

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES



“ENMIENDA ORGÁNICA PARA LA RESTAURACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS AGRÍCOLAS DE CARABAYLLO-LIMA”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

AUTOR (ES):

LAURA LUCÍA LEÓN RAMOS

ELIZABETH LUNAZCO ROSALES

WENDY CAROLINA VARGAS ARAUJO

Three handwritten signatures in blue ink are stacked vertically to the right of the authors' names. The top signature is for Laura Lucía León Ramos, the middle one for Elizabeth Lunazco Rosales, and the bottom one for Wendy Carolina Vargas Araujo.

Asesora: Ing Nancy Elizabeth Cáceres Mayorga

A handwritten signature in blue ink, reading 'N. Cáceres', is positioned to the right of the advisor's name.

Callao, 2021

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DE JURADO

MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR:

- **Mg. Teófilo Allende Ccahuana** : **Presidente**
- **Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa** : **Secretario**
- **Blgo. Carlos Odorico Tome Ramos** : **Vocal**

- **Ing. Nancy Elizabeth Cáceres Mayorga** : **Asesora**

DEDICATORIA

A nuestras familias por el constante apoyo
brindado incondicionalmente y por guiarnos
a cumplir nuestras metas, a nuestros
profesores y asesora por compartir sus
conocimientos, y de manera especial a las
personas que siguen luchando para superar
la enfermedad de la COVID 19.

ÍNDICE

ÍNDICE	III
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABLAS	VI
INTRODUCCIÓN	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XII
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
I.1. Descripción de la realidad problemática	1
I.2. Formulación del Problema	3
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problema Específico	3
I.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
I.4. Limitantes de la investigación	4
1.4.1. Teórica	4
1.4.2. Temporal	5
1.4.3. Espacial	5
II. MARCO TEÓRICO	6
II.1. Antecedentes	6
a. Internacional	6
b. Nacional	13
II.2. Bases Teóricas	15
2.2.1. Enmienda Orgánica	15
2.2.2. Compost	17
a. Propiedades del compost	17
2.2.3. Captura de Carbono orgánico de los suelos agrícolas degradados	21
II.3. Marco Conceptual	23
2.3.1. Secuestro de carbono o captura de carbono	23
2.3.2. Suelos agrícolas en Carabayllo	24
2.3.3. Modelo Roth-C	25

II.4.	Definición de términos básicos	25
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	30
III.1.	Hipótesis	30
III.2.	Definición conceptual de variables	31
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO	35
IV.1.	Tipo y Diseño de Investigación.	35
IV.2.	Método de Investigación	74
IV.3.	Población y muestra	74
IV.3.1.	Población	74
IV.3.2.	Muestra	74
IV.4.	Lugar de estudio	75
IV.5.	Técnicas e Instrumentos de la recolección de datos	77
4.5.1.	Técnicas de la recolección de datos	77
IV.6.	Análisis y Procesamiento de datos	82
V.	RESULTADOS	84
V.1.	Resultados descriptivos	84
5.1.1.	Resultados del proceso de compostaje para la obtención de la enmienda orgánica	84
5.1.2.	Propiedades de la enmienda orgánica resultante	90
5.1.4.	Resultados del suelo agrícola	91
5.1.5.	Resultados descriptivos para el Roth C	92
V.2.	Resultados Inferenciales	95
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	101
VI.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.	101
VI.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.	102
VI.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	104
VII.	CONCLUSIONES	105
VIII.	RECOMENDACIONES	107
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1

Principales factores de influencia en las características del suelo tras la aplicación de enmiendas orgánicas

Figura 2

Fases del compostaje: Procesos bioquímicos en función de la variación de la temperatura y pH durante las diferentes etapas del compostaje

Figura 3

Gestión de Uso de Tierras

Figura 4

Fases de la investigación

Figura 5 *Fase I: Etapas de la enmienda orgánica*

Figura 6

Playas con algas varadas

Figura 7

Mezcla para la activación de los microorganismos eficientes

Figura 8

Capa de hongos en la mezcla

Figura 9

Algas Rodophytas enredadas con rafia plástica

Figura 10

Algas Rodophytas enredadas con sogas

Figura 11

Pre – limpieza de algas

Figura 12

Algas secando al sol

Figura 13

Composición de la pila de compostaje

Figura 14

Fase II: Tratamiento

Figura 15

Localización de puntos de submuestreo

Figura 16

Paquetes de instalación

Figura 17

Valores de Evaporación (mm) referenciales del Modelo

Figura 18

Datos del cálculo del IOM (materia orgánica inerte)

Figura 19

Plano de Ubicación del Lugar de Estudio

Figura 20

Gráfica de control de Temperatura

Figura 21

Control de pH

Figura 22

Gráfico de niveles de carbono orgánico en suelo por dosis de enmienda orgánica aplicada

Figura 23

Gráfica de control de Temperatura

Figura 24

Control de pH

Figura 25

Proyecciones de Secuestro de Carbono (T C /años)

Figura 26

Gráfico de niveles de carbono orgánico en suelo por dosis de enmienda orgánica aplicada

LISTA DE TABLAS

Tabla 1

Definición Conceptual

Tabla 2

Definición Operacional

Tabla 3

Resultado de densidad de los residuos orgánicos domésticos

Tabla 4

Resultado de densidad de las algas

Tabla 5

Resultado de densidad del aserrín

Tabla 6

Resultados de la relación C/N de los materiales orgánicos

Tabla 7

Composición de la pila de compostaje

Tabla 8

Distribución de tratamiento

Tabla 9

Listado de técnicas de ensayo para la caracterización de la enmienda orgánica y suelo agrícola

Tabla 10

Control de Temperatura

Tabla 11

Control de pH

Tabla 12

Control de Humedad

Tabla 13

Propiedades de la enmienda orgánica

Tabla 14

Resultados iniciales de las características del suelo agrícola - textura

Tabla 15

Análisis en muestras de suelo a 30 cm.

Tabla 16

Resultados de tres mediciones de Carbono orgánico a diferentes dosis de enmienda orgánica.

Tabla 17

Análisis de varianza ANOVA

Tabla 18

Prueba Tukey para mes de aplicación

Tabla 19

Prueba Tukey para dosis de enmienda orgánica

Tabla 20

Resultados de la estimación de captura de carbono orgánico en el suelo

Tabla 21

Datos obtenidos con el Programa del modelo RothC sobre niveles de carbono orgánico en suelos a 5, 25, 50 y 100 años

INTRODUCCIÓN

Los suelos son los depósitos más grandes de carbono, solo superados por la masa oceánica, y juegan activamente en la dinámica de generación, fijación o captura de los gases de efecto invernadero, además tienen un rol importante en las circunstancias del cambio climático, al ser afectado su contenido de carbono.

El suelo cultivable, a nivel mundial, ha visto mermado su contenido original de carbono entre 24% y 76% (Lal, 2018, 2004; Lorenz and Lal, 2018) estas reservas fueron emitidas en forma de CO₂ a la atmósfera.

Según datos del MINAGRI al (2017), en el Perú las dos terceras partes del suelo que presenta erosión severa se encuentra ubicado en la sierra, mientras que el 30% en la costa y el 3% en la selva concluyendo que se tiene un poco más de la mitad (54%) de la superficie con daño moderado, severo o muy severo, este porcentaje supera el de países Chile, Brasil, México y Holanda. Todo esto a consecuencia del cambio de uso de suelo, prácticas inadecuadas de cultivo, entre otras; generando que los suelos se conviertan de sumideros de carbono a emisores de CO₂.

Para contrarrestar lo detallado líneas arriba existen numerosas actividades para conservar los suelos, como la adición de enmienda orgánica a los suelos, influyendo en la recuperación de la propiedad de capturar carbono orgánico, lo cual además de proteger los suelos, logra que recuperen sus propiedades de

orden físico, químico y biológico, aumentando la capacidad de infiltración, intercambio catiónico, fertilidad, retención de agua, entre otras.

La presente investigación propone la aplicación de enmienda orgánica en los suelos agrícolas para la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico y así disminuir los niveles actuales tasas de liberación de CO₂, haciéndolos más sustentables; y para determinar los efectos de la enmienda orgánica sobre los suelos agrícolas a largo plazo se utilizará un modelo que estime la captura de carbono orgánico.

RESUMEN

La presente investigación tomó como muestra suelos de la zona agrícola de Carabayllo- Lima, los cuales en la actualidad se encuentran abandonados, después de muchos años de constante sembrío y perdiendo su capacidad de captura de carbono orgánico. Estos, como otros suelos en el mundo, son sumideros de carbono el cual está disuelto en forma de CO₂ en la atmósfera.

Por ello se realizó la presente investigación, con la finalidad de resolver esta problemática, teniendo como objetivo principal restaurar la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima mediante la aplicación de una enmienda orgánica.

La investigación consta de la elaboración de una enmienda orgánica que tiene como materia prima residuos orgánicos domésticos, aserrín de aserraderos y macro algas de la Bahía de Ancón; la cual fue desarrollada a través del proceso de compostaje, teniendo como resultado una enmienda rica en N, C, K y otras propiedades importantes para el suelo. Esta enmienda orgánica fue utilizada para el tratamiento de una parcela de suelo agrícola abandonado en San Pedro de Carabayllo - Lima con un periodo de prueba de 2 meses, primero se realizó el análisis de carbono orgánico total en el suelo sin tratamiento obteniendo un promedio 0.60 %p/p , después se aplica la enmienda orgánica en 2 parcelas a diferentes dosis (D₁: 60 t/ha y D₂: 80 t/ha),y en 30 y 60 días de tratamiento se obtuvo como resultado para cada dosis (D₁=2.312 %p/p y D₂=5.812 %p/p) y (D₁=8.879 %p/p y D₂=9.049 %p/p).

Los resultados obtenidos fueron proyectados en el tiempo a 5, 25, 50 y 100 años con el programa RothC 26.3, tomando en cuenta, el estado del escenario o área de estudio, si este presentaba vegetación, etc.

Del modelamiento se obtuvo los resultados de carbono orgánico total secuestrado para cada una de las dosis ($D_1 = 107,439, 180,279, 182.1, 182.1$ t/ha) y ($D_2 = 127,611, 221,641, 223.88, 223.88$ t/ha).

Concluyendo que la aplicación de enmienda orgánica sostenida en el suelo agrícola degradado de San Pedro de Carabayllo, lograría restaurar la capacidad de captura de carbono orgánico del suelo tratado a lo largo del tiempo, con una proyección aún más favorable para esa característica del suelo.

ABSTRACT

The present investigation took as a sample soils from the agricultural area of Carabayllo-Lima, which are currently abandoned after many years of constant sowing and losing their capacity to capture organic carbon. These, like other soils in the world, are sinks of carbon which is dissolved in the form of CO₂ in the atmosphere.

For this reason, the present investigation was carried out, in order to solve this problem, with the main objective of restoring the capacity to capture organic carbon in agricultural soils of Carabayllo-Lima through the application of an organic amendment.

The research consists of the elaboration of an organic amendment that has as raw material domestic organic waste, sawdust from sawmills and macro algae from Ancón Bay; which was developed through the composting process, resulting in an amendment rich in N, C, K and other important properties for the soil. This organic amendment was used for the treatment of a parcel of abandoned agricultural land in San Pedro de Carabayllo - Lima with a 2-month test period, first the analysis of total organic carbon in the soil without treatment was carried out, obtaining an average 0.60% w/w, then the organic amendment is applied in 2 plots at different doses ($D_1 = 2.312\% \text{ w/w}$ and $D_2 = 5.812\% \text{ w/w}$) and ($D_1 = 8.879\% \text{ w/w}$ and $D_2 = 9.049\% \text{ w/w}$) of soil organic carbon respectively.

The results obtained were projected over time at 5, 25, 50 and 100 years with the RothC 26.3 program, taking into account the state of the scenario or study area, whether it presented vegetation, among others.

From the modeling, the results of total carbon sequestered were obtained for each of the doses ($D_1 = 107,439, 180,279, 182.1, 182.1$ t/ha) and ($D_2 = 127,611, 221,641, 223.88, 223.88$ t/ha).

Concluding that the application of sustained organic amendment on the degraded agricultural soil of San Pedro de Carabayllo, would succeed in restoring the organic carbon capture capacity of the treated soil over time, with an even more favorable projection for that soil characteristic.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.1. Descripción de la realidad problemática

La mayor amenaza medioambiental que hace frente la humanidad actualmente es el cambio climático (Greenpeace, 2019), esto a raíz del incremento del uso de combustibles fósiles y el auge de la industria cementera (68%), así como también, las variaciones en la utilización de la tierra (32%) (FAO, 2007). Este también ha convertido al suelo en uno de los recursos más vulnerables (FAO, 2017), conduciendo a la degradación de su ecosistema, limitando su capacidad de secuestrar carbono (FAO, 2007), siendo su la pérdida de esta capacidad la segunda amenaza más grande para las funciones de este suelo (FAO and ITPS, 2015) ya que este impacto sobre su calidad y productividad (Farage et al., 2007). En el mundo el suelo cultivable ha visto mermado su contenido original de carbono de manera significativa (entre 24 y 76%), el cual fue emitido a la atmósfera en forma de CO₂ (Lal, 2018, 2004; Lorenz and Lal, 2018). Considerando así a la degradación del suelo, como también lo hizo la UNEP en 1992, como un problema global. El Perú, el MINAGRI en el 2017 publicó el “Programa presupuestal multisectorial 0089” con el objetivo de reducir la degradación de los suelos agrarios; donde indican que “en el estudio más actual generado a nivel nacional acerca de la degradación de suelos fue realizado por el ex Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) en coordinación con la Ex Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) para el periodo 1973-2005 nos dice que el 99% de la superficie nacional presenta problemas de erosión que va desde leve a muy severa

resultando, que el Perú presenta el 54% de su superficie con degradación moderada, severa y muy severa” (MINAGRI, 2017).

Por lo tanto, los efectos de la degradación del suelo y la desertificación afectan el ciclo global del carbono y los suelos agrícolas que están empobrecidos en carbono, representan un sumidero potencial de CO₂ si se puede recuperar el Carbono perdido (Paustian et al., 1997; Vleeshouwers y Veraghen, 2002).

Lal en el (2000) propuso que el aumento, cada año, en la concentración atmosférica de CO₂ podría llegar a un punto medio con el tratamiento para restauración de 2 000 millones de hectáreas de suelo afectado, para incrementar su contenido de carbono orgánico promedio, por medio de la adición de 15 t/ha de enmendantes tanto en los suelos como en la vegetación.

Es dentro de este contexto que se aborda el estudio, enfocado en experimentar con las algas para elaborar una enmienda orgánica tomando como materia prima a las algas varadas en los litorales provenientes de las mareas o floraciones que son consecuencias de los efluentes domésticos e industriales y los fenómenos globales como el cambio climático, son un recurso potencial de biomasa, y tomando en cuenta sus propiedades, pueden muy bien ser utilizadas para formular una enmienda orgánica a través del compostaje, para uso y como respuesta a la degradación de la tierra que implica que esta pierda su capacidad de retención y almacenaje de carbono, lo cual hace que una amenaza global como lo es el cambio climático tenga mayor impacto (Davies, 2017).

Y así en el largo plazo restaurar la capacidad de captura de carbono orgánico (COS) de los suelos agrícolas. Ya que el aumento de las emisiones de CO₂ a la atmósfera y sus posibles consecuencias con respecto al cambio climático global, fomentaron un creciente interés en estudiar la contribución del carbono secuestrado (C) en los ecosistemas terrestres, es decir, el suelo (Wang et al., 2004).

I.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera el uso de la enmienda orgánica mejora la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima?

1.2.2. Problema Específico

- ¿Cuál es la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícolas de Carabayllo- Lima?
- ¿Cuáles son las propiedades de la enmienda orgánica que restaurará la capacidad de captura de carbono orgánico en los suelos agrícolas de Carabayllo- Lima?
- ¿Qué dosis de enmienda orgánica es la más óptima para la recuperación de la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícolas de Carabayllo-Lima?
- ¿Cómo medir los efectos a largo plazo de la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico con el uso de la enmienda orgánica sobre los suelos agrícolas de Carabayllo -Lima?

I.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Restaurar la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima con el uso de la enmienda orgánica.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Conocer la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícolas de Carabayllo- Lima.
- Determinar las propiedades de la enmienda orgánica para la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima.
- Identificar qué dosis (D_1 y D_2 de enmienda orgánica en peso) genera mayor restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícola de Carabayllo- Lima
- Usar el Modelo RothC-26.3 para medir los efectos a largo plazo de la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico con el uso de la enmienda orgánica sobre los suelos agrícolas de Carabayllo - Lima

I.4. Limitantes de la investigación

1.4.1. Teórica

No contar con suficientes antecedentes nacionales para una mejor comparación de nuestros resultados, ya que estos, entre tesis y artículos científicos identificados son, en su mayoría, investigaciones que tienen como

objetivo mejorar las propiedades productivas de los suelos utilizando compost, y no como un factor ambiental que puede mitigar el cambio climático. También se identificó investigaciones que describen la capacidad de captura de carbono orgánico de bosques, de las turberas, humedales y otros sistemas que otorgan este servicio ambiental.

