42
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	2	300	1.44
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	3	300	1.56
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	1	400	2.18
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	2	400	1.88
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	3	400	2.14
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	1	500	3.29
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	2	500	3.42
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	3	500	3.17
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	1	600	3.41
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	2	600	3.5
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	3	600	3.09
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	1	700	3.92
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	2	700	4.01
C-09-AC	0.63	LC	1.75	MBMO	3	700	4.11

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; LC= Ligeramente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MBMO= Muy bajo contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 17. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	1	300	0.75
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	2	300	0.71
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	3	300	0.71
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	1	400	1.48
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	2	400	1.54
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	3	400	1.55
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	1	500	2.81
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	2	500	2.43
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	3	500	2.68
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	1	600	3.95
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	2	600	3.99
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	3	600	4.06
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	1	700	4.39
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	2	700	4.42
C-17-A	1.88	LC	1.68	MBMO	3	700	4.39
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	1	300	1.32
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	2	300	1.18
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	3	300	1.28
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	1	400	1.79
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	2	400	1.7
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	3	400	1.77
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	1	500	2.28
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	2	500	2.38
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	3	500	2.49
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	1	600	3.01
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	2	600	2.88
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	3	600	2.99
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	1	700	3.38
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	2	700	3.54
C-18-Ap	1.88	LC	1.98	MBMO	3	700	3.45

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; LC= Ligeramente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MBMO= Muy bajo contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 18. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	1	300	1.58
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	2	300	1.57
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	3	300	1.37
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	1	400	2.77
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	2	400	2.69
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	3	400	2.74
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	1	500	3.96
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	2	500	3.91
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	3	500	3.92
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	1	600	4.59
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	2	600	4.7
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	3	600	4.71
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	1	700	5.4
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	2	700	5.32
C-14-A	1.88	LC	2.86	MMO	3	700	5.34
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	1	300	1.42
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	2	300	1.48
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	3	300	1.33
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	1	400	4.75
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	2	400	4.9
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	3	400	6.76
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	1	500	4.37
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	2	500	4.43
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	3	500	4.34
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	1	600	5.3
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	2	600	5.29
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	3	600	5.27
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	1	700	7.38
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	2	700	7.62
C-03-AC	1.5	LC	4.88	MMO	3	700	7.55

Ca= Carbonatos; CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; LC= Ligeramente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MMO= Medio contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 19. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
11007	1.2	LC	5.52	AMO	1	300	7.96
11007	1.2	LC	5.52	AMO	2	300	7.96
11007	1.2	LC	5.52	AMO	3	300	7.58
11007	1.2	LC	5.52	AMO	1	400	8.86
11007	1.2	LC	5.52	AMO	2	400	8.87
11007	1.2	LC	5.52	AMO	3	400	8.75
11007	1.2	LC	5.52	AMO	1	500	11.27
11007	1.2	LC	5.52	AMO	2	500	11.06
11007	1.2	LC	5.52	AMO	3	500	11.43
11007	1.2	LC	5.52	AMO	1	600	11.96
11007	1.2	LC	5.52	AMO	2	600	12.07
11007	1.2	LC	5.52	AMO	3	600	11.98
11007	1.2	LC	5.52	AMO	1	700	12.84
11007	1.2	LC	5.52	AMO	2	700	12.79
11007	1.2	LC	5.52	AMO	3	700	12.61
11039	1	LC	12.16	MAMO	1	300	15.12
11039	1	LC	12.16	MAMO	2	300	15.31
11039	1	LC	12.16	MAMO	3	300	15.69
11039	1	LC	12.16	MAMO	1	400	18.13
11039	1	LC	12.16	MAMO	2	400	18.24
11039	1	LC	12.16	MAMO	3	400	17.9
11039	1	LC	12.16	MAMO	1	500	19.98
11039	1	LC	12.16	MAMO	2	500	19.82
11039	1	LC	12.16	MAMO	3	500	19.79
11039	1	LC	12.16	MAMO	1	600	21.09
11039	1	LC	12.16	MAMO	2	600	21.17
11039	1	LC	12.16	MAMO	3	600	21.09
11039	1	LC	12.16	MAMO	1	700	22.04
11039	1	LC	12.16	MAMO	2	700	22.01
11039	1	LC	12.16	MAMO	3	700	21.55

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; LC= Ligeramente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MMO= Medio contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 20. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	1	300	20.15
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	2	300	19.34
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	3	300	19.84
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	1	400	25.49
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	2	400	27.37
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	3	400	25.46
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	1	500	28.27
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	2	500	17.07
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	3	500	28.52
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	1	600	29.54
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	2	600	30.17
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	3	600	29.73
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	1	700	31.03
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	2	700	31.03
9587	0.5	LC	20.57	EAMO	3	700	30.97
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	1	300	0.97
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	2	300	0.91
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	3	300	0.87
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	1	400	1.76
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	2	400	1.88
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	3	400	1.84
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	1	500	3.29
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	2	500	3.02
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	3	500	3.31
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	1	600	4.32
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	2	600	4.54
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	3	600	4.54
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	1	700	5.23
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	2	700	5.33
C-17-C2	4.38	MC	0.37	MBMO	3	700	5.21

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; LC= Ligeramente calcáreo; MC= Moderadamente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; EAMO= Extremadamente alto contenido de materia orgánica; MBMO= Muy bajo contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 21. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	1	300	0.71
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	2	300	0.84
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	3	300	0.90
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	1	400	1.52
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	2	400	1.6
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	3	400	1.62
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	1	500	2.9
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	2	500	2.48
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	3	500	2.98
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	1	600	3.87
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	2	600	3.98
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	3	600	3.85
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	1	700	4.59
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	2	700	4.58
C-16-Cr	6	MC	1.42	BMO	3	700	4.52
11114	3.1	MC	4.69	AMO	1	300	6.45
11114	3.1	MC	4.69	AMO	2	300	6.36
11114	3.1	MC	4.69	AMO	3	300	6.67
11114	3.1	MC	4.69	AMO	1	400	7.1
11114	3.1	MC	4.69	AMO	2	400	7.47
11114	3.1	MC	4.69	AMO	3	400	7.18
11114	3.1	MC	4.69	AMO	1	500	9.02
11114	3.1	MC	4.69	AMO	2	500	9.02
11114	3.1	MC	4.69	AMO	3	500	9.01
11114	3.1	MC	4.69	AMO	1	600	9.64
11114	3.1	MC	4.69	AMO	2	600	9.66
11114	3.1	MC	4.69	AMO	3	600	9.46
11114	3.1	MC	4.69	AMO	1	700	11.17
11114	3.1	MC	4.69	AMO	2	700	11.33
11114	3.1	MC	4.69	AMO	3	700	11.19

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; MC= Moderadamente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; BMO= Bajo contenido de materia orgánica; AMO= Alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 22. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	1	300	4.00
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	2	300	4.17
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	3	300	3.62
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	1	400	5.15
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	2	400	5.31
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	3	400	5.24
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	1	500	6.45
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	2	500	6.40
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	3	500	6.58
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	1	600	7.27
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	2	600	7.19
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	3	600	7.26
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	1	700	7.86
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	2	700	7.84
C-18-AB	9.7	MC	4.95	AMO	3	700	7.98
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	1	300	2.45
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	2	300	2.43
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	3	300	2.7
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	1	400	4.29
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	2	400	4.09
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	3	400	4.03
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	1	500	5.98
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	2	500	5.73
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	3	500	5.99
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	1	600	6.18
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	2	600	6.05
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	3	600	9.33
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	1	700	6.63
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	2	700	6.36
C-20-AB	6.75	MC	4.67	AMO	3	700	6.47

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; MC= Moderadamente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; AMO= Alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 23. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
11119	8.6	MC	7.59	AMO	1	300	8.51
11119	8.6	MC	7.59	AMO	2	300	8.89
11119	8.6	MC	7.59	AMO	3	300	8.99
11119	8.6	MC	7.59	AMO	1	400	9.52
11119	8.6	MC	7.59	AMO	2	400	9.79
11119	8.6	MC	7.59	AMO	3	400	9.57
11119	8.6	MC	7.59	AMO	1	500	11.45
11119	8.6	MC	7.59	AMO	2	500	11.47
11119	8.6	MC	7.59	AMO	3	500	11.39
11119	8.6	MC	7.59	AMO	1	600	13.36
11119	8.6	MC	7.59	AMO	2	600	12.78
11119	8.6	MC	7.59	AMO	3	600	12.89
11119	8.6	MC	7.59	AMO	1	700	14.3
11119	8.6	MC	7.59	AMO	2	700	14.8
11119	8.6	MC	7.59	AMO	3	700	14.9
11097	10	MC	10.69	MAMO	1	300	13.47
11097	10	MC	10.69	MAMO	2	300	13.65
11097	10	MC	10.69	MAMO	3	300	13.84
11097	10	MC	10.69	MAMO	1	400	15.08
11097	10	MC	10.69	MAMO	2	400	14.49
11097	10	MC	10.69	MAMO	3	400	15.05
11097	10	MC	10.69	MAMO	1	500	17.91
11097	10	MC	10.69	MAMO	2	500	17.91
11097	10	MC	10.69	MAMO	3	500	18.36
11097	10	MC	10.69	MAMO	1	600	21.4
11097	10	MC	10.69	MAMO	2	600	20.9
11097	10	MC	10.69	MAMO	3	600	21.12
11097	10	MC	10.69	MAMO	1	700	24.21
11097	10	MC	10.69	MAMO	2	700	23.88
11097	10	MC	10.69	MAMO	3	700	23.78