1.4.2. Temporal

Se necesitaría más tiempo para tener resultados más acertados, ya que nuestra investigación tiene corte de seguimiento de aproximadamente de 30 a 70 días. Pero según Batjes y Van Wesemael, (2014) recomiendan que se debe realizar monitoreo con intervalos de 5 años y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) recomienda realizar el monitoreo del Carbono orgánico del suelo (COS) a intervalos de tiempo de 10 años (FAO, 2017).

1.4.3. Espacial

Dificultad para el traslado y adición de la enmienda orgánica en los suelos agrícolas de Carabayllo.

Las investigaciones que se tienen como antecedentes realizan tratamiento de muchas hectáreas de suelos, pero se decidió realizar el tratamiento de los suelos agrícolas de Carabayllo tan solo en una extensión de 20 m² por tratamiento.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. Antecedentes

a. Internacional

➤ **Acosta et al. (2010).**

Desarrollaron la investigación “Calidad de la materia orgánica en un compost de algas marinas y estiércol de pollo procesado durante 120 días”, la cual nos dice que se tiene por objetivo la evaluación, a través de los parámetros fisicoquímicos, para así determinar la calidad del producto obtenido (compost) del proceso de compostaje y los efectos de su aplicación en el suelo típico de la Provincia de Paraguaná. Para la elaboración de este compost fueron recolectadas algas marinas de la Península de Paraguaná (estado Falcón, Venezuela) y del estiércol de pollo en las granjas locales. El compostaje de estos residuos orgánicos se realizó por un periodo de 120 días, empleando el método de pilas con volteos.

En los resultados la relación de carbono nitrógeno presenta valores menores a 15 encontrándose en rango aceptable de la normativa chilena, el carbono orgánico total incrementa a los 30 días.

Concluyendo que a través del compostaje se logra abono orgánico de algas marinas y estiércol de pollo generando mejoras de productividad en suelos además reducir el impacto ambiental causado por la acumulación de residuos.

➤ **Duro, N. (2018).**

En su tesis titulada "Evaluación del papel de la cubierta vegetal en la capacidad de secuestro de C de cultivos de olivar. Aplicación del modelo RothC como herramienta predictiva". Teniendo por objetivo cuantificar el carbono orgánico que es capaz de retener el suelo del olivar de la provincia de Jaén.

Para ello se realizan estudios con tres manejos diferentes uno con cobertura (CC), con fertilizante químico (EQ) y sin cobertura (SC) conteniendo inicialmente 45.9 tc/ha., con un 49.6% de arcilla para los tres manejos y a una profundidad de 10 cm.

Como resultados predictivos a corto y largo plazo tenemos a 10 años CC=466.5 tc/ha, EQ=251.7 tc/ha, SC=220.3 tc/ha., 50 años CC=898 tc/ha, EQ=487 tc/ha, SC=208.5 tc/ha y 100 años CC=1025 tc/ha, EQ=1025 tc/ha, SC=206 tc/ha.

Se concluye que en el estudio con cobertura vegetal retiene mayor cantidad de carbono orgánico en el suelo, por lo tanto a largo plazo retendrá mayor cantidad de carbono orgánico en el suelo, disminuyendo la erosión del suelo reduciendo emisiones de co2 a la atmósfera

➤ **González et al. (2012).**

En su investigación de estudio “Simulación de los cambios de carbono orgánico del suelo en sistema de cultivo con higuera por el modelo RothC”; tiene por objetivo simular los cambios de carbono orgánico del suelo por modelo RothC en razón a cambio de uso del sistema tradicional al sistema con higuera.

Para simular los cambios de TMC siendo un sistema tradicional maíz-calabaza, MULL (multiestratos) y HIG (monocultivo de higuera), se toman muestras a profundidad de 20cm., con suelos que tiene 35% de arcilla. También con cantidades de carbono orgánico en el suelo para TMC=13 t/ha, MULL=20 t/ha, HIG=21 t/ha. y con entrada mensual de restos vegetales TMC=2.1t/ha, MULL=3.9t/ha, HIG=5t/ha.

Los resultados obtenidos a 60 años luego de la simulación son TMC=18 t/ha, MULL=23 t/ha, HIG=24 t/ha. obteniendo HIG>MULL>TMC donde sistema con higuera ingreso más restos vegetales y obtiene mayor cantidad de carbono orgánico acumulado en el suelo.

En conclusión, la simulación con modelo RothC a largo plazo en tiempo de 60 años después del cambio uso sistema tradicional a higuera, retiene mayor cantidad de carbono orgánico en suelo de higuera.

➤ **González, L. et al. (2020)**

En la investigación “Potencial de secuestro de carbono orgánico en quinua simulado con el modelo RothC-26.3”, que tuvo como objetivo estimar el potencial secuestro de carbono orgánico del suelo (COS) en dos variedades de quinua: Amarilla Marangani y Blanca mediante el modelo RothC-26.3. Consistió en la toma de seis muestras de suelo del campo experimental Valle de México distribuidas en la superficie de 240 m², a una profundidad de 0-30 cm y las simulaciones tuvieron tiempos de 20, 60, 100 años para los sistemas anuales de monocultivo de quinua, maíz y rotación de quinua maíz (RQM); y el uso de tres fuentes de carbono (C) al suelo en los residuos vegetales de cosecha obteniendo resultados 60, 70 y 80% de la materia seca total, donde esta materia seca total cerca 80% queda sobre terreno de cultivo. La acumulación de carbono se evaluó por estructura vegetal, como resultado se obtuvo que la materia seca total de Amarilla Marangani fue mayor a la de Blanca. En ambas variedades al evaluar la materia seca total se obtuvo que los tallos y las inflorescencias representaron de 76 a 84% del total, a diferencia del grano y las hojas que un 11 a 23%. Concluyendo que los cambios del carbono orgánico del suelo simulados por el Roth-C para ambas variedades de quinua indican potencial de secuestro de carbono para tiempo mayor a 20 años.

➤ **Gracia Pérez-Pozuelo, M. I. (2018).**

En su tesis titulada “*Variación temporal de las características físicas del suelo y del crecimiento vegetal después de la aplicación de una*

enmienda orgánica”; donde se tuvo como objetivo determinar cómo varían las características físicas del suelo, contenido orgánico y el crecimiento vegetal a lo largo del tiempo después de la aplicación de las diferentes dosis de enmienda orgánica estabilizada.

Para ello se planteó un ensayo en macetas donde se aplicaron tres dosis de vermicompost (20, 40 y 80 t/ha de Peso seco) y un tratamiento control sin incorporación de enmienda al suelo, se sembraron las especies *Festuca rubra* y *Lolium rigidum*. Transcurridos luego 2, 4 y 6 meses de la aplicación de la enmienda se analizó en cada periodo de muestreo a 5 macetas por tratamiento para determinar las variaciones en el contenido orgánico y en las propiedades físicas.

Los resultados concluyeron en que la adición de 20 t/ha de vermicompost incrementa en un 16% el contenido orgánico respecto al suelo sin enmienda, mientras que la aplicación de tasas superiores a las 40 t/ha originan mejoras significativas en las características físicas estudiadas.

Finalmente, se concluye que la aplicación de dosis mayor o igual de 40 t/ha produce aumentos positivos y significativos en la estabilidad estructural.

➤ **Ruiz-Potosme, N. et al. (2019).**

Desarrollaron el artículo “Predicción de la dinámica del carbono orgánico en suelos agrícolas del Cerrato Palentino (España) aplicando el modelo Roth-C”; como objetivo se propuso estimar y simular los

efectos del manejo agrícola sobre la dinámica del secuestro de carbono orgánico en las parcelas.

Para lograr esto, se tomaron muestras de suelos agrícolas de Cerrato Palentino (Palencia, España) en 5 parcelas a 35cm de profundidad, las cuales inicialmente tienen carbono orgánico en el suelo para P1=4.9 t/ha, P2=22.60 t/ha, P3=15.9 t/ha, P4=17.08 t/ha y P5=8.75 t/ha.

Así también diferentes porcentajes de arcilla siendo para P1=8.1, P2=8.65, P3=27.25, P4=16.3, P5=19.50 y finalmente las cantidades de entrada mensual de residuos vegetales para las parcelas P1=0.050t/ha, P2=0.155 t/ha, P3=0.120 t/ha, P4=0.095 t/ha y P5=0.085 t/ha.

Las predicciones de acumulación de carbono fueron estimadas a 100 años obteniendo resultados de carbono orgánico en el suelo para P1=9.45t/ha, P2=35.55 t/ha, P3=22.85t/ha, P4=18.80t/ha y P5=14.12 t/ha.

Concluyendo que se demostró la viabilidad de la captura de carbono con la aplicación del modelo Roth-C, siendo este una herramienta útil para la reducción de emisiones de CO₂.

➤ **Rubenacker et al. (2011).**

En la investigación detallan el estudio de la “Recuperación química de un suelo degradado mediante la utilización de un vermicomposto”, teniendo por objetivo estudiar el efecto producido, sobre distintas fracciones de carbono orgánico en función al tiempo y profundidad, por el uso de un vermicomposto, con el propósito de analizar el potencial de

esta enmienda orgánica como fuente de carbono y de capacidad un suelo degradado para su retención.

Primero se realizó un proceso de compostaje - vermicompostaje de estiércol de conejo compostado 3 meses en pilas y luego vermicompost con lombrices rojas californianas en camas por 4 meses. Posterior a esto el vermicomposto fue aplicado como enmienda al suelo, antes de ello se analizaron las principales características químicas del vermicomposto y las del suelo.

Se realizaron determinaciones de muestras del suelo de 0-5 cm y 5-10 cm de profundidad, realizándose muestreos antes de la aplicación 2, 6, 10 y 18 meses.

Dando como resultados el incremento del contenido de carbono oxidable, carbono soluble en agua y nitrógeno total, siendo la más notable después de los 10 meses de aplicar el vermicomposto. Así también la aplicación de esta enmienda orgánica incrementó en ambas profundidades su contenido de carbono, siendo más marcada en los primeros 5 cm. También el uso de enmienda aplicada en pila resulta ser importante para el secuestro de carbono.

Concluyendo que el carbono incrementa en ambas profundidades, pero siendo más marcado es los 5 cm, así como el uso de pila resulta ser estrategia para el secuestro de carbono y mejora la calidad.

b. Nacional

➤ Díaz, W. (2020).

En su investigación de tesis “Cambios en las propiedades físicas, químicas, biológicas y captura de carbono del suelo en la recuperación de pasturas degradadas de *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens*), en Pucallpa, Perú”; su objetivo fue evaluar los cambios sobre las características físicas, químicas, biológicas, como efecto de la roturación e incorporación de roca fosfórica aplicadas para la recuperación de una pastura degradada de *Brachiaria decumbens*. Se realizó un estudio de dos tratamientos T₁ (Pastura sin recuperar de *Brachiaria decumbens*) y T₂ (Roturación del suelo + 200 kg de Roca fosfórica). Donde se evaluó la materia orgánica, las características físicas y químicas del suelo, análisis biológico del suelo, análisis de contenido de carbono y estadístico con la prueba de t de Student antes y después de su recuperación.

Obteniendo resultados cambios en las propiedades físicas del suelo que la textura a profundidad de 20 cm y 50 cm fue franco arcillosa y arcillosa respectivamente, la densidad aparente recuperadas fluctuó de 1.18 a 1.27 en primeros 20 cm y de 1.32 a 1.40 entre los 20 -100 cm de profundidad, la comparación de pastura mejorada y suelo degradado tuvo gran incremento de carbono orgánico en el suelo, la biomasa al inicio fue 323 kg/ha a los 3 meses 5345 kg/ha y a los 6 meses 6431 kg/ha de materia seca y al realizar el análisis de la prueba de t se observa el incremento significativo de la producción de pastura. Así

mismo su composición botánica a los 6 meses de 48% de *B. decumbens* reduciendo su maleza en 34%, mientras las propiedades nutricionales de la pastura incrementaron significativamente la proteína 137% y el P en 60%, mientras que el Ca, Mg y K no sufrió ningún cambio. Concluyendo que la roturación y la incorporación de roca fosfórica tiene efecto positivo ya que se recuperó de manera significativa mejorando su cantidad y calidad de las pasturas degradadas.

➤ **Pinedo, J. J. (2017).**

En su tesis titulada “*Aplicación de carbón vegetal en cuatro tratamientos para la recuperación de nutrientes en suelo agrícola*”; tiene por objetivo determinar cuál de cuatro de los tratamientos de carbón vegetal es más eficiente en la recuperación de los suelos agrícolas.

Donde realiza un diseño cuasi experimental en un suelo agrícola de 2 ha. Con una muestra de 8 m², aplicando tratamientos de carbón vegetal a cuatro puntos de muestreo en diferentes cantidades. Se procede a realizar los análisis físicos químicos a los 20 y 45 comparando los resultados y se observa la eficiencia del carbón vegetal en el suelo.

Obteniendo resultados de los tratamientos (T₁=10 kg, T₂=6 kg, T₃= 8 kg y T₄=4 kg) obteniendo resultados de (1.30%, 1.10%, 1.25% y 1.00%) a 20 días y de (1.32%,1.15%, 1.27% y 1.00%) a 45 días respectivamente encontrándose un aumento significativo de la materia orgánica, teniendo materia orgánica un en el tratamiento T₁=1.32% a 45 días demostrando mejora en la recuperación de la materia orgánica. También se obtuvo los resultados iniciales que son pH=6.65, con materia orgánica de 1.00

%, P =38 ppm, K = 299 ppm, CaCO₃ =1.180 %, presenta textura franco arenoso, el segundo resultado mejora las propiedades nutricionales y por último el tercer resultado de conductividad eléctrica 1.36 mhos/cm a 24.91 mhos/cm, P=13.00 ppm a 44,00 ppm, K = 290-302 ppm, y CaCO₃= 1.20 %.

Concluyendo que a mayor cantidad de carbón vegetal mayor recuperación de materia orgánica por ello se observa en el tratamiento 1 tiene mayor cantidad de carbón vegetal siendo pudiendo ser más eficiente en la captura de carbono.

II.2. Bases Teóricas

2.2.1. Enmienda Orgánica

Las enmiendas orgánicas son productos que se suministran a los suelos con la finalidad de corregir y mejorar por lo menos alguna de sus propiedades en el orden de lo físico, lo químico y lo biológico, para así lograr que las nuevas condiciones sean más adecuadas. Entre las mejoras más significativas se puede mencionar: Un incremento en la velocidad de liberación de nutrientes, la mejora en las circunstancias para el surgimiento y la proliferación de microorganismos benefactores para los suelos, así como también una mejora sustancial en la oxigenación de los suelos para un óptimo crecimiento de las raíces, además de ajustar el pH, neutralizar la toxicidad de algún elemento metálico. También se puede mencionar el aumento en la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo. En conclusión, intervienen en cualquiera de las acciones orientadas a conseguir una mejor condición para los suelos, que se ve reflejada en una mayor productividad. (Roldan et al.1996, como se citó en

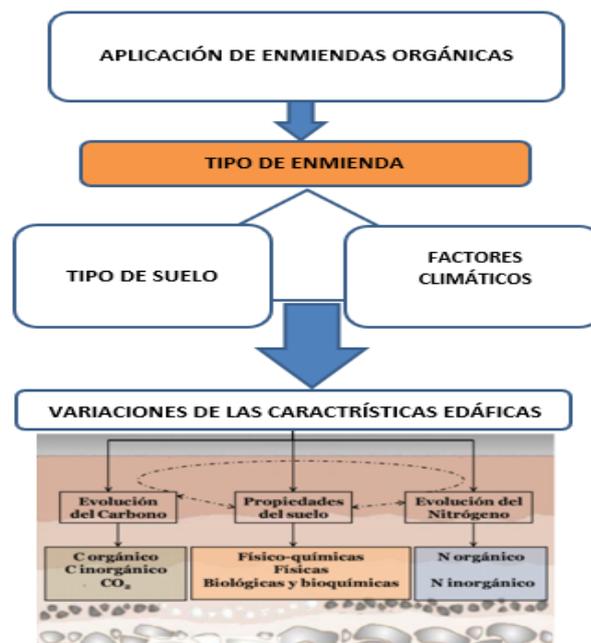
Figuroa, 2004) mencionan que los suelos con un escaso porcentaje de materiales orgánicos y reducida actividad de microbios tienden a ser mediocres e infértiles, lo que hace muy difícil la instalación de una masa vegetal.

La aplicación de este tipo de productos a los suelos favoreces el inicio de cualquier cambio (químico, físico – química o en algún proceso microbiológico). Estos cambios se orientan a modificar la caracterización física del suelo, lo que se manifiesta en el incremento de propiedad de almacenamiento de agua, generación de infiltraciones, porosidad y una estructura estable.

Mardomingo (2014), nos dice que “tres aspectos son fundamentales en la influencia de la aplicación de residuos orgánicos biodegradables sobre los parámetros estudiados: tipo de enmienda aplicada, factores climáticos y tipo de suelo”.

Figura 1

Principales factores de influencia en las características del suelo tras la aplicación de enmiendas orgánicas



Nota. Elaboración propia adaptada de Mardomingo, 2014

2.2.2. Compost

El compost al elaborarse correctamente se convierte en un producto de gran utilidad, el cual puede favorecer el incremento en las propiedades del suelo, de modo que se obtenga un efecto visible a nivel de productividad (García et al., 2014).

Barral (2011) menciona que al compost se le considera una enmienda orgánica debido a que presenta altas concentraciones de material orgánico (MO) estable,

Así como una cantidad significativamente reducida de nutrientes que pueden ser utilizados de inmediato. Los efectos beneficiosos del suministro de compost al suelo provienen, fundamentalmente, del aumento de material orgánico que actúa mejorando la composición de los suelos, ya que aminora el peligro de que estos se erosionen o compacten, lo que facilita su manejo. Todo ello se manifiesta en una reducción en la energía necesaria para su laboreo, además de un incremento en la cantidad de agua que puede retener. También se evidencia a nivel del aporte de nutrientes y su consecuente efectos en facilitar los intercambios catiónicos, disminuyendo el riesgo de lixiviación de cualquier nutriente y, por ende, disminuyendo los requerimientos de abono mineral. Esto incrementa la absorción de temperatura, además de incremental cuantitativamente y en variedad la micro fauna de los suelos.

a. Propiedades del compost

Mora et al. (2019a) señalan que son innumerables los trabajos que evidenciaron el aporte de diversos beneficios para el crecimiento de las plantas y la liberación lenta de pequeñas cantidades de nutrientes, entre ellos el

nitrógeno disponible, como resultado de la aplicación de compost fresco. El compost es beneficioso para la recuperación de los suelos degradados mejorando la estructura del suelo, formando red de hifas, las cuales según Six et al. (2006), manifiestan que “dentro de todos los organismos en el suelo, los hongos llevan a cabo mejor la descomposición del material vegetal, degradando polímeros orgánicos de cadena larga, produciendo polisacáridos” y también tiene efectos sobre los suelos compactados. Paredes et al. (2010), citado por Mora et al. (2019b) afirman que “la compactación del suelo puede revertirse mediante la remoción mecánica del suelo y subsecuente fijación de la estructura por el estímulo de los procesos biológicos mediante aplicación de enmiendas orgánicas”.

Hernández et al. (2017) en su investigación reportan que con una dosificación de 70 t ha⁻¹ de compost se reduce drásticamente la dificultad de absorción en redujo significativamente la resistencia a la penetración, en la profundidad de 0-15 cm. Por otro lado, en el intervalo de profundidad de 19 a 31 cm (con una dosificación de 40 t ha⁻¹ de compost) se hizo patente una disminución en el nivel de compactado, ya que el material orgánico eleva la macro – porosidad entre los agregados, con la consecuente facilidad de estructurar los agregados cuando el instrumento de medición hace la penetración.

También se puede utilizar el compost en contra procesos erosivos, ya que Cardona et al. (2016) afirman en su investigación que el incremento en el material orgánico, por medio del compost proveniente de residuos agrícolas, y el suministro de micorrizas, favorecen la potencialización de cualquier

propiedad física de los suelos, obteniéndose resultados más considerables (> 0,5 mm) de diámetro ponderado medio (DPM).

b. Compostaje

Este es un proceso viable económicamente del cual se obtiene el compost que se basa en la descomposición controlada de materiales orgánicos por medio de un proceso biológico donde interactúan microorganismos, factores ambientales, tales como la humedad, la temperatura y el oxígeno (Costa et al.,1991), es por eso que es llamado proceso bio-oxidativo de residuos orgánicos en condiciones controladas de temperatura, humedad y aireación, con la participación de diferentes grupos de microorganismos entre bacterias y hongos.(Rodríguez et al., 2010).

El proceso de compostaje generalmente se lleva a cabo en cuatro fases, y pueden ocurrir de forma concomitante, en lugar de secuencialmente (Belyaeva y Haynes, 2009).

Para Mandpe et al. (2020) el compostaje tiene 4 fases:

La fase mesofílica: Durante la fase inicial (la fase mesófila), que también se denomina fase de descomposición, la comunidad bacteriana presente en la mezcla de sustrato orgánico combina oxígeno con carbono para producir energía y dióxido de carbono. Los microorganismos utilizan una parte de la energía para los procesos de crecimiento y reproducción, y el resto se libera en forma de calor. En esta etapa se produce la oxidación de la materia orgánica fácilmente degradable, junto con la proliferación de bacterias mesófilas, resultando en un aumento de temperatura del sustrato a compostar. Estas

bacterias mesófilas pueden incluir *E. coli* y otras cepas bacterianas que son inhibidas por la temperatura cuando el proceso es asumido por las bacterias termófilas en el intervalo de transición.

La fase termofílica: La siguiente fase que también se denomina fase de estabilización, implica la mineralización de moléculas degradables lentamente, junto con un proceso complejo como la humificación de compuestos lignocelulósicos. En esta etapa, se puede observar un aumento de temperatura, que dura solo unos días. Después de completar una fase termofílica, el estiércol disponible parece digerirse, pero los materiales más erizados permanecerán intactos.

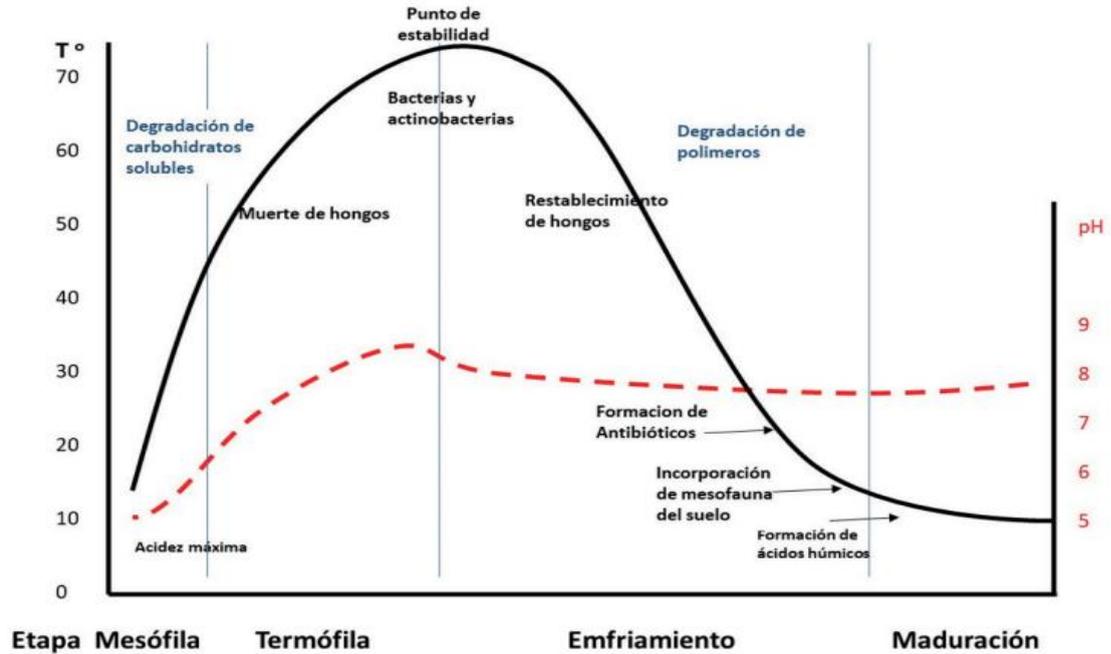
La fase de enfriamiento: Esta fase es en la que los microbios mesófilos, que fueron arrojados durante la fase termófila, se apoderan del sistema y comienzan a digerir los componentes orgánicos más resistentes del sustrato. Los hongos y otros macro organismos como las lombrices de tierra también regresan al sistema.

La fase de curado: Un tiempo de curado prolongado actúa como una red de seguridad para la destrucción de los patógenos restantes.

Para visualizar las fases del compostaje, ver la Figura 2, tomemos en cuenta que la fase de maduración es la misma que la de curado.

Figura 2

Fases del compostaje: Procesos bioquímicos en función de la variación de la temperatura y pH durante las diferentes etapas del compostaje



Nota: Adaptado por Mora et al. (2019c), de Dalzell et al, (1981)

2.2.3. Captura de Carbono orgánico de los suelos agrícolas degradados

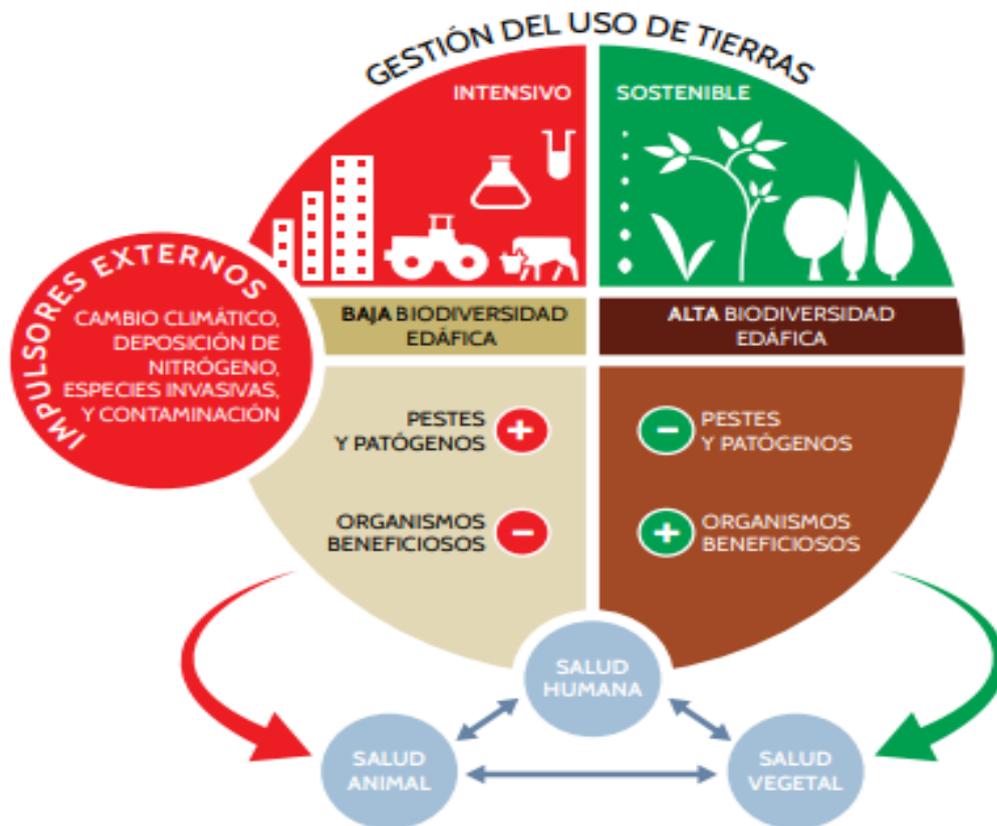
Los suelos tienen un rol muy activo en los procesos que se realizan para generar, capturar y fijar los GEI (Gases de Efecto Invernadero), ya que al variar sus niveles de concentración se evidencia una modificación en la temperatura y la presencia y continuidad de las precipitaciones pluviales. Esto genera estadios de sequías prolongadas o inundaciones que perjudican cualquier proceso de regulación del suelo en relación con los gases de efecto invernadero (GEI) y revierten, a su vez de manera adversa sobre el propio suelo (Caviglia et al., 2016).

Las gestiones agrícolas insostenibles de agro ecosistemas practicada en monocultivos, sobre labranza y el uso de insumos químicos, afectan las frágiles interrelaciones entre cualquier plaga y sus depredadores. Todo ello trae consigo externalidades perjudiciales en la cantidad carbono que está presente en los suelos. Lo que tiene repercusiones negativas en los depósitos de Carbono orgánico en el suelo. Cuando las pérdidas de Carbono orgánico del suelo no son susceptibles a explicación en función de alguna propiedad física de los suelos, se evalúa la posibilidad de que el carbono estable para los suelos, se relaciona con el nivel de dinamismo y pluralidad del microorganismo que lo habitan. (Gardi y Jeffery, 2009).

Ante el marcado decrecimiento de la variedad de microbios en el subsuelo, la íntima relación que vincula la biodiversidad de los suelos con el ciclo del Carbono, resulta de mucha ponderación al momento de hacer proyecciones relacionadas con los efectos que ocurren en desmedro de esa microfauna, debido a las modificaciones ambientales que por acción humana conllevan una afección del proceso global del ciclo del Carbono (De Graaf et al., 2015). Estudios actuales muestran que la biodiversidad de los suelos se puede mantener y recomponer, aunque parcialmente, al lograr una adecuada gestión de sostenibilidad, para lo cual es prioritaria la promoción de lo complejo del esquema ecológico, así como también de la magnitud de la biodiversidad de los suelos, todo ello mediante la mejora de las tareas de gestión orientadas a la mejora de la salud humana (Wall et al., 2015).

Figura 3

Gestión de Uso de Tierras



Nota: "Impacto de la gestión de la tierra en la biodiversidad del suelo"

(Modificado por Wall et al., 2015)

II.3. Marco Conceptual

2.3.1. Secuestro de carbono o captura de carbono

El secuestro de carbono orgánico de los suelos es un procedimiento por el que los átomos de Carbono se adhieren, desde la atmósfera, mediante la vegetación o el desecho orgánico, para terminar, almacenado en los suelos. Al tratarse de Dióxido de Carbono (CO_2), este proceso incorpora tres estadios:

- A. La absorción del Dióxido de Carbono de la atmósfera mediante la actividad fotosintética de la vegetación;
- B. El paso del Carbono presente en el Dióxido de Carbono a la vegetación; y
- C. El paso del Carbono de la masa de vegetación a los suelos donde el almacenado como Carbono Orgánico, siendo una de las reservas más críticas.

Este tipo de reservorio está caracterizado por un alto porcentaje de rotación. Incluye también los desechos de origen vegetal de reciente incorporación, por lo que es de fácil descomposición por la micro fauna de los suelos, lo que produce que se emita Dióxido de Carbono. Es por ello que la estructuración de estrategias para el secuestro de Carbono Orgánico se debe basar en idear formas de lograr una retención en las reservas lentas en los suelos. Por contraposición, la evidencia demuestra que las reservas estables tienen una mínima capacidad de cambio sobre el secuestro de Carbono, debido a que nos es propenso a cambios, y por ello, no reacciona adecuadamente a las gestiones. (Kane, 2015).

2.3.2. Suelos agrícolas en Carabayllo

Carabayllo constituye un fragmento de la cuenca del Río Chillón, en el que se ubican en la actualidad más de 3900 hectáreas destinadas a diferentes cultivos. Cada año se pierden en promedio 150 hectáreas, a pesar de que este sector se erige como uno de los más importantes reservorios para el sostenimiento de Lima Metropolitana. Una de los fenómenos más resaltantes es la presencia de una cadena productiva desarrollada por los agricultores de la zona. A raíz de esta producción se crearon algunos pequeños emporios comerciales, como el

que se desarrolló alrededor de la producción y venta de la papa Capiro. Por otra parte, el comercio de lechuga ha permitido que grandes cadenas de supermercados se vinculen con campesinos productores. Finalmente, las relaciones comerciales que se entablan entre “los productores del maíz amarillo, con los productores avícolas (San Fernando, por ejemplo)”. (Santillán, 2019)

2.3.3. Modelo Roth-C

El modelo RothC-26.3, se originó a raíz de las primeras versiones del Roth-C desarrolladas por Jenkinson y Rayner (1977). Mediante este modelo, el Carbono Orgánico es dividido tanto en un cuarteto de fases activas y una adicional pasiva. Basado en las diferentes velocidades con que se descomponen los materiales vegetales de fácil descomposición, los materiales vegetales resistentes, las biomásas microbianas, las materias orgánicas humíficas y la materia orgánica inerte.

El Roth-C es un método de amplia utilización para elaborar modelos del cambio del Carbono Orgánico en los suelos, ya que cuenta con una estructura poco compleja, que necesita pocos datos y magnitudes. (Coleman y Jenkinson, 1996).

II.4. Definición de términos básicos

- **Enmienda orgánica:** En la NCh2880.c2003: Compost – Clasificación y requisitos (2003) se define como enmienda orgánica “a cualquier material fertilizante compuesto primordialmente de un combinado de compuestos de carbono, tanto de naturaleza animal, vegetal o mixta”.

Se destina al mantenimiento o recomposición de los contenidos de materiales orgánicos de los suelos, de modo que se mejore toda propiedad física, química o biológica. Es un producto que se vierte sobre los suelos para corregir o mejorar, por lo menos alguna de sus condiciones físicas, químicas o biológicas. En ese sentido, las nuevas características del suelo son beneficiosas para la vegetación sembrada.