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; MC= Moderadamente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; AMO= Alto contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 24. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
10239	10.5	FC	0.06	BMO	1	300	0.23
10239	10.5	FC	0.06	BMO	2	300	0.21
10239	10.5	FC	0.06	BMO	3	300	0.28
10239	10.5	FC	0.06	BMO	1	400	0.42
10239	10.5	FC	0.06	BMO	2	400	0.33
10239	10.5	FC	0.06	BMO	3	400	0.26
10239	10.5	FC	0.06	BMO	1	500	1.9
10239	10.5	FC	0.06	BMO	2	500	1.87
10239	10.5	FC	0.06	BMO	3	500	1.65
10239	10.5	FC	0.06	BMO	1	600	2.42
10239	10.5	FC	0.06	BMO	2	600	2.36
10239	10.5	FC	0.06	BMO	3	600	2.23
10239	10.5	FC	0.06	BMO	1	700	5.01
10239	10.5	FC	0.06	BMO	2	700	5.2
10239	10.5	FC	0.06	BMO	3	700	5.26
7820	19.6	FC	1.97	BMO	1	300	2.61
7820	19.6	FC	1.97	BMO	2	300	2.56
7820	19.6	FC	1.97	BMO	3	300	2.85
7820	19.6	FC	1.97	BMO	1	400	3.26
7820	19.6	FC	1.97	BMO	2	400	3.21
7820	19.6	FC	1.97	BMO	3	400	3.34
7820	19.6	FC	1.97	BMO	1	500	5.5
7820	19.6	FC	1.97	BMO	2	500	5.58
7820	19.6	FC	1.97	BMO	3	500	5.53
7820	19.6	FC	1.97	BMO	1	600	11.95
7820	19.6	FC	1.97	BMO	2	600	11.61
7820	19.6	FC	1.97	BMO	3	600	10.74
7820	19.6	FC	1.97	BMO	1	700	14.9
7820	19.6	FC	1.97	BMO	2	700	14.84
7820	19.6	FC	1.97	BMO	3	700	15.08

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; FC= Fuertemente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; BMO= Bajo contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 25. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	1	300	3.22
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	2	300	2.94
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	3	300	2.96
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	1	400	4.09
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	2	400	3.51
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	3	400	3.48
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	1	500	5.35
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	2	500	5.34
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	3	500	5.21
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	1	600	6.66
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	2	600	6.65
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	3	600	6.47
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	1	700	7.01
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	2	700	6.87
C-18-B	10.5	FC	3.31	MMO	3	700	6.94
5770	13.8	FC	3.78	MMO	1	300	5.12
5770	13.8	FC	3.78	MMO	2	300	5.09
5770	13.8	FC	3.78	MMO	3	300	4.68
5770	13.8	FC	3.78	MMO	1	400	6.36
5770	13.8	FC	3.78	MMO	2	400	6.76
5770	13.8	FC	3.78	MMO	3	400	6.56
5770	13.8	FC	3.78	MMO	1	500	8.18
5770	13.8	FC	3.78	MMO	2	500	8.28
5770	13.8	FC	3.78	MMO	3	500	8.17
5770	13.8	FC	3.78	MMO	1	600	9.41
5770	13.8	FC	3.78	MMO	2	600	9.07
5770	13.8	FC	3.78	MMO	3	600	9.27
5770	13.8	FC	3.78	MMO	1	700	13.98
5770	13.8	FC	3.78	MMO	2	700	13.83