- **Materia orgánica del suelo:** Según Julca et al. (2006) es “la parte orgánica que cumple un papel esencial en el suelo, aportando gran cantidad de nutrientes”.
- **Erosión del suelo:** De acuerdo a Zamora (1981) “la erosión es un proceso natural y dinámico que la tierra sufre, y que normalmente se mantiene dentro de los límites permisibles, cuando existen relaciones armónicas entre la vegetación y el medio que les rodea”.
- **Suelo degradado:** Las degradaciones de los suelos son los deterioros de la calidad de los suelos, en función a la ausencia total o parcial de sus funciones. (Bai et al., 2013).
- **Carbono orgánico del suelo (COS):** Constituye una limitada porción del Ciclo Global del Carbono, ya que no considera dicho ciclo en las plantas, los océanos y los gases atmosféricos (Keane, 2015).
- **Captura o secuestro de carbono:** Keane (2015) nos dice que “es el proceso mediante el cual el carbono se fija desde la atmósfera a través de plantas o residuos orgánicos y se almacena en el suelo, comprendiendo tres etapas (extracción del CO₂ de la atmósfera a

través de la fotosíntesis de las plantas, la transferencia de carbono del CO₂ a la biomasa vegetal y la transferencia de carbono de la biomasa vegetal al suelo donde se almacena en forma de COS)”.

- **Compost:** En la NCh2880.c2003: Compost – Clasificación y requisitos (2003) nos dicen que “es el producto inocuo y libre de efectos fitotóxicos que resulta del proceso de compostaje. Está constituido principalmente por materia orgánica estabilizada, donde no se reconoce su origen, puesto que se degrada generando partículas más finas y oscuras. Puede ser almacenado, sin alteraciones ni tratamientos posteriores, bajo condiciones ambientales adecuadas”.
- **Microorganismos eficientes (EM):** Según Arias (2010) son “un cultivo mixto de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores) que pueden aplicarse como inoculante”. “Los diferentes tipos de microorganismos en el EM, toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo” (Íbiden,2010)
- **Sumidero:** El suelo puede ser una espada de doble filo cuando se trata de flujos de carbono. Los impactos antropogénicos en el suelo pueden convertirlo en sumidero o fuente neta de gases de efecto invernadero. Como fuente, el suelo emite éstos a la atmósfera donde atrapan la radiación térmica que aumenta el efecto invernadero contribuyendo así al calentamiento global. Según la IPCC (2014) “los gases de efecto invernadero a base de carbono emitidos por el suelo

son el CO₂ y el metano (CH₄), que son dos de los principales emitidos”.

- **Restauración de suelo:** La FAO, el PNUMA, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN) y el Foro Mundial sobre Paisajes están ultimando una estrategia para el Decenio, en la cual se indica que el ámbito de la “restauración de los ecosistemas” incluye un amplio espectro de prácticas y estados ecosistémicos deseados que contribuyen a conservar y reparar los ecosistemas dañados. Sin embargo, sin una idea más concreta de lo que abarca el citado espectro, las acciones quizá no sean todo lo exhaustivas y eficaces que podrían ser, mientras que las labores de vigilancia podrían verse dificultadas. “El concepto de “restauración de los ecosistemas” pueden interpretarlo de modo distinto los diferentes actores que intervienen en los diversos sectores: desde la “restauración” entendida como el retorno a un estado no degradado (por ejemplo, plenamente productivo) hasta el restablecimiento del estado primigenio o “natural” de un ecosistema” (FAO,2020).
- **Dióxido de Carbono:** Según Schlesinger (1991) “la fotosíntesis, que comenzó hace por lo menos tres mil millones de años, fijó cantidades considerables de carbono y liberó oxígeno que primero oxidó la superficie terrestre y permitió la acumulación de oxígeno libre desde hace aproximadamente 2 mil millones de años.” En el curso de tiempos geológicos, la absorción del CO₂ por la fotosíntesis y la

incorporación de grandes cantidades de carbono en las rocas sedimentarias, redujeron progresivamente el contenido de CO₂ del aire. La composición actual de la atmósfera resulta de un equilibrio entre procesos biológicos como la fotosíntesis y la respiración, así como de procesos fisicoquímicos como la absorción del CO₂ en aguas frías oceánicas, subsaturadas de CO₂ y su liberación por aguas calientes, sobresaturadas de CO₂. Según Saugier y Pontailier (2006) “el equilibrio natural que condujo a estos bajos contenidos de CO₂ está siendo actualmente modificado a escala global por las actividades del hombre, las cuales liberan cantidades crecientes de CO₂ al quemar combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) y la madera de los bosques eliminados para la agricultura o el pastoreo”.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

III.1. Hipótesis

III.1.1. Hipótesis General

El uso de la enmienda orgánica restaura la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima

III.1.2. Hipótesis Específicas

- El tratamiento con D₁ de enmienda orgánica tiene mayor capacidad restauradora de la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima, en comparación con D₂
- Las propiedades de la enmienda orgánica restauran la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícola de Carabayllo- Lima
- Los suelos agrícolas de Carabayllo- Lima tienen baja capacidad de captura de carbono orgánico
- El Modelo RothC-26.3 mide los efectos a largo plazo de la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico con el uso de la enmienda orgánica sobre los suelos agrícolas de Carabayllo -Lima

III.2. Definición conceptual de variables

Tabla 1

Definición Conceptual

Variable	Definición Conceptual
Variable dependiente:	
Restauración de la capacidad de captura de (COS) carbono orgánico de los suelos agrícolas	La calidad del suelo la constituye diversos factores propios como “el contenido de materia orgánica, la diversidad de organismos” (Bautista et al., 2004) y otros, que son indicadores de la calidad del suelo. Por eso, “la intensidad y calidad de la materia orgánica que se agregue al suelo afecta la calidad del suelo la cual será función de la tasa con la que el suelo forma parte del carbono orgánico del suelo (COS)” (Orjuela, 2018).
	La restauración ecológica implica un conjunto de técnicas y procedimientos que buscan restaurar sistemas ecológicos con diferentes grados de degradación; su importancia se deriva de la existencia generalizada de distintas formas de degradación de los recursos naturales y de las condiciones ambientales, manifestadas en aspectos como la pérdida de vegetación y de suelos, aguas contaminadas, pérdida de recursos genéticos, destrucción de partes vitales de hábitat, erosión, mortalidad y baja reproducción de las especies, cambios climáticos, geológicos y evolutivos, extinción de especies y, en general, el deterioro progresivo de distintos tipos de sistemas naturales modificados, cultivados y construidos.

<p>Variable independiente:</p> <p>Capacidad de la captura de (COS) carbono orgánico de los suelos agrícolas</p>	<p>Lo más conocido respecto a la captura del carbono es “la conversión del CO₂ de la atmósfera en reserva orgánica de carbono o humus, como consecuencia de la vuelta al suelo de los residuos vegetales y la biomasa, así mismo, hay captura de carbono en suelos bajo riego por efecto de la filtración de carbonatos con el movimiento del agua” (Lal, 2003). Además de lo expresado, el secuestro de carbono es “una opción que suma a las acciones para frenar la degradación del suelo, que influye positivamente en la salud de plantas, animales y seres humanos” (Hontoria et al., 2004).</p>
<p>Variables independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dosis de enmienda orgánica - Calidad de la Enmienda orgánica 	<p>La degradación de un suelo está caracterizada por “cambios en sus mecanismos de autorregulación, que afectan a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, es por esto que la calidad de un suelo puede ser determinada monitoreando a través del tiempo estas propiedades” (Doran y Parkin, 1994). Sin embargo, estas pueden verse mejoradas mediante el agregado de enmiendas orgánicas (compost y vermicompuestos) de calidad.</p> <p>La dosis es una medida de la cantidad de exposición a una sustancia por una persona a lo largo de un período de tiempo, se expresa corrientemente en miligramos (cantidad) por kilo (medida del peso corporal) por día (medida del tiempo). En general, cuanto mayor es la dosis, mayor es la probabilidad de un efecto. En el caso de enmiendas orgánicas, en dosis elevadas aumenta la salinidad del suelo, “elevando el pH, además de aumentar la concentración en el suelo de nitrato, nitritos, amonio, y otros iones tóxicos” (Portal Frutícola, 2019).</p>

Fuente: Elaboración Propia

III.2.1. Operacionalización de variables

Tabla 2

Definición Operacional

Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Índice	Métodos	Técnica
Restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícolas	Capacidad de captura de carbono de los suelos	Carbono orgánico en el suelo (COS)	Niveles de Carbono orgánico en suelo	Walkey - Black	%p/p
Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Índice	Métodos	Unidad de medida
Dosis de enmienda orgánica	Dosis aplicada en el suelo agrícola	Dosis 1	Niveles de carbono orgánico en suelo tratado con la enmienda orgánica aplicada a diferentes dosis	Peso	t/ha
		Dosis 2		Peso	t/ha
Calidad de la enmienda orgánica	Propiedades de la enmienda	Materia Orgánica	Análisis de la enmienda orgánica obtenida con diferentes parámetros	Pérdida por calcinación por ignición	%
		Fósforo (P205) Ca Total Mg Total Na Total		Espectrofotometría de absorción atómica	%
		N total		Micro-Kjeldahl modificado	mg/L

		P Total	Digestión vía húmeda (en solución nitro-perclórica) y posterior colorimetría empleando reactivo sulfomolibdico		
		Conductividad Eléctrica (CE)	Lectura con conductímetro en pasta saturada		%
		pH	Potenciómetro en pasta saturada		--
Capacidad de la captura de carbono orgánico de los suelos agrícolas	Capacidad de captura de carbono de los suelos	Carbono orgánico en el suelo (COS)	Nivel de carbono orgánico en suelo de la enmienda orgánica obtenida	Walkey - Black	%p/p
Modelo RothC-26.3	Rotación de carbono orgánico en suelos	Medición del Carbono que entra anualmente al suelo	Proyecciones de los niveles de captura de carbono orgánico en suelo en 5, 25, 50 y 100 años.	Tasa anual total de carbono	t/ha/año

Nota: Fuente de elaboración propia

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

IV.1. Tipo y Diseño de Investigación.

IV.1.1. Tipo de Investigación

La presente investigación fue de **tipo experimental**, ya que cumple con las características mencionadas de acuerdo a Baena (2017, p. 40) el cual indica que, existen 3 grandes tipos de investigación, la documental, de campo y experimental, en su definición del tipo de investigación experimental nos dice que “esta se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosas controladas y con el fin de entender el modo o el por qué causa produce una situación o acontecimiento particular” (Ibídem, 2017), características que cumple nuestra investigación.

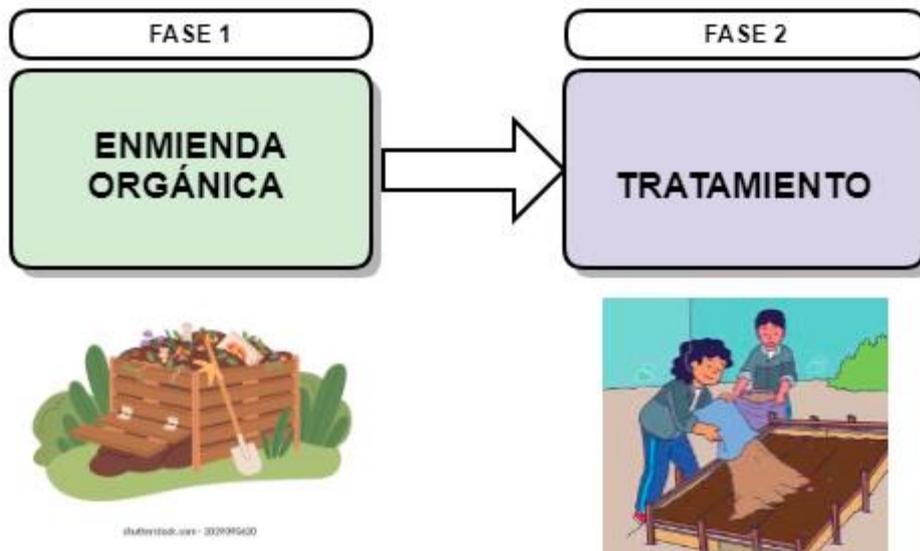
IV.1.2. Diseño de Investigación

El tipo de diseño de investigación a utilizar fue **un experimento puro con pre y pos prueba con dos grupos** (Ríos,2017, p. 83), donde el grupo experimental son los dos tratamientos (Dosis 1 60 t/ha y Dosis 2 80 t/ha de enmienda orgánica sobre el suelo agrícola) y uno de control (suelo agrícola sin ningún tratamiento). A los dos grupos (suelos con diferentes tratamientos) se les realiza un pre prueba simultáneamente (Cantidad de carbono orgánico del suelo), luego se les da tratamiento y finalmente se realiza la pos prueba para medir el carbono orgánico del suelo restaurado como respuesta a la intervención de la enmienda orgánica.

La presente investigación ha sido desarrollada en dos fases, las cuales se presentan a continuación en la Figura 4.

Figura 4

Fases de la investigación

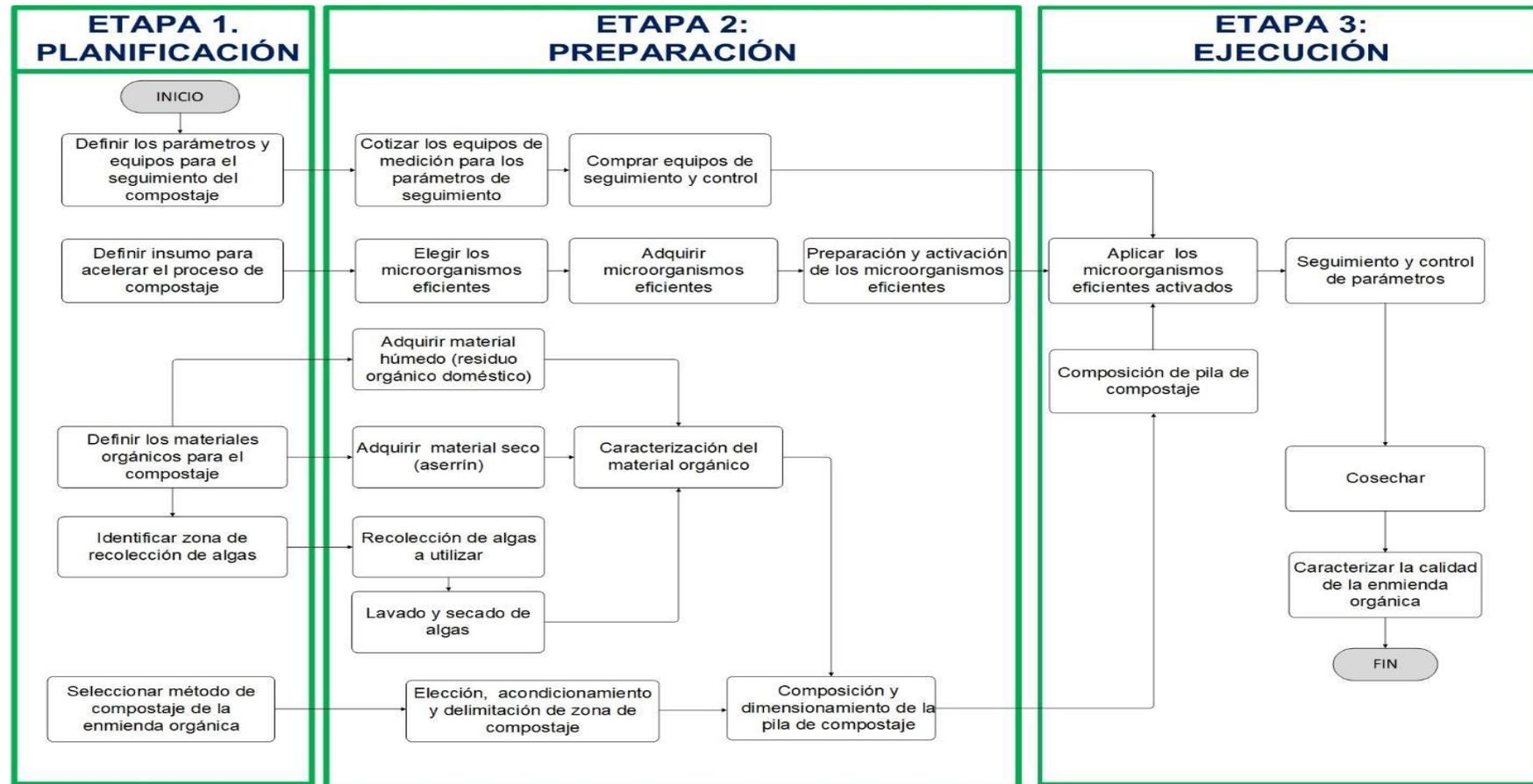


Nota: El gráfico representa las fases por las cuales pasaron nuestra investigación

Las etapas de la Fase I - Enmienda Orgánica se muestran en la siguiente Figura 5.

Figura 5

Fase I: Etapas de la enmienda orgánica



Nota: Elaboración propia

FASE I: ENMIENDA ORGÁNICA

La elaboración de la enmienda orgánica fue realizada a través del proceso de compostaje, la cual se llevó a cabo en tres etapas:

Etapa 1: Planificación

A. Se determinaron los parámetros de seguimiento del proceso de la obtención de la enmienda orgánica (Compost).

Para el seguimiento del proceso de compostaje fueron monitoreados 3 parámetros importantes lo que nos ayudó a que el proceso de compostaje se encontrara de acuerdo a lo esperado, los parámetros de los que se decidió hacer seguimiento fueron:

- Temperatura, ya que este nos indica las fases térmicas por las cuales está pasando nuestra enmienda orgánica.
- pH, ya que se debe controlar que este sea el más neutro posible.
- Humedad, ya que los organismos encargados de la descomposición de los materiales necesitan un cierto contenido en agua para desarrollar su actividad.