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; FC= Fuertemente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MMO= Medio contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 26. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	1	300	4.8
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	2	300	4.65
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	3	300	4.13
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	1	400	6.02
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	2	400	5.94
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	3	400	6.19
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	1	500	7.58
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	2	500	7.13
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	3	500	7.56
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	1	600	8.65
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	2	600	8.86
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	3	600	8.71
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	1	700	9.11
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	2	700	8.99
C-13-Ap	10.25	FC	5.9	AMO	3	700	9.3
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	1	300	5.28
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	2	300	5.46
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	3	300	6.43
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	1	400	8.43
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	2	400	8.84
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	3	400	8.73
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	1	500	10.12
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	2	500	9.93
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	3	500	9.94
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	1	600	12.38
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	2	600	12.22
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	3	600	11.96
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	1	700	14.48
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	2	700	14.45
C-20-A	21.5	FC	7.75	AMO	3	700	14.39

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; FC= Fuertemente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; AMO= Alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 27. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	1	300	9.24
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	2	300	9.81
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	3	300	9.02
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	1	400	12.54
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	2	400	12.69
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	3	400	12.52
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	1	500	13.95
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	2	500	13.73
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	3	500	13.96
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	1	600	15.65
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	2	600	15.5
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	3	600	15.61
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	1	700	20.53
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	2	700	20.98
5729	16.2	FC	8.41	MAMO	3	700	20.76
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	1	300	10.61
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	2	300	10.12
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	3	300	9.59
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	1	400	12.73
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	2	400	12.85
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	3	400	13.27
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	1	500	14.45
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	2	500	13.84
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	3	500	13.87
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	1	600	18.46
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	2	600	18.79
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	3	600	19.02
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	1	700	25.2
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	2	700	25.26
12218	21.5	FC	10.11	MAMO	3	700	24.31

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; FC= Fuertemente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 28. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	1	300	15.27
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	2	300	14.58
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	3	300	14.05
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	1	400	15.23
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	2	400	15.68
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	3	400	15.11
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	1	500	19.55
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	2	500	19.1
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	3	500	19.2
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	1	600	20.95
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	2	600	20.43
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	3	600	20.65
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	1	700	25.84
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	2	700	25.81
11108	16.2	FC	13.61	MAMO	3	700	26.91
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	1	300	0.75
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	2	300	0.9
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	3	300	0.66
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	1	400	2.02
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	2	400	2.01
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	3	400	1.94
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	1	500	2.55
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	2	500	2.45
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	3	500	2.35
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	1	600	5.05
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	2	600	6.29
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	3	600	6.23
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	1	700	24.89
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	2	700	24.08
10241	55.8	EC	0.08	MAMO	3	700	24.36

Ca= Carbonatos; CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; FC= Fuertemente calcáreo; EC= Extremadamente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 29. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
14814	33.9	EC	0.72	BMO	1	300	1.06
14814	33.9	EC	0.72	BMO	2	300	1.34
14814	33.9	EC	0.72	BMO	3	300	1.1
14814	33.9	EC	0.72	BMO	1	400	1.47
14814	33.9	EC	0.72	BMO	2	400	1.42
14814	33.9	EC	0.72	BMO	3	400	1.55
14814	33.9	EC	0.72	BMO	1	500	3.03
14814	33.9	EC	0.72	BMO	2	500	3.00
14814	33.9	EC	0.72	BMO	3	500	3.01
14814	33.9	EC	0.72	BMO	1	600	6.85
14814	33.9	EC	0.72	BMO	2	600	5.45
14814	33.9	EC	0.72	BMO	3	600	5.92
14814	33.9	EC	0.72	BMO	1	700	17.64
14814	33.9	EC	0.72	BMO	2	700	17.6
14814	33.9	EC	0.72	BMO	3	700	17.01
7765	45.8	EC	2.39	MMO	1	300	2.97
7765	45.8	EC	2.39	MMO	2	300	3.11
7765	45.8	EC	2.39	MMO	3	300	3.09
7765	45.8	EC	2.39	MMO	1	400	4.21
7765	45.8	EC	2.39	MMO	2	400	4.11
7765	45.8	EC	2.39	MMO	3	400	4.42
7765	45.8	EC	2.39	MMO	1	500	7.12
7765	45.8	EC	2.39	MMO	2	500	7.64
7765	45.8	EC	2.39	MMO	3	500	7.17
7765	45.8	EC	2.39	MMO	1	600	21.61
7765	45.8	EC	2.39	MMO	2	600	20.72
7765	45.8	EC	2.39	MMO	3	600	21.11
7765	45.8	EC	2.39	MMO	1	700	27.98
7765	45.8	EC	2.39	MMO	2	700	27.93
7765	45.8	EC	2.39	MMO	3	700	28.08