B. De acuerdo al tipo de investigación que se desarrolló y en base a la limitante el tiempo, se decidió utilizar un acelerador para el proceso de compostaje de la Enmienda Orgánica, ya que se tenía el objetivo de reducir el tiempo de compostaje en un 40% del tiempo normalmente estimado.

C. De acuerdo al espacio y la cantidad que se requirió para el tratamiento de la Enmienda Orgánica se decidió utilizar el método de compostaje por pilas, ya que gracias a este método se pudo llegar a una temperatura que

elimina los patógeno termo tolerantes y semillas que pudieran colarse al proceso de compostaje.

D. Para la enmienda orgánica se utilizaron los siguientes materiales orgánicos:

- Algas varadas en el litoral marino de Ancón - Lima, para este caso, realizamos una inspección previa de las playas para identificar las zonas más afectadas por este fenómeno llamadas mareas o floraciones.
- Residuos domésticos; estos se recolectaron de una zona cercana al área de tratamiento del suelo agrícola, ya que esta es una biomasa que en su mayoría es desechada en los hogares y trasladada a los rellenos sanitarios o botaderos.
- Aserrín, como material seco, el cual es recolectado por los aserraderos cercanos a la zona de tratamiento del suelo agrícola.

E. Identificación de la zona de recolección de algas se realizó el día 28.04.2021, esta consistió en el diagnóstico visual a las playas de Ancón con el objetivo de determinar qué playas tienen más cantidad de algas varadas.

Las playas que se identificó para la recolección de algas fueron:

- Playa 28
- Playa Enanos
- Playa Hermosa
- Playa San Francisco Chico

La Figura 6. muestra las playas que se identificó con gran masa de algas para su recolección.

Figura 6

Playas con algas varadas



Nota: La imagen n°1 es Playa San Francisco Chico, nuestra compañera muestra una de las algas varadas, específicamente una *Chlorophyta*, la imagen n°2 es Playa 28 y está cubierta con algas *Rhodophytas* y *Chlorophytas*, la imagen n°3 es Playa Enanos y está cubierta de algas

Chlorophytas y la imagen n°4 es Playa Hermosa cubierta en la orilla de algas *Chlorophytas*.

Etapa 2: Preparación

A. Adquisición de un equipo seguimiento y control

De acuerdo a los parámetros de seguimiento para la obtención de la enmienda orgánica, además, tomando en cuenta las limitaciones de uso de un equipo más sofisticado, se decidió realizar la compra de un equipo que mida (temperatura, pH y humedad). Se compró un Medidor de pH, humedad, temperatura y luz de suelo de Modelo YH-Soil 4in1, sus características se pueden observar en el **Anexo b.2**.

B. Microorganismos Eficientes

Para reducir el tiempo de compostaje se utilizó un producto de Microorganismos Eficientes, conocido como Bioflash, el cual actualmente es utilizado por las municipalidades en Perú que valorizan sus residuos orgánicos. Las características técnicas del producto se encuentran en el **Anexo b.3**.

Se realizó la preparación y activación de los microorganismos eficientes para ser usado en el proceso de compostaje. La activación se realizó de acuerdo a lo indicado por el fabricante.

- Para la activación de los microorganismos eficientes se utilizó un recipiente de 20 litros para la mezcla.
- Para la mezcla se dejó reposar por 24 horas el agua potable

- Se trasladó al recipiente 5% de Bioflash Concentrado (1 litro de microorganismos eficientes) + 10% de melaza (2 litros de melaza) + 85% de agua dulce (17 litros de agua potable). En la Figura 8 se detalla la distribución de la mezcla.
- Se homogenizó la mezcla.
- Se dejó reposar de 5 a 7 días el recipiente con la mezcla.
- El recipiente con la mezcla estuvo bajo sombra.
- Después de los días de reposo, se observó la formación de una capa de hongos en la mezcla, como se muestra en la Figura 8. Este es un signo que indicó que ya estaba listo para su uso.

Figura 7

Mezcla para la activación de los microorganismos eficientes



Nota: La figura muestra cómo debe estar compuesta la mezcla para la activación de los microorganismos eficientes.

Figura 8

Capa de hongos en la mezcla



Nota: La capa de color amarillo mostaza son colonias de hongos, la fotografía fue tomada al séptimo día de la activación.

- Una vez obtenido los microorganismos eficientes activados fue guardado para su aplicación en la pila de compostaje.

C. Recolección, lavado y secado de algas marinas

Recolección de las algas marinas, se realizó visitas programadas a las playas. Las fechas fueron:

- 30 de abril del 2021
- 01 de abril del 2021
- 02 de abril del 2021

Se realizó una pre-limpieza de las algas varadas, consistió en el retiro de exceso de arena y de materiales inertes como plásticos, redes de pescar, rafia plástica, ropa, botellas y otros más que se muestran.

Figura 9

Algas Rodophytas enredadas con rafia plástica



Figura 10

Algas Rodophytas enredadas con sogas



Figura 11

Pre – limpieza de algas



Después de la pre- limpieza, se pasó a transportar las algas en sacos

Lavado y secado de las algas marinas

Se procedió a la limpieza; consistiendo en el lavado de las algas con agua potable para de retirar el exceso de arena y sal, y finalmente se procedió a secar al sol por 24 horas como observa en la Figura 12.

Figura 12

Algas secando al sol



Nota: La imagen n°1 muestra a las algas secando bajo sol, en la imagen 2 y 3 se muestra a las algas *Rhodophytas* y *Clorophytas* secando bajo sol (podemos diferenciarlas por el color, las verdes claras son las *Clorophytas* y las rojas son las *Rhodophytas*).

D. Recolección de residuos orgánicos domésticos

Primero se realizó una charla de puerta en puerta a los vecinos aledaños a la zona de donde se realizó el tratamiento, se les entregó una Guía de compostaje (**ver Anexo e**), una bolsa de 3 kg de aserrín más un balde 20 litros de capacidad para la segregación y recolección de sus residuos orgánicos. El recojo del balde fue por 2 semanas con la frecuencia de dos veces por semana.

Las indicaciones para la recolección fueron:

- Segregar desechos de cocina, como cáscaras de verdura, frutas, huevos, restos de comida (sin aceite y carnes), borras de café, restos de los filtrantes (sin la bolsa), cabellos, uñas y pelos de mascotas.
- Cada vez que llenarán el balde con residuos orgánicos debían echar 2 manos de aserrín.

Las familias que participaron fueron 10 con aprox. 4 personas dentro su núcleo familiar, recogiendo un total de 800 litros de residuos orgánicos domésticos.

E. Recolección de aserrín

El aserrín se recolectó de los residuos de un aserradero cercano al área de tratamiento del suelo agrícola.

F. Caracterización de los materiales orgánicos

Se realizó la caracterización de cada material orgánico a utilizar para el compostaje de la Enmienda Orgánica. Se halló la densidad de cada material orgánico, fue realizada de forma teórica y práctica (para el caso

de la densidad), para que esta información se utilice para determinar la mezcla con la composición adecuada en relación del carbono y nitrógeno de cada una.

Para el cálculo de la densidad se utilizó un recipiente volumétrico de 20 litros y una balanza digital. El cálculo de la densidad se realizó mediante los siguientes pasos (Ver Anexo d.4.Fotografías para el cálculo de la densidad de los materiales orgánicos)

- Se llenó completamente hasta el ras del recipiente con el material orgánico respectivo (residuos orgánicos domésticos, aserrín y algas).
- Se pesó el recipiente vacío y después el recipiente con el material orgánico con la balanza digital
- Asimismo, se repitió dicho procedimiento un mínimo de tres veces para obtener una densidad promedio del material orgánico

En la Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 se muestran los resultados de la densidad obtenida por cada material orgánico. Estos datos fueron utilizados para hallar la composición de la pila de compostaje

Tabla 3

Resultado de densidad de los residuos orgánicos domésticos

Residuos domésticos (RD)				
Nº	Masa de RD + balde (kg)	Masa RD (kg)	Volumen (L)	Densidad (kg/L)
Prueba 1	6.60	5.65	20	0.2825
Prueba 2	6.60	5.65	20	0.2825
Prueba 3	6.50	5.55	20	0.2775
Promedio	6.567	5.617	20.000	0.281

Nota:

Elaboración

propia

Tabla 4

Resultado de densidad de las algas

N°	Algas (AL)			
	Masa de AL+ balde (kg)	Masa AL (kg)	Volumen (L)	Densidad (kg/L)
Prueba 1	5.2	4.25	20	0.2125
Prueba 2	5.1	4.15	20	0.2075
Prueba 3	5.2	4.25	20	0.2125
Promedio	5.167	4.217	20.000	0.211

Nota: Elaboración propia

Tabla 5

Resultado de densidad del aserrín

N°	Aserrín (AS)			
	Masa de AS + balde	Masa AS (kg)	Volumen (L)	Densidad (kg/L)
Prueba 1	5.5	4.55	20	0.2275
Prueba 2	5.6	4.65	20	0.2325
Prueba 3	5.6	4.65	20	0.2325
Promedio	5.567	4.617	20.000	0.231

Nota: Elaboración propia

Se determinó la relación C/N de cada material orgánico. Para el análisis se envió una muestra representativa de cada material orgánico al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina. En la Tabla 6 se muestran los resultados.

Tabla 6

Resultados de la relación C/N de los materiales orgánicos

n°	Material orgánico	C/N
1	Residuos domésticos (RD)	39.71
2	Algas (AL)	7.92
3	Aserín (AS)	147.1

Nota: Elaboración propia. Datos tomando del Informe con fecha 30-04-2021 enviado por el Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes ubicada en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

G. Elección y acondicionamiento de la zona de compostaje

Se determinó utilizar el modelo de compostaje por la pila. El área que se escogió para la implementación de la Pila, fue en el jardín de una casa cercana a la zona de tratamiento. La zona de trabajo tuvo un área total de 8 m² aproximadamente y su elección se dio a raíz que se encuentra cerca de la zona de tratamiento y porque la dueña del espacio se ofreció con apoyarnos con la vigilancia de la pila de compostaje. Se realizó el acondicionamiento del área de trabajo, este consistió en la limpieza, nivelación del área y la delimitación de la pila de compostaje. (Ver Anexo d.5. Fotografías del acondicionamiento, delimitación y composición de la pila de compostaje para la enmienda orgánica).

H. Determinación de la composición y dimensionamiento de la pila de compostaje

Para determinar la composición de la pila de compostaje y la cantidad de enmienda orgánica necesaria a desarrollar, se tomó en cuenta las dosis

(60 t/ha y 80 t/ha) para la Segunda Fase – Tratamiento, estableciendo el área de tratamiento es de 20 m² y la adición de la enmienda orgánica sería para dos meses consecutivos para cada dosis, obteniendo que:

✓ Para 20 m² para la dosis de 60 t/ha se necesitaba 240kg de enmienda orgánica

✓ Para 20 m² para la dosis de 80 t/ha se necesitaba 320kg de enmienda orgánica

Por ende, el total de enmienda orgánica es de 560 kg, pero la masa orgánica total (residuos domésticos, algas y aserrín) que ingresa a la pila de compostaje no es la misma masa total que resulta después del proceso de compostaje.

Masa total de material orgánico ≠ masa total de la enmienda orgánica

Por esa razón, para la determinación de la masa total de material orgánico es la misma cantidad de la masa total de la enmienda orgánica*1.4, ya que la masa y volumen orgánico en el proceso de compostaje disminuye. Por lo tanto, la masa total de material orgánico es 784 kg aprox.

En la Tabla 7 se muestra cómo se distribuyó la composición de la pila, tomando como base que el rango óptimo de la relación C/N de la mezcla debe estar entre 25 -30.

Se distribuyó la composición tomando en cuenta la relación C/N óptima.

La relación C/N de la mezcla se halló con la fórmula propuesta por Margaría (2003).

$$C/N_{mezcla} = P_{AL} \left(\frac{C}{N_{AL}} \right) + P_{RD} \left(\frac{C}{N_{RD}} \right) + P_{AS} \left(\frac{C}{N_{AS}} \right)$$

Dónde:

P_{AL} = Proporción en masa de las algas sobre la masa total de la mezcla

P_{RD} = Proporción en masa de los residuos domésticos sobre la masa total de la mezcla

P_{AS} = Proporción en masa del aserrín sobre la masa total de la mezcla

C/N_{AL} = Relación carbono nitrógeno de las algas

C/N_{RD} = Relación carbono nitrógeno de los residuos domésticos

C/N_{AS} = Relación carbono nitrógeno del aserrín

El resultado de la relación C/N de la mezcla fue y tomando en cuenta los datos de la Tabla 7:

$$C/N_{mezcla} = 0.64(7.92) + 0.27(39.71) + +0.09(147.1)$$

$$C/N_{mezcla} = 29.57$$

Tabla 7

Composición de la pila de compostaje

Materiales orgánicos	Densidad (kg/l)	Volumen (L)	Masa (kg)	Proporción	C/N
Residuos domésticos (RD)	0.281	747.3	210	0.27	39.71
Algas (AL)	0.211	2369.7	500	0.64	7.92
Aserrín (AS)	0.231	320.3	74	0.09	147.1
Total		3437.3	784	100%	29.5721

3.4

Nota: Fuente – Elaboración propia

Para el dimensionamiento de la pila de compostaje, se tomó en cuenta el volumen total de material orgánico este se encuentra en la Tabla 7. Composición de la pila de compostaje, el volumen total es de 3437.3455 litros, se transformó a m³ obteniendo 3.4 m³. De acuerdo a esto se halló las dimensiones, obteniendo 1.2 m x 1.8 m x 1.59 m = 3.4m³

Etapa 3: Ejecución

A. Aplicación de los microorganismos eficientes

De acuerdo a lo indicado por el fabricante de Bioflash, la mezcla activada es para 5 toneladas de material orgánico. Ya activados los EM (microorganismos eficientes), se realizó el cálculo, por regla de tres simples para la cantidad de 784 kg de mezcla, para obtener la cantidad necesaria para la pila de compostaje.

20	5000
X	784

$$X = \frac{20 \times 784}{5000} = 3.136 \text{ litros}$$

En conclusión, se necesitó para 784 kg 3.2 litros de Bioflah aprox.

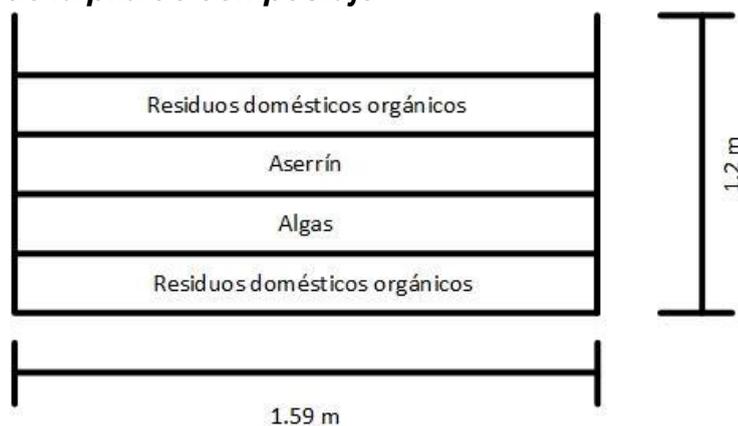
La aplicación de los microorganismos eficientes se vertió con una jarra medidora.

B. Elaboración de la pila de compostaje

La distribución de la pila de compostaje es como se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Composición de la pila de compostaje



Nota: Se agregaron las capas necesarias hasta que llegue a tener 1.2 m de altura. Fuente: Elaboración propia

En medio de la pila se instaló un tubo para facilitar la aireación. ((Ver Anexo d.5. Fotografías del acondicionamiento, delimitación y composición de la pila de compostaje para la enmienda orgánica.

C. Seguimiento y control de parámetros

Para el seguimiento y control adecuado de la pila de compostaje, se determinó la frecuencia de volteos y humedecimiento. Tomando en cuenta que la pila debe de contar con una correcta oxigenación, ya que de esta depende el crecimiento microbiano para la descomposición de los residuos orgánicos. Por ende, la frecuencia fue de 2 veces por semana hasta superar la fase mesofílica, después hasta llegar a la cosecha el volteo fue 1 vez por semana, esta fue realizada con la ayuda de un aireador de compost.

El humedecimiento consistió en la adición de agua con un aspersor a la pila de compostaje con frecuencia de dos veces por semana.

También se realizó la toma de temperatura, pH y humedad con frecuencia interdiaria.