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; FC= Fuertemente calcáreo; EC= Extremadamente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 30. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
11144	24.3	EC	3.91	MMO	1	300	2.41
11144	24.3	EC	3.91	MMO	2	300	2.59
11144	24.3	EC	3.91	MMO	3	300	2.66
11144	24.3	EC	3.91	MMO	1	400	5.17
11144	24.3	EC	3.91	MMO	2	400	5.24
11144	24.3	EC	3.91	MMO	3	400	5.25
11144	24.3	EC	3.91	MMO	1	500	6.46
11144	24.3	EC	3.91	MMO	2	500	6.29
11144	24.3	EC	3.91	MMO	3	500	6.07
11144	24.3	EC	3.91	MMO	1	600	11.15
11144	24.3	EC	3.91	MMO	2	600	11.65
11144	24.3	EC	3.91	MMO	3	600	11.47
11144	24.3	EC	3.91	MMO	1	700	21.7
11144	24.3	EC	3.91	MMO	2	700	20.09
11144	24.3	EC	3.91	MMO	3	700	21.75
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	1	300	8.67
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	2	300	8.78
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	3	300	8.74
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	1	400	9.39
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	2	400	9.39
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	3	400	9.34
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	1	500	13.05
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	2	500	13.04
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	3	500	13.06
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	1	600	14.61
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	2	600	14.4
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	3	600	14.18
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	1	700	25.19
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	2	700	24.91
5573	25.3	EC	8.66	MAMO	3	700	25.67

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; EC= Extremadamente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MMO= Medio contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 31. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	1	300	12.35
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	2	300	12.23
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	3	300	12.37
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	1	400	12.59
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	2	400	13.06
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	2	400	13.06
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	1	500	15.83
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	2	500	15.76
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	3	500	14.8
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	1	600	21.37
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	2	600	20.72
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	3	600	21.18
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	1	700	32.98
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	2	700	34.29
11133	40.1	EC	10.44	MAMO	3	700	33.62
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	1	300	9.98
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	2	300	9.8
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	3	300	9.46
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	1	400	11.6
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	2	400	11.15
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	3	400	11.5
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	1	500	13.95
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	2	500	13.79
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	3	500	13.9
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	1	600	20.8
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	2	600	20.38
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	3	600	20.22
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	1	700	30.77
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	2	700	30.96
11113	35.8	EC	10.86	MAMO	3	700	30.41

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; EC= Extremadamente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 32. Tabla de datos evaluados y calculados de materia orgánica y carbonatos.

CODIGO	CaCO₃	CC	MO_WyB	CMO	REP	TEMP	MO_LOI
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	1	300	21.51
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	2	300	21.85
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	3	300	20.86
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	1	400	24.26
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	2	400	24.74
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	3	400	23.16
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	1	500	27.17
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	2	500	27.54
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	3	500	27.63
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	1	600	32.43
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	2	600	31.82
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	3	600	32.3
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	1	700	43.91
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	2	700	43.72
11112	27.7	EC	21.87	EAMO	3	700	43.49

CC= Clasificación de carbonatos; REP= Repetición; EC= Extremadamente calcáreo; CMO= Clasificación del contenido de materia orgánica; MAMO= Muy alto contenido de materia orgánica; TEMP= Temperatura.

Anexo 33. Tabla de diferencias de materia orgánica obtenidas por el método de calcinación a temperatura de 300°C y oxidación húmeda.

300°C							
CODIGO	MO_WyB	MO_LOI	DIF	CODIGO	MO_WyB	MO_LOI	DIF
10586	0.37	0.91	0.54	10716	0.03	0.47	0.44
10595	0.54	0.91	0.37	10728	0.03	0.29	0.26
10634	0.67	1.12	0.45	C-09-AC	1.75	1.47	0.28
10636	0.99	2.08	1.09	C-17-A	1.68	0.72	0.96
C-15-Ap	1.93	1.30	0.63	C-18-Ap	1.98	1.26	0.72
C-10-A2	2.51	1.91	0.60	C-14-A	2.86	1.51	1.35
C-30-Br	2.07	1.79	0.28	C-03-AC	4.88	1.41	3.47
C-23-Ap	3.14	2.46	0.68	11007	5.52	7.83	2.31
C-30-A/B	4.63	3.93	0.70	11039	12.16	15.37	3.21
C-01-Bw	3.21	2.2	1.01	9587	20.57	19.78	0.79
C-39-A	3.88	3.64	0.24	C-17-C2	0.37	0.92	0.55
C-12-Ap	5.19	3.82	1.37	C-16-Cr	1.42	0.82	0.60
C-37-A	5.93	3.99	1.94	11114	4.69	6.49	1.80
5431	10.11	13.04	2.93	C-18-AB	4.95	3.93	1.02
4339	10.11	11.38	1.27	C-20-AB	4.67	2.53	2.14
5432	10.76	12.61	1.85	11119	7.59	8.80	1.21
C-45-C	11.21	9.18	2.03	11097	10.69	13.65	2.96
9040	11.49	12.14	0.65	10239	0.06	0.24	0.18
C-47-A	11.52	10.19	1.33	7820	1.97	2.67	0.70
11026	13.04	18.79	5.75	C-18-B	3.31	3.04	0.27
11019	14.02	18.31	4.29	5770	3.78	4.96	1.18
11124	20.06	21.77	1.71	C-13-Ap	5.9	4.53	1.37
16498	20.41	16.55	3.86	C-20-A	7.75	5.72	2.03
16496	20.48	17.283	3.197	5729	8.41	9.36	0.95
1367	20.69	20.78	0.09	12218	10.11	10.11	0.003
11661	35.07	21.57	13.50	11108	13.61	14.63	1.02
9393	35.38	53.72	18.34	10241	0.08	0.77	0.69
7765	2.39	3.06	0.67	14814	0.72	1.17	0.45
11144	3.91	2.55	1.36	11133	10.44	12.32	1.88
5573	8.66	8.73	0.07	11113	10.86	9.75	1.11
11112	21.87	21.41	0.46				

MO_WyB: Materia orgánica hallada por oxidación húmeda; MO_LOI: Materia orgánica hallada por calcinación; DIF: Diferencia.

Anexo 34. Tabla de diferencias de materia orgánica obtenidas por el método de calcinación a temperatura de 400 °C y oxidación húmeda.

400°C							
CODIGO	MO_WyB	MO_LOI	DIF	CODIGO	MO_WyB	MO_LOI	DIF
10586	0.37	1.21	0.84	C-18-Ap	1.98	1.75	0.23
10595	0.54	1.34	0.80	C-14-A	2.86	2.73	0.13
10634	0.67	2.01	1.34	C-03-AC	4.88	5.47	0.59
10636	0.99	2.85	1.86	11007	5.52	8.83	3.31
C-15-Ap	1.93	1.82	0.11	11039	12.16	18.09	5.93
C-30-Br	2.07	2.60	0.53	9587	20.57	26.11	5.54
C-10-A2	2.51	2.54	0.03	C-17-C2	0.37	1.83	1.46
C-23-Ap	3.14	3.15	0.01	C-16-Cr	1.42	1.58	0.16
C-30-A/B	4.63	4.83	0.20	11114	4.69	7.25	2.56
C-01-Bw	3.21	3.47	0.26	C-18-AB	4.95	5.23	0.28
C-39-A	3.88	4.44	0.56	C-20-AB	4.67	4.14	-0.53
C-12-Ap	5.19	4.97	0.22	11119	7.59	9.63	2.04
C-37-A	5.93	4.99	0.94	11097	10.69	14.87	4.18
5431	10.11	16.25	6.14	10239	0.06	0.34	0.28
4339	10.11	13.73	3.62	7820	1.97	3.27	1.30
5432	10.76	15.88	5.12	C-18-B	3.31	3.69	0.38
C-45-C	11.21	11.22	0.01	5770	3.78	6.56	2.78
9040	11.49	15.32	3.83	C-13-Ap	5.9	6.05	0.15
C-47-A	11.52	12.30	0.78	C-20-A	7.75	8.67	0.92
11026	13.04	19.86	6.82	5729	8.41	12.58	4.17
11019	14.02	19.70	5.68	12218	10.11	12.95	2.84
11124	20.06	23.66	3.60	11108	13.61	15.34	1.73
16498	20.41	24.55	4.14	10241	0.08	1.99	1.91
16496	20.48	26.91	6.43	14814	0.72	1.48	0.76
1367	20.69	23.98	3.29	7765	2.39	4.25	1.86
11661	35.07	31.69	3.38	11144	3.91	5.22	1.31
9393	35.38	56.91	21.53	5573	8.66	9.37	0.71
10716	0.03	0.50	0.47	11133	10.44	13.13	2.69
10728	0.03	0.47	0.44	11113	10.86	11.42	0.56
C-09-AC	1.75	2.07	0.32	11112	21.87	24.05	2.18
C-17-A	1.68	1.52	0.16				

MO_WyB: Materia orgánica hallada por oxidación húmeda; MO_LOI: Materia orgánica hallada por calcinación; DIF: Diferencia.