D. Cosecha de la enmienda orgánica

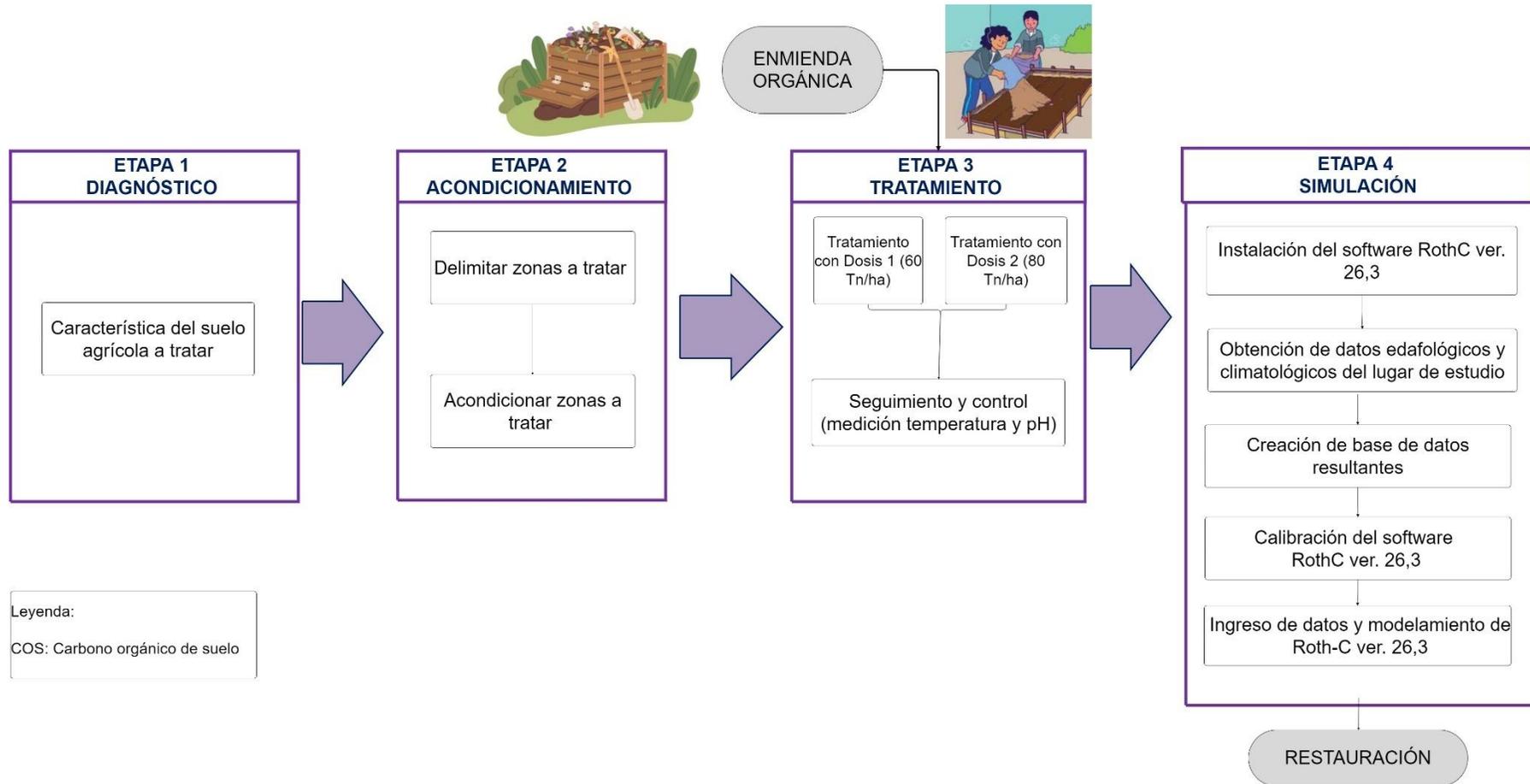
Después de 7 semanas de iniciado el proceso de compostaje se procedió a cosechar el compost a través del tamizado este se realizó con un tamizador metálico de tamaño 1.5x15 con ayuda de una pala de la enmienda orgánica resultante. Antes de realizar la cosecha debemos fijarnos si en la enmienda resultante no se observar restos de semillas u otro residuo orgánico sin descomponerse.

E. Caracterización de las propiedades de la enmienda orgánica

Después de la cosecha y de unos 5 días más para su enfriamiento se tomó una muestra representativa para ser enviada al Laboratorio de Universidad Nacional Agraria la Molina. Los resultados se podrán observar en los Anexos.

Figura 14

Fase II: Tratamiento



Nota: La fuente de la imagen es de elaboración propia

FASE II: TRATAMIENTO

Etapa 1: Diagnóstico

Característica del suelo agrícola

Se realizó una breve entrevista a los propietarios (a) del área tratamiento para conocer sobre sus antecedentes.

La caracterización fisicoquímica del suelo agrícola:

Para obtener el Carbono Orgánico del Suelo y textura

Para obtener mayor información de las características del suelo, se tomó una muestra compuesta a 30 cm del suelo, el objetivo fue hallar la cantidad de (COS) Carbono orgánico del suelo y la textura de este mismo.

Este primer muestreo lo llamamos pre liminar, ya que se realizó antes del tratamiento con la enmienda orgánica, este fue realizado de acuerdo a lo recomendado por la Guía para el muestreo de suelos (MINAM, 2014).

Las muestras fueron tomadas de acuerdo a lo expuesto a la Figura 15:

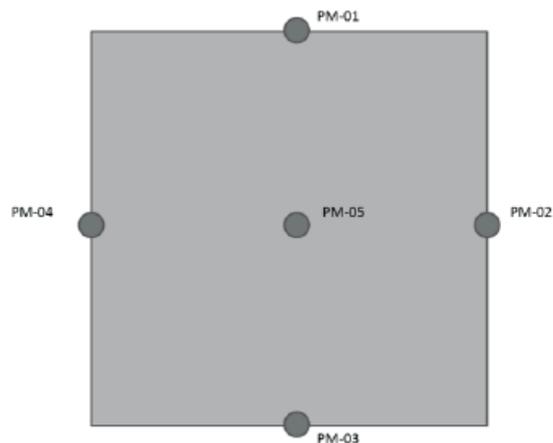
- primero se tomaron 5 submuestras (todas a 30 cm debajo del suelo),
- segundo se realizó la mezcla de estas submuestras para obtener una muestra representativa compuesta y
- por último, se envió al laboratorio para su caracterización (carbono orgánico del suelo y su textura).

Notas:

- Para cada parcela (parcela sin tratamiento, con tratamiento 60 T/Ha y con tratamiento 80 T/Ha) se repiten los pasos mencionados atrás.
- Este tipo de muestreo se realiza solo si el área de estudio tiene forma regular de un cuadrado.
- El laboratorio utilizó el Método Walkey-Black para hallar el carbono orgánico del suelo.

Figura 15

Localización de puntos de submuestreo



Nota: Fuente MINAM, (2014).

Como resultado se obtuvo el valor de Carbono Orgánico del Suelo en % peso/peso; pero se requiere el dato en unidades de peso/superficie; es por eso que para transformarlo se utilizó las siguientes formulas:

$$\% C = \% MO / 1.724 \text{ o } \% C = \% MO (0.58),$$

donde: MO = Materia orgánica (%) y CO = Carbono orgánico total (%). Se utilizó el factor de Van Benmelen de 1.724 que resulta de la suposición de que

la materia orgánica del suelo contiene un 58% de Carbono ($1/0.58 = 1.724$). A continuación, el contenido de carbono orgánico total en suelos se calculó con base en la ecuación propuesta por González et al. (2008):

$$COS = CO (Da) Os,$$

Dónde: COS=Carbono orgánico total en suelo por superficie ($Mg\ ha^{-1}$); CO= Carbono orgánico total (%); Da= Densidad aparente ($Mg\ m^{-3}$); Ps= Profundidad del suelo (m).

Tomar en cuenta que el dato de profundidad fue de 0.3 m, ya que fue a esa profundidad que se tomaron las muestras, el dato de CO (Carbono orgánico total) fue tomado de los resultados del laboratorio y el de Da= Densidad aparente ($Mg\ m^{-3}$), se halló a través del Método de densidad aparente utilizando la siguiente formula:

$$Da = M/V,$$

Donde, M= Masa del suelo (Mg) y V=Volumen del suelo (m^3). Se estimó en 3 muestras no alteradas de suelo utilizando cilindros de 7 cm de diámetro y 6 cm de altura, mediante el método del cilindro propuesto por Blake y Hartge (1986), posteriormente se promediaron los resultados para obtener uno representativo.

Etapas 2: Acondicionamiento

- A. El acondicionamiento consistió en el retiro de piedras, maderas, excretas de animales, etc. Luego se delimitó con cal el área de estudio, dividiéndolo en tres parcelas de estudio de $20m^2$, 1 parcela para la dosis de 60 t/ha, 1 parcela para la dosis de 80 t/ha y un blanco para poder diferenciar del tratamiento. Todas con las mismas dimensiones.

B. El área de estudio se encuentra dentro de una propiedad privada resguardada por muros; en comunicación con el propietario se acordó que, nos apoyaría con su vigilancia y acceso.

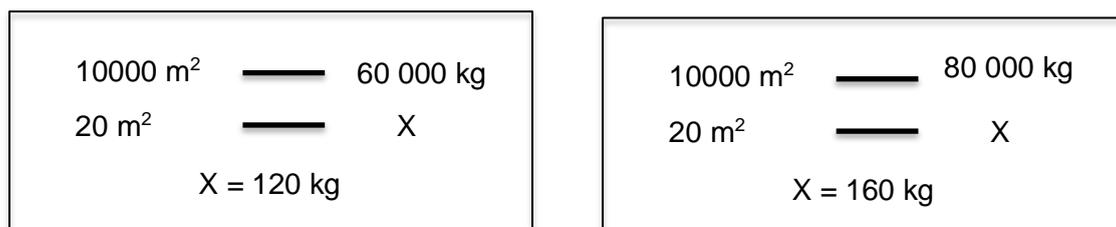
Etapa 3: Tratamiento

A. De acuerdo a las dosis planteadas para el tratamiento, se calculó cuánta Enmienda Orgánica se debe aplicar en 20m², Para el cálculo se tomó en cuenta que: La primera dosis (D_1) es de 60 t/ha y la segunda dosis (D_2) es de 80 t/ha. 1ha = 1000m² // 1 t = 1000kg // EO = Enmienda orgánica.
Por ende, para cada tratamiento es la siguiente cantidad hallada:

Figura 16



Cálculo en peso de cada dosis



Nota: Elaboración propia. Resultando lo siguiente mostrado en la Tabla 8.

Tabla 8

Distribución de tratamiento

Área de tratamiento	Dosificación (t/ha)	Cantidad de EO/m ² (kg)	Cantidad de EO para 20m ²
20 m ²	D ₁ :60	6	120

20 m ²	D ₂ :80	8	160
-------------------	--------------------	---	-----

Nota: Fuente elaboración propia

- B.** La aplicación en kg se realizó de acuerdo al resultado de la cantidad de enmienda orgánica necesaria para cada tratamiento, después se realizó el pesado de la enmienda orgánica en el área de estudio para su aplicación, esta consistió la enmienda orgánica, de a pocos, con ayuda de una pala, se distribuyó homogéneamente por toda su área de tratamiento.
- C.** El seguimiento de las parcelas de 20m² de las (D₀= blanco “sin enmienda orgánica”, D₁= 60 t/ha y D₂= 80 t/ha) en los suelos agrícolas consistió en la medición del pH, temperatura y humedad en un plazo de 30 y 60 días. El intervalo de seguimiento de control de datos se estableció de manera interdiario, tomando las mediciones en tres puntos distintos y aleatorios de cada una de las parcelas.

Etapa 4: Simulación

Para hallar las predicciones de la captura de carbono orgánico en el suelo a los distintos tratamientos a los que fueron planificados (T₀= blanco, sin enmienda orgánica, T₁= 60 T/Ha de enmienda orgánica y T₂=80 T/Ha de enmienda orgánica) se utilizó el software llamado Modelo Roth-C versión 26.3, el cual fue otorgado por el Centro de investigación sin fines de lucro Rothamsted Research, este es un centro líder en estudiar a las ciencia agrícola y estratégica para y en beneficio de los agricultores y la sociedad en todo el mundo.

El modelo es de autoría de (Coleman y Jenkinson, 1996, 1999), este fue diseñado para predecir los cambios en el contenido en Carbono y la cantidad de CO₂ emitido por suelos dedicados a actividad agrícola, que permite evaluar el efecto del tipo de suelo, las condiciones climáticas y la presencia de cubierta vegetal sobre los procesos responsables de la retención de Carbono y su renovación.

Ya que este modelo genera una simulación a largo plazo, se consideró para el lugar de estudio que, esta fuera un área agrícola de maíz, con siembras y cosechas de 2 veces/ año, ya que, en la zona, Carabayllo, se produce maíz en dos temporadas, teniendo residuos los meses de agosto y diciembre.

Para la simulación se realiza los siguientes pasos:

- A. Se realizó la descarga del paquete de instalación, después se procedió con la instalación del programa o software Roth-C-26.3 de acuerdo con la Guía de instalación. En la Figura 17 se muestra las versiones que existen del Roth-C26.3.

Figura 17

Paquete de instalación

Attachment	Size
 DOS Version	160.02 KB
 Windows version (version 1.1)	2.04 MB
 Windows version (version 2.0)	2.05 MB
 Windows version (version 2.1)	2.05 MB

Nota: Fuente: (Coleman ,2019)

B. Se definen y hallan los datos necesarios definidos por el Modelo.

Este modelo considera 10 variables de entrada, entre ellas datos edafológicos y climáticos del lugar de estudio, incluyendo la cantidad inicial de Carbono presente:

1. La temperatura (°C), precipitación (mm) y evapotranspiración mensual (mm) “como datos climatológicos”.

Para obtener los datos de temperatura (°C) y precipitación (mm) se tomó los datos de la estación meteorológica HUARANGAL Latitud S 11°47', Longitud W77°06', período de registro Promedio (1980-2011).

Para obtener los datos de evapotranspiración mensual (Remenieras, 1974; Custodio y Llamas, 2001) nos recomienda, utilizar la ecuación de Turc:

Figura 18

Ecuación de Turc

$$ET = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}},$$

siendo P la precipitación mensual total (mm/año), T=la temperatura media mensual (° C) y L= un parámetro calculado de acuerdo con la ecuación.

$$L= 300 + 25T + 0,0057 T(3)$$

Se tiene claro que el objetivo de la investigación es simular las tasas de secuestro de carbono orgánico del suelo a 5, 25, 50 y 100 años acumulado (t C /ha.año).

Es por eso que, en este trabajo se han considerado las variaciones climatológicas a consecuencia del cambio climático de acuerdo a las proyecciones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático, conocido por el acrónimo en inglés IPCC de su Sexto Informe de evaluación, Cambio climático 2021: La base de la ciencia física AR6. Estos escenarios se muestran en datos en la Figura 19.

Figura 19

Escenario SSP2-4.5

Temperatura cercana 2021-20140		Temperatura cercana 2021-20141		Temperatura cercana 2021-20142	
Mejor estimado	Muy probable rango	Mejor estimado	Muy probable rango	Mejor estimado	Muy probable rango
1.5	1.2 to 1.8	2	1.6 - 2.5	2.7	2.1 - 3.5

Nota: Fuente (IPCC; 2021)

Se toma como referencia escenario SSP2-4.5, ya que es el más probable según el IPCC.

Una vez que hemos decidido los cambios de precipitación y temperatura a lo largo de los 100 años del periodo 20021-2142 y se han calculado los valores de ambas variables así como los de la evapotranspiración, se ha seguido un proceso iterativo para el cálculo de los valores del Carbono orgánico total en el suelo, las fracciones de que está constituido y el CO₂:

- Temperatura: Como tenemos 3 escenarios diferentes de temperatura para los próximos 100 años (2021-2142) y sabemos que la temperatura variará en esos años en; 1.5 °C, 2°C y 2.7°C, se ha considerado un incremento a la temperatura inicial (2021) hasta el 20142.

- $T_0 = 1921-2021$ es la misma identificada en la Estación Huarangal
- $T_{0+1.5\text{ °C}} = 2021-2040$
- $T_{0+2\text{ °C}} = 2041-2080$
- $T_{0+2.7\text{ °C}} = 2081-2120$

- Precipitación y evapotranspiración: para la variación de acuerdo al cambio climático, el IPCC nos indica que falta literatura para determinar cómo variaría en Latinoamérica la precipitación (IPCC,2021). Por lo tanto, se toma la data promedial de los períodos de 1980-2011 de la estación meteorológica El Huarangal- Carabayllo

Se genera los datos climatológicos para que sean ingresados al software.

2. El porcentaje de arcilla del suelo.

Para este trabajo se utilizó los datos resultantes de (% arcilla, % arena y % de limo) de la caracterización del suelo en el muestreo preliminar. Posteriormente se utilizó el Método Hydrométrico-Bouyoucos (SlabPerú, 2021) para determinar la textura del suelo se realizó el cruce en el Triángulo textural de USDA, siglas que hacen mención al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

3. La profundidad del suelo para calcular la cantidad de Carbono retenido. En este trabajo se han considerado 30 cm de profundidad en todos los casos.
4. La presencia de cobertura vegetal durante los distintos meses del año. En este trabajo se tomó en cuenta la Guía de usuario del Modelo RothC 26.3, el cual nos señala que, es necesario indicar si el suelo está vegetado o no, ya que se ha identificado que la descomposición es más rápida en suelos con barbecho que en los cultivados, incluso cuando no se permite que el suelo cultivado se seque (Jenkinson et al 1987; Sommers et al, 1981; Sparling et al 1982). Para eso se cuenta con lo siguiente:

El factor de cobertura del suelo (c), este factor es sumamente importante, debido a que este reduce la velocidad de la descomposición. Antes este factor fue llamado 'factor de retención.