Anexo 35. Tabla de diferencias de materia orgánica obtenidas por el método de calcinación a temperatura de 500 °C y oxidación húmeda.

500°C							
CODIGO	MO_WyB	MO_LOI	DIF	CODIGO	MO_WyB	MO_LOI	DIF
10586	0.37	2.31	1.94	C-18-Ap	1.98	2.38	0.40
10595	0.54	4.42	3.88	C-14-A	2.86	3.93	1.07
10634	0.67	3.15	2.48	C-03-AC	4.88	4.38	0.50
10636	0.99	4.36	3.37	11007	5.52	11.25	5.73
C-15-Ap	1.93	2.51	0.58	11039	12.16	19.86	7.70
C-30-Br	2.07	4.38	2.31	9587	20.57	24.62	4.05
C-10-A2	2.51	3.40	0.89	C-17-C2	0.37	3.21	2.84
C-23-Ap	3.14	4.03	0.89	C-16-Cr	1.42	2.79	1.37
C-30-A/B	4.63	6.64	2.01	11114	4.69	9.02	4.33
C-01-Bw	3.21	4.99	1.78	C-18-AB	4.95	6.48	1.53
C-39-A	3.88	6.50	2.62	C-20-AB	4.67	5.90	1.23
C-12-Ap	5.19	5.97	0.78	11119	7.59	11.44	3.85
C-37-A	5.93	6.53	0.60	11097	10.69	18.06	7.37
5431	10.11	18.28	8.17	10239	0.06	1.81	1.75
4339	10.11	15.89	5.78	7820	1.97	7.14	5.17
5432	10.76	17.05	6.29	C-18-B	3.31	5.30	1.99
C-45-C	11.21	12.62	1.41	5770	3.78	8.21	4.43
9040	11.49	16.65	5.16	C-13-Ap	5.9	7.42	1.52
C-47-A	11.52	12.79	1.27	C-20-A	7.75	10.59	2.84
11026	13.04	21.13	8.09	5729	8.41	13.88	5.47
11019	14.02	22.86	8.84	12218	10.11	14.05	3.94
11124	20.06	27.41	7.35	11108	13.61	19.28	5.67
16498	20.41	26.45	6.04	10241	0.08	2.45	2.37
16496	20.48	27.99	7.51	14814	0.72	3.01	2.29
1367	20.69	25.83	5.14	7765	2.39	7.31	4.92
11661	35.07	35.83	0.76	11144	3.91	6.27	2.36
9393	35.38	58.93	23.55	5573	8.66	13.05	4.39
10716	0.03	1.38	1.35	11133	10.44	15.46	5.02
10728	0.03	1.16	1.13	11113	10.86	13.88	3.02
C-09-AC	1.75	3.29	1.54	11112	21.87	27.45	5.58
C-17-A	1.68	2.64	0.96				

MO_WyB: Materia orgánica hallada por oxidación húmeda; MO_LOI: Materia orgánica hallada por calcinación; DIF: Diferencia.

Anexo 36. Tabla de diferencias de materia orgánica obtenidas por el método de calcinación a temperatura de 600°C y oxidación húmeda.

600°C							
CODIGO	MO_Wy B	MO_LO I	DIF	CODIGO	MO_Wy B	MO_LO I	DIF
10586	0.37	3.09	2.72	C-18-Ap	1.98	2.96	0.98
10595	0.54	5.17	4.63	C-14-A	2.86	4.67	1.81
10634	0.67	3.55	2.88	C-03-AC	4.88	5.29	0.41
10636	0.99	5.54	4.55	11007	5.52	12.00	6.48
C-15-Ap	1.93	2.95	1.02	11039	12.16	21.12	8.96
C-30-Br	2.07	5.20	3.13	9587	20.57	29.81	9.24
C-10-A2	2.51	2.54	0.03	C-17-C2	0.37	4.47	4.10
C-23-Ap	3.14	4.67	1.53	C-16-Cr	1.42	3.90	2.48
C-30-A/B	4.63	7.12	2.49	11114	4.69	9.59	4.90
C-01-Bw	3.21	5.52	2.31	C-18-AB	4.95	7.24	2.29
C-39-A	3.88	5.89	2.01	C-20-AB	4.67	7.19	2.52
C-12-Ap	5.19	6.77	1.58	11119	7.59	13.01	5.42
C-37-A	5.93	6.74	0.81	11097	10.69	21.14	10.45
5431	10.11	19.10	8.99	10239	0.06	2.34	2.28
4339	10.11	16.66	6.55	7820	1.97	11.43	9.46
5432	10.76	17.55	6.79	C-18-B	3.31	6.59	3.28
C-45-C	11.21	12.61	1.40	5770	3.78	9.25	5.47
9040	11.49	17.18	5.69	C-13-Ap	5.9	8.74	2.84
C-47-A	11.52	13.55	2.03	C-20-A	7.75	12.19	4.44
11026	13.04	22.69	9.65	5729	8.41	15.59	7.18
11019	14.02	23.67	9.65	12218	10.11	18.76	8.65
11124	20.06	31.01	10.9 5	11108	13.61	20.68	7.07
16498	20.41	26.49	6.08	10241	0.08	5.86	5.78
16496	20.48	27.97	7.49	14814	0.72	6.07	5.35
1367	20.69	28.06	7.37	7765	2.39	21.15	18.76
11661	35.07	41.13	6.06	11144	3.91	11.42	7.51
9393	35.38	64.54	29.1 6	5573	8.66	14.40	5.74
10716	0.03	1.43	1.40	11133	10.44	21.09	10.65
10728	0.03	1.25	1.22	11113	10.86	20.47	9.61
C-09-AC	1.75	3.33	1.58	11112	21.87	32.18	10.31
C-17-A	1.68	4.00	2.32				