Si el suelo tiene vegetación $c = 0,6$

Si el suelo está desnudo $c = 1.0$

Para este trabajo se asignó el valor 0.6, ya que se simuló que contara con vegetación.

5. Cantidad de carbono que aporta los residuos vegetales ($\text{Mg C/ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ cada mes.

Para este trabajo, se tomó como entrada anual de residuos vegetales $3.5 \text{ Mg C ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ que corresponde a 40% de la materia seca total, 10% lo aportan las raíces de acuerdo con las estimaciones de Kuzyakov y Domanski (2000). Esta cantidad de residuos vegetales se simulada para todos los tratamientos.

6. Cantidad de Carbono que aporta enmienda orgánica (T C/ha^{-1}) depositada, si hubiese, cada mes.

Para este trabajo, se toma en cuenta la caracterización de la enmienda orgánica, en la cual tenemos el resultado de materia orgánica, con este dato se halló el % Carbono, a través de la formula indicada por (Correa et al, 2011):

$$\%C = \% \text{MO} / 1.724$$

7. Una estimación de las tasas de descomposición de la cubierta vegetal que se incorpora al suelo, a partir de la ratio de material vegetal de fácil descomposición DPM y el material vegetal de difícil descomposición RPM. Es la relación entre DPM/RPM

Para este trabajo se consideró la relación 1.44, ya que esta se tomada para la mayoría de los cultivos agrícolas. (Coleman y Jekinson; 2014).

La relación es para todos los tratamientos.

- C. Se creó la Base de datos climatológicos y edafológicos como resultado para registrarlos como datos al software Roth-C-26.3, de acuerdo a lo mencionado

en Guía de uso del Roth-C-26.3 como referencia, fueron 3 bases de datos, para tratamiento (blanco sin tratamiento, D1: 60 t/ha y D2: 80 t/ha).

D. Posterior a la creación de la base de datos, el software se debe calibrar con el objetivo de que los datos ingresados a futuro tengan mayor correlatividad con el perfil histórico del suelo en los mil años pasados, y por lo tanto mayor confiabilidad.

1. Se ingresar con datos climatológicos y edafológicos para el intervalo de 1921-2021 (100 años atrás)
2. Después de ingresar los datos climatológicos y edafológicos se realizó la estimación. Ver Figura 20 y 21

Figura 20

Plataforma para registros de datos climatológicos

Create new weather data file

Save as ... Cancel

Description

	Temperature (oC) (range)	Rainfall (mm) (range)	Evaporation (mm) (range)
January	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
February	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
March	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
April	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
May	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
June	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
July	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
August	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
September	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
October	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
November	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
December	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Clay % (range)	<input type="text"/>	Depth (cm) (range)	<input type="text"/>

Nota: Tomada del software Roth C 26.3

Figura 21

Plataforma para registros de datos edafológicos

Create new land management file

Save as ... Cancel

Description	Plant Residues (t C / ha) (range)	FYM (t C / ha) (range)	Soil cover (range)
January	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾
February	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾
March	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾
April	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾
May	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾
June	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾
July	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾
August	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾
September	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾
October	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾
November	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾
December	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Covered ▾

Nota: Tomada del software Roth C 26.3

3. Calcular el $IOM=0.049 \cdot COT$ (1.139) Ecuación de Fallon. COT= Es el hallado en el laboratorio.
 4. Crear el escenario en equilibrio para la regresión a 1000 años atrás y tener como resultado los datos necesarios para la proyección a futuro.
 5. Generar el archivo gráfico
 6. Leer el archivo gráfico en “<https://filext.com/file-extension/263>” y extraer los datos de los compartimentos DPM, RPM, BIO, HUM , COT, CO2 y Radiocarbono.
 7. Utilizar los datos para realizar empezar a realizar las proyecciones a futuro.
- E.** Se determina el efecto de D14C para la proyección short term: Bomb effect:

El efecto bomba es una configuración específica de comportamiento de radiocarbono atmosférico que se usa para considerar el gran aumento de radiocarbono atmosférico en los años postindustriales debido a las industrias extractivas y nucleares. y esto es de especial importancia para modelamientos climáticos, ver los siguientes pasos:

1. Se crea el escenario short term: Bomb effect. Ver la Figura 21.
 - Año de inicio: 2021
 - DPM, RPM, BIO, HUM, D14C en eq
 - Datos edafológicos calibrados
 - Datos climatológicos
2. Generar archivo gráfico y lectura en la página “<https://filext.com/file-extensión/263>”.
3. Se realizó la lectura de resultados de COT y se tabuló.

F. Una vez calibrado el modelo, se corre de manera iterativa de forma que los valores de salida de C orgánico y CO₂ para un momento de tiempo (por ejemplo, 2021-2040), repitiéndose este proceso hasta alcanzar el periodo final de 2081-2120. Esto implica que el proceso de modelado se ha realizado un total de 36 veces (1 lugar de estudio por 3 tipos de tratamiento x 3 escenarios de incremento de temperatura x 4 periodos entre 5, 25, 50 y 100 años).

G. Se genera datos de Captura de carbono orgánico suelo (COS (t C /ha.año), Cambios del Carbono orgánico del suelo (COS) e (t C /ha.año) y Tasa de acumulación de carbono (t C/ha.año) en 5, 25, 50 y 100 .

IV.2. Método de Investigación

El método usado en la investigación es **cuantitativo y experimental**, ya que se comparan los datos numéricos resultado de las pruebas de carbono orgánico del suelo en pre y pos tratamiento, además se analizaron los datos numéricos con estadística descriptiva e inferencial con el Análisis de Varianza (ANOVA) y la Prueba Tukey.

IV.3. Población y muestra

IV.3.1. Población

Consideramos a nuestra población a todos los suelos agrícolas y no agrícolas que a la fecha se encuentran degradados y han perdido su capacidad de captura de Carbono Orgánico (COS).

IV.3.2. Muestra

Nuestra muestra aleatoria simple, ya que cualquier individuo dentro del universo puede ser elegido. En este caso hemos elegido los suelos agrícolas de Carabayllo –Lima

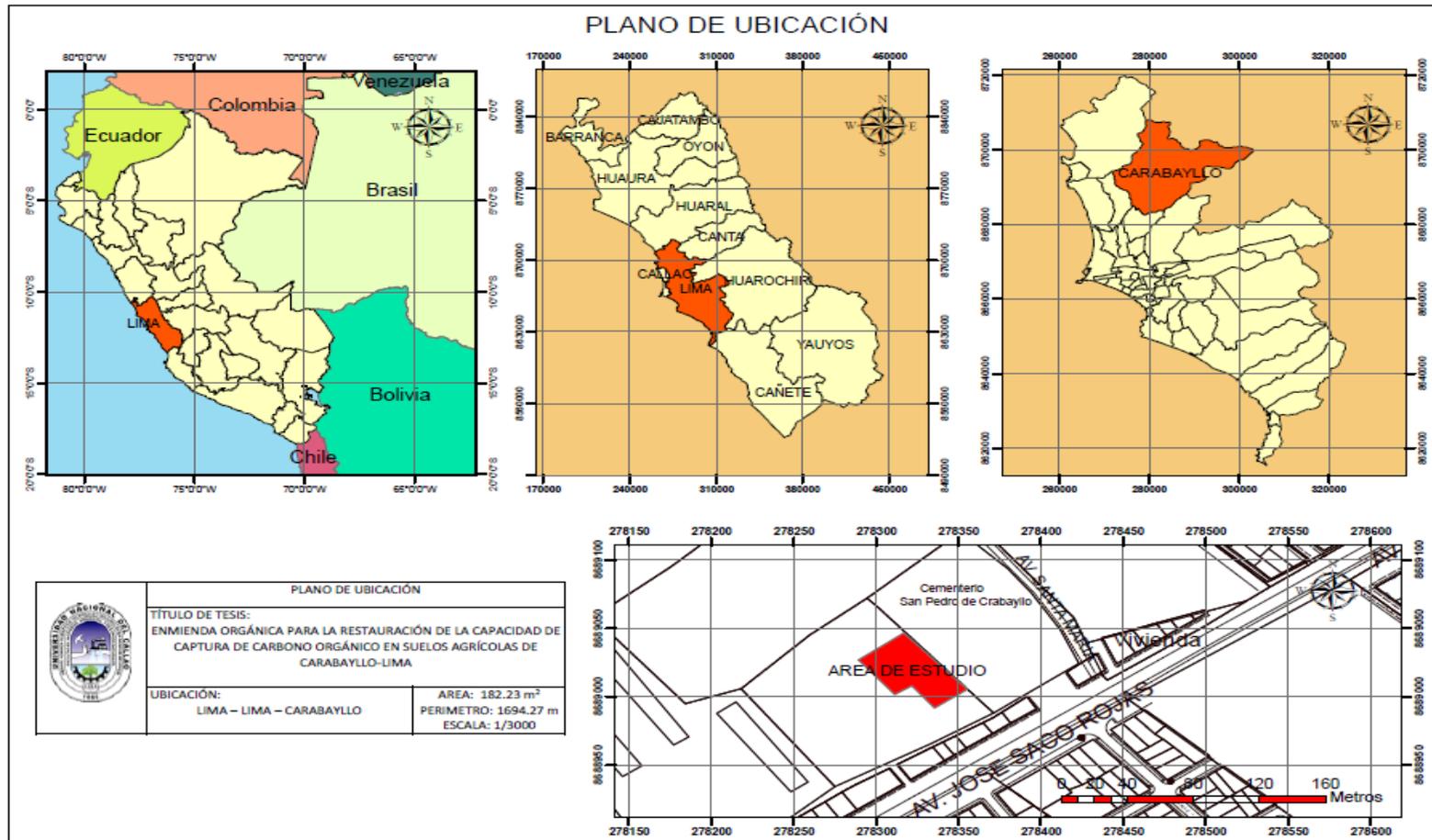
IV.4. Lugar de estudio

Nuestro lugar de estudio es El distrito de Carabaylo, el que se ubica “en las márgenes del río Chillón, en la provincia y departamento de Lima. Se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas latitud sur 11°, 10',09" y 11°,54', 22" y oeste 76°, 48', 11" y 77°, 05', 29", la altitud se encuentra entre 238 a 530 metros sobre el nivel del mar.

Los límites del distrito son: Norte y Noreste: con el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta. Sur: con el distrito de Comas. Este: con el distrito de San Juan de Lurigancho. Oeste: con el distrito de Puente Piedra y el distrito de Ancón” (MINSA,2019). De igual manera, Carabaylo cuenta con una superficie territorial de “346.89 km² y tiene una densidad de 615,16 hab/km², el distrito cuenta con más de 3200 hectáreas de tierras agrícolas; predominando la pequeña y mediana propiedad. La mayoría de unidades productivas agrícolas tienen un área de 1 a 5 hectáreas y los cultivos predominantes son: hortalizas, papa, maíz, frutales (vid, lúcuma, palta, etc.). Pero estas tierras vienen siendo amenazadas por el crecimiento urbano inadecuado e informal que se produce en el distrito y en Lima norte. Y uno de los problemas que se presenta en el área rural del distrito, es que la producción agrícola y pecuaria, es de baja rentabilidad la tierra, lo que ha incidido en la baja calidad de vida de los agricultores, por lo que muchos de ellos han optado por alquilar sus tierras a terceros” (Santillán, 2019).

Figura 22

Plano de Ubicación del Lugar de Estudio



Nota:

Elaboración

propia.

IV.5. Técnicas e Instrumentos de la recolección de datos

Las técnicas e instrumentos que se utilizaran para la recolección de información y datos se han desarrollado de acuerdo con las características y necesidades que se han requerido para la investigación.

Para la recolección de datos se utilizaron técnicas de observación y de tipo experimental para el registro de parámetros de seguimiento y control (temperatura, pH, humedad) durante todo el proceso de compostaje de la enmienda orgánica y el tratamiento del suelo agrícola.

Las técnicas e instrumentos que se utilizaran para la recolección de información y datos se han desarrollado de acuerdo con las características y necesidades que se han requerido para la investigación.

Para la recolección de datos se utilizaron técnicas de observación y de tipo experimental para el registro de parámetros de seguimiento y control (temperatura, pH, humedad) durante todo el proceso de compostaje de la enmienda orgánica y el tratamiento del suelo agrícola.

4.5.1. Técnicas de la recolección de datos

4.5.2.1. Para la Enmienda Orgánica

Para determinar la calidad de la enmienda orgánica se realizará el análisis fisicoquímico del producto final, en la Tabla se encuentran las técnicas por parámetro.

Tabla 9**Listado de técnicas de ensayo para la caracterización de la enmienda orgánica y suelo agrícola**

Ficha de Técnicas de Ensayo	
Parámetro	Técnica
pH	Método potenciométrico en pasta saturada
Conductividad eléctrica (dS/m)	Lectura con conductímetro en pasta saturada
Humedad %	Método gravimétrico
Materia orgánica (%)	Calcinación o pérdida por ignición
N total (mg/L)	Método de micro- Kjeldahl modificado
P total (%)	Digestión vía húmeda (en solución nitro- perclórica) y posterior colorimetría empleando reactivo sulfomolibdico
K total (%)	Espectrofotometría de absorción atómica
Ca total (%)	Espectrofotometría de absorción atómica
Mg total (%)	Espectrofotometría de absorción atómica
Na total (%)	Espectrofotometría de absorción atómica

Nota: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes / Facultad de Agronomía /Universidad Nacional Agraria La Molina / Análisis de Materia Orgánica Total. (2017)

4.5.2.2. Para los Suelos agrícolas

Para Calcular la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícolas sin y con tratamiento, se utilizará el Método Walkey –Black (método

de oxidación húmeda) y para la estimación de captura de (COS) carbono orgánico en el tiempo se utilizará el Modelamiento de RothC.

➤ **Método de Walkley Black (método de oxidación húmeda):** Según (Rügnitz y Chacón; 2009) es el más utilizado en laboratorios debido a que no demanda de equipos sofisticados. La implicancia de seleccionar el método de oxidación húmeda es que éste no incluye el conteo de carbonatos y consiste en los siguientes pasos, los cuales son explicados por (SENA, 2013):

- Colocar en un Erlenmeyer 0,5 g de suelo seca y tamizado para suelos de apariencia mineral y 0,25 g para suelos de apariencia orgánica; agregar 20 ml de $K_2Cr_2O_7$ concentrado, agitar vigorosamente durante un minuto y déjelo reposar por 30 minutos
- Agregue 200 ml de agua, 5 ml de H_2PO_4 y 3 gotas del indicador difenilamina.
- Titule con solución de sulfato ferroso 1N, hasta que la solución vire de color azul pardusco a verde brillante.
- Si el volumen del sulfato ferroso equivale al 75% del dicromato reducido, repetir la titulación pesando menor cantidad de suelo

Cálculo:

$$C_{orgánico} = \frac{(B - N) \times N \times 0,003 \times 1,3 \times 100}{pm}$$

Dónde:

B= Volumen de solución ferrosa gastada en el blanco

M= Volumen de solución ferrosa gastada en la muestra

N= Normalidad de la solución ferrosa

0,003= Peso en gramos de un miliequivalente de Carbono

1,3= 100/77 factor de eficiencia de oxidación del Carbono

M.O. = C. orgánico (%) x 1,724

Pm= peso de la muestra

➤ **Modelamiento de Roth-C**

El modelo RothC de Coleman y Jenkinson (2005) divide el COS en compartimentos que contienen materiales con diferentes tasas de descomposición, cuatro son activos y uno es pasivo:

- (i) material vegetal de fácil descomposición (MVF);
- (ii) material vegetal resistente (MVR);
- (iii) biomasa microbiana (BIO);
- (iv) materia orgánica humificada (HUM); y
- (v) materia orgánica inerte (MOI).

Los compartimentos activos experimentan descomposición por cinética de primer orden, según la siguiente expresión: $Y = Y_0 (1 - e^{-abck t})$.

Dónde:

- Y_0 = es el C inicial del compartimento activo;
- k = es la tasa constante de descomposición anual;
- t = es 1/12 para obtener la tasa de descomposición al final de cada mes; y
- a , b y c son los factores que modifican a k y son temperatura, humedad y cobertura del suelo, respectivamente.
- El valor de k para cada compartimento presenta los siguientes valores: MVD (10), MVR (0.3), BIO (0.66) y HUM (0.2).
- El compartimento pasivo, MOI (Mg ha^{-1}) se obtuvo con la ecuación de Falloon et al. (1998) expresada por $\text{MOI} = 0.049 \times \text{COT}^{1.139}$, donde COT es el carbono orgánico (Mg ha^{-1}).

Los datos de entrada del modelo RothC son:

- a) Factores climáticos: promedio mensual de temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$), precipitación (mm) y evaporación (mm), TPM, PPM y EPM, respectivamente;
- b) Edáficos: contenido de COS (Mg ha^{-1}), contenido de arcilla (%) y profundidad de muestreo del suelo;
- c) Entrada mensual de C al suelo de residuos vegetales (RV) y abonos orgánicos (AO);
- d) Cobertura vegetal mensual del suelo; es decir, si el suelo está desnudo o con cobertura vegetal;
- e) La relación MVD/MVR, que de acuerdo con Coleman y Jenkinson (2005) fue de 1.44 (59% son para MVD y 41% son para MVR); y

- f) El valor de la MOI obtenido de la ecuación de Falloon et al. (1998)

IV.6. Análisis y Procesamiento de datos

Se recolectaron los datos de campo y Laboratorio, los cuales fueron ingresados en tablas de Microsoft Excel para su procesamiento y análisis empleando. La estadística descriptiva para el análisis de los resultados con gráficos estadísticos.