MO_WyB: Materia orgánica hallada por oxidación húmeda; MO_LOI: Materia orgánica hallada por calcinación; DIF: Diferencia.

Anexo 37. Tabla de diferencias de materia orgánica obtenidas por el método de calcinación a temperatura de 700°C y oxidación húmeda.

700°C							
CODIGO	MO_Wy B	MO_LO I	DIF	CODIGO	MO_Wy B	MO_LO I	DIF
10586	0.37	4.08	3.71	C-18-Ap	1.98	3.46	1.48
10595	0.54	5.65	5.11	C-14-A	2.86	5.35	2.49
10634	0.67	4.16	3.49	C-03-AC	4.88	7.52	2.64
10636	0.99	6.22	5.23	11007	5.52	12.75	7.23
C-15-Ap	1.93	3.28	1.35	11039	12.16	21.87	9.71
C-30-Br	2.07	6.02	3.95	9587	20.57	31.01	10.44
C-10-A2	2.51	4.30	1.79	C-17-C2	0.37	5.26	4.89
C-23-Ap	3.14	5.28	2.14	C-16-Cr	1.42	4.56	3.14
C-30-A/B	4.63	7.57	2.94	11114	4.69	11.23	6.54
C-01-Bw	3.21	5.88	2.67	C-18-AB	4.95	7.89	2.94
C-39-A	3.88	7.19	3.31	C-20-AB	4.67	6.49	1.82
C-12-Ap	5.19	7.09	1.90	11119	7.59	14.67	7.08
C-37-A	5.93	7.10	1.17	11097	10.69	23.96	13.27
5431	10.11	19.30	9.19	10239	0.06	5.16	5.10
4339	10.11	17.26	7.15	7820	1.97	14.94	12.97
5432	10.76	18.27	7.51	C-18-B	3.31	6.94	3.63
C-45-C	11.21	12.41	1.20	5770	3.78	13.91	10.13
9040	11.49	17.78	6.29	C-13-Ap	5.9	9.13	3.23
C-47-A	11.52	13.63	2.11	C-20-A	7.75	14.44	6.69
11026	13.04	23.62	10.58	5729	8.41	20.76	12.35
11019	14.02	25.03	11.01	12218	10.11	24.92	14.81
11124	20.06	31.71	11.65	11108	13.61	26.19	12.58
16498	20.41	27.58	7.17	10241	0.08	24.44	24.36
16496	20.48	29.25	8.77	14814	0.72	17.42	16.70
1367	20.69	28.88	8.19	7765	2.39	28.00	25.61
11661	35.07	43.85	8.78	11144	3.91	21.18	17.27
9393	35.38	66.67	31.29	5573	8.66	25.26	16.60
10716	0.03	1.37	1.34	11133	10.44	33.63	23.19
10728	0.03	1.25	1.22	11113	10.86	30.71	19.85
C-09-AC	1.75	4.01	2.26	11112	21.87	43.71	21.84
C-17-A	1.68	4.40	2.72				

MO_WyB: Materia orgánica hallada por oxidación húmeda; MO_LOI: Materia orgánica hallada por calcinación; DIF: Diferencia.

Anexo 38. Crisoles con las muestras de suelos analizados.



Anexo 39. Crisoles en el desecador después de haber sido sacado de estufa.