Para el análisis los datos obtenidos se analizarán estadística inferencial para el contraste de hipótesis y los datos serán procesados con el software Excel y SPSS Statistics para:

- El análisis de los parámetros generados en el laboratorio
- El análisis correlacional de las dosis de tratamiento de la enmienda orgánica

El programa Excel ayudará a diseñar tablas y gráficos de los datos recogidos y el programa SPSS servirá para cuantificar los datos recogidos en el desarrollo de la investigación, así como en el proceso estadístico de la validación de las hipótesis. Para determinar que los niveles de Carbono orgánico en suelos (COS) agrícolas degradados depende o no de la adición de enmienda orgánica; se procedió a realizar la prueba de hipótesis según los pasos siguientes:

➤ **Paso 1:**

$H_0 =$ Los niveles de COS son iguales en las parcelas de suelo a diferentes dosis de enmienda orgánica.

$$H_0 = \mu_0 = \mu_1 = \mu_2$$

Hipótesis nula:

Hipótesis alternativa:

$H_1 =$ Los niveles de COS de las parcelas de suelo a diferentes dosis de enmienda orgánica son distintos.

$$H_0 \neq \mu_0 \neq \mu_1 \neq \mu_2$$

- **Paso 2:** $\alpha = 0,05$
- **Paso 3:** Procesar los datos con el programa SPSS Statistics y, rechazar H_0 si $\alpha < \mu$. Al rechazar la hipótesis nula se prueba que la adición de enmienda orgánica al suelo degradado cambia el nivel de COS, si este cambio es proyectado podemos saber y calcular si este suelo puede recuperar su capacidad de captura de carbono, lo cual se determina utilizando el método Roth C.
- **Paso 4:** Se utilizó el modelo Roth C 26.3 para proyectar los niveles de Carbono orgánico en suelo de esta parcela de suelo agrícola degradado, y así calcular si recuperará su capacidad de captura de carbono.

V. RESULTADOS

V.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Resultados del proceso de compostaje para la obtención de la enmienda orgánica

Dichos resultados corresponden a los obtenidos de la medición de los parámetros in situ (temperatura, pH y humedad) durante el proceso de compostaje.

Contrastación de resultados durante el proceso de compostaje

➤ Temperatura

La temperatura fue monitoreada 3 veces por semana por un intervalo de 7 semanas empezando en la semana 5 a partir del inicio del proceso de compostaje hasta la semana 11.

Los resultados obtenidos en el intervalo de tiempo descrito se presentan a continuación en la Tabla 10 y son representados en la gráfica de la figura 20.

Tabla 10

Control de Temperatura

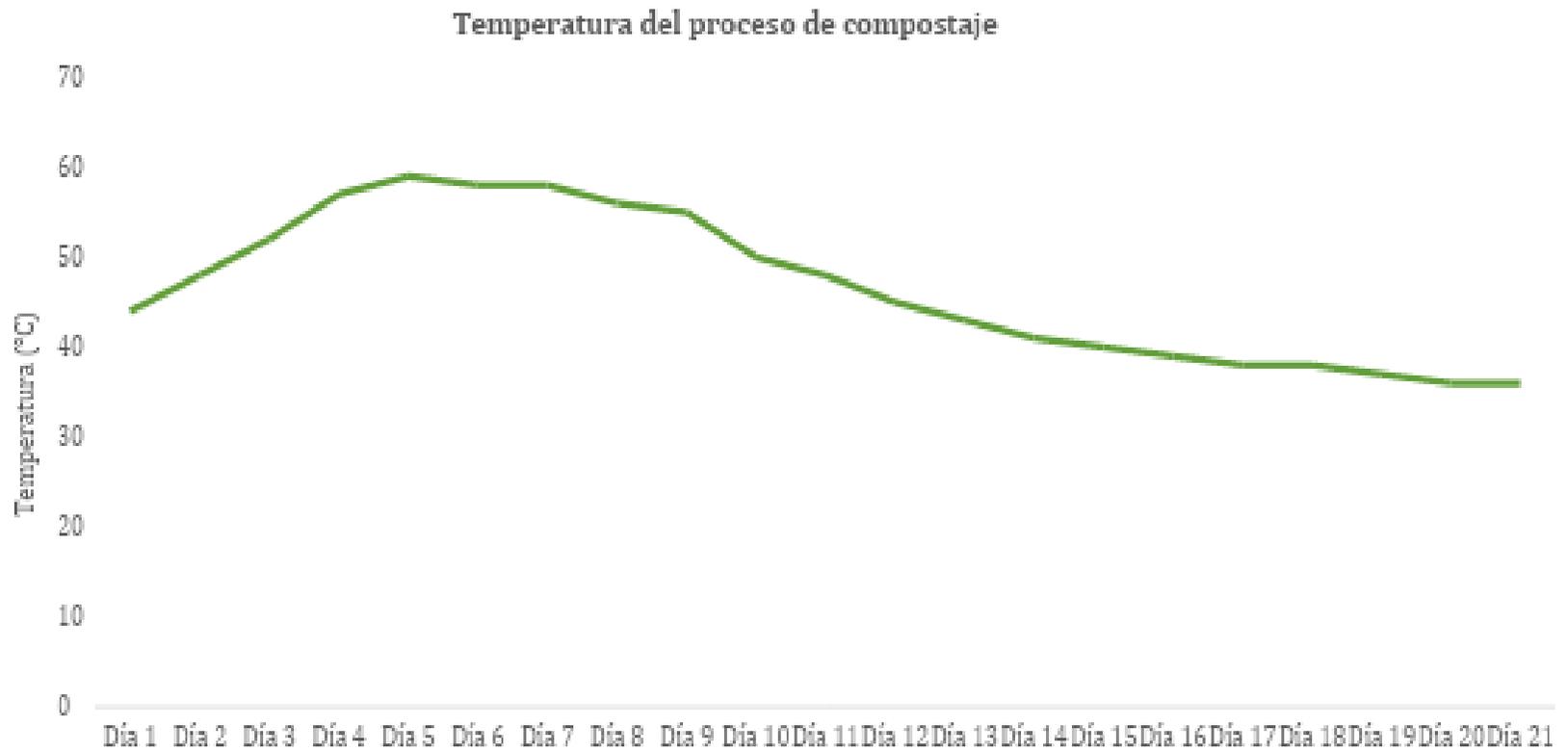
	Temperatura
Día 1	44
Día 2	48
Día 3	52
Día 4	57
Día 5	59

Día 6	58
Día 7	58
Día 8	56
Día 9	55
Día 10	50
Día 11	48
Día 12	45
Día 13	43
Día 14	41
Día 15	40
Día 16	39
Día 17	38
Día 18	38
Día 19	37
Día 20	36
Día 21	36

Nota: Los datos de la tabla son de elaboración propia

Figura 23

Gráfica de control de Temperatura



Nota: Los datos son de elaboración propia

➤ **Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH fue monitoreado 3 veces por semana por un intervalo de 7 semanas empezando la semana 5 a partir del inicio del proceso de compostaje hasta la semana 11 fecha en que se culminó el proceso de maduración de las pilas.

Los resultados obtenidos en el intervalo de tiempo descrito se presentan a continuación en la Tabla 11 y son representados en el tiempo en la gráfica de la Figura 21.

Tabla 11

Control de pH

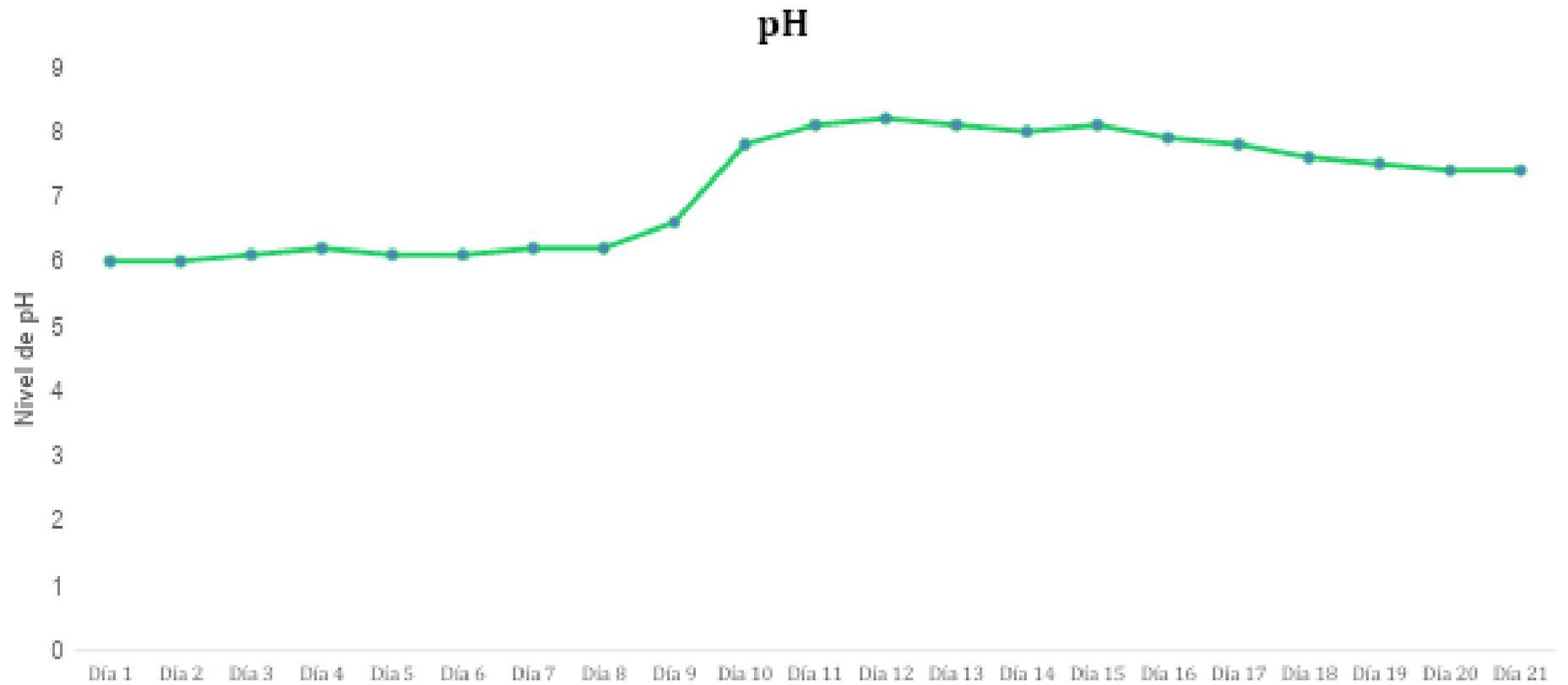
	pH
Día 1	6
Día 2	6
Día 3	6.1
Día 4	6.2
Día 5	6.1
Día 6	6.1
Día 7	6.2
Día 8	6.2
Día 9	6.6
Día 10	7.8
Día 11	8.1
Día 12	8.2
Día 13	8.1
Día 14	8
Día 15	8.1

Día 16	7.9
Día 17	7.8
Día 18	7.6
Día 19	7.5
Día 20	7.4
Día 21	7.4

Nota: Los datos de la tabla son de elaboración propia

Figura 24

Control de pH



Nota: Los datos de la tabla son de elaboración propia

➤ **Humedad**

Este parámetro fue controlado con frecuencia interdiaria con la finalidad de determinar los requerimientos de agua en la pila de compostaje, el equipo utilizado fue un medidor multifuncional para suelos. Este equipo mide 5 niveles de humedad de suelo según la tabla 12.

Tabla 12

Control de Humedad

Humedad del suelo 5 Niveles	
DRY +	Menos del 5% de Humedad
DRY	5 - 10%
NORM	10 - 20%
WET	20 - 30%
WET +	Más del 30%

Nota: Los datos de la tabla fueron obtenidos de la Ficha técnica del Equipo. Instrumentos validados, Anexos.

Para obtener un adecuado proceso de compostaje la humedad debió estar en un rango entre 50 - 60 % por lo que debió mantener en nivel WET +, humedeciendo o agregando aserrín a la pila según la necesidad.

5.1.2. Propiedades de la enmienda orgánica resultante

Como se muestra en la Tabla 13, indican los resultados de las propiedades de la enmienda resultante de (algas, aserrín y residuos domésticos)

Tabla 13

Propiedades de la enmienda orgánica

INFORME DE ANÁLISIS DE ENMIENDA ORGÁNICA		
PROCEDENCIA	LIMA/ LIMA/ CARABAYLLO	
MUESTRA DE	ENMIENDA ORGÁNICA	
FECHA	3/08/2021	
Parámetro	Unidad	Resultado
pH	-	7.31
C.E.	dS/m	5.95
M.O.	%	57.26
N	%	1.86
P ₂ O ₅	%	0.59
K ₂ O	%	0.98
CaO	%	14.91
MgO	%	0.27
Hd	%	26.97
Na	%	1.03

Nota: Fuente, resultados del Laboratorio de UNALM

5.1.4. Resultados del suelo agrícola

Como resultado de la entrevista a los propietarios, nos indicaron que, el área de estudio hace aproximadamente 20 años producía palta.

Tabla 14

Caracterización del suelo del área de estudio

Toma de muestra a 30 cm julio-2021			
Criterio	Fuente	Resultado	
Textura del suelo	Método Hydrométrico-Bouyoucos (SlabPerú, 2021) Para determinar la textura del suelo se realizó el cruce a través Triángulo textural de	ARCILLA (27%)	Franco arcilloso arenoso
		ARENA (46%)	

	USDA	LIMO (27 %)	
Da= Densidad aparente del suelo (Mg/m ³)	Método de densidad aparente Da= Densidad aparente (Mg m ⁻³); M= Masa del suelo (Mg) V=Volumen del suelo (m ³)	M=0.0068 V=0.004	1.7
Carbono inicial orgánico total en suelo (%) COS	Método de Walkey Black para determinar el % Carbono Orgánico del Suelo (SlabPerú, 2021)	Parcela T0	0.484
		Parcela T 1	0.833
		Parcela T 2	0.484
Carbono inicial orgánico total en suelo por superficie (Mg ha ⁻¹)	Contenido de carbono orgánico total por superficie en suelo a 30 cm se calculó en base a la ecuación propuesta por González et al. (2008) COS=CO (Da) Os /// CO= Carbono orgánico total (%); Da= Densidad aparente (Mg m ⁻³); Ps=Profundidad del suelo (m)	Parcela T0	24.684
		Parcela T1	42.88
		Parcela T2	24.684

Nota: Elaboración propia

5.1.5. Resultados descriptivos para el Roth C

Tabla 15

Base de datos edafológicos

Características de los suelos, tipos de manejo y contenido en Carbono de la cubierta vegetal				
Dato	Fuente	Parcela de control T0	Parcela T ₁	Parcela T ₂
Carbono inicial orgánico total en suelo (%)	Método de Walkey Black para determinar el % Carbono Orgánico del Suelo (SlabPerú, 2021)	0.484	0.833	0.484
Carbono inicial orgánico total en suelo por superficie (Mg ha ⁻¹)	Contenido de carbono orgánico total por superficie en suelo a 30 cm se calculó en base a la ecuación propuesta por González et al. (2008) COS=CO (Da) Os /// CO= Carbono orgánico total (%); Da= Densidad aparente (Mg m ⁻³); Ps=Profundidad del suelo (m)	24.684	42.88	24.68
Insumo de enmienda orgánica (t/ha.mes)	Enmienda orgánica resultante	0	60	80

Insumos de carbono de la enmienda orgánica (t C/ha)	1. Se toma en cuenta la caracterización del compost, el cual indica que este cuenta con 57.26% de Materia orgánica . 2. El % C se halló con la formula indicada por (Correa et al, 2011) = % MO/1.724 , teniendo como resultado un 33.21 % de Carbono de la Enmienda Orgánica.	0	19.926	26.568
IOM (Materia orgánica inerte)	Se establece utilizando la siguiente ecuación (Falloon et al , 1998). $IOM=0.049(COT)1.139$ Donde TOC es el carbono orgánico total, t C ha-1 IOM es materia orgánica inerte, t C. ha-2	1.889	3.51	1.890
Descomponibilidad del material vegetal entrante	El factor de la relación de la DPM/RPM es de acuerdo al tipo de suelo agrícola es 1.44 (Coleman, 2014) DPM= Materia vegetal descomponible RPM= Materia vegetal resistente	1.44		
Insumo mensual de residuos vegetales (t Carbono/ha.año)	Esta información dio una entrada anual de RV de 3.5 Mg C ha-1 año-1 que corresponde a 40% de la materia seca total, 10% lo aportan las raíces de acuerdo con las estimaciones de Kuzyakov y Domanski (2000)	3.5 2 veces al año en agosto y diciembre		
Contenido de arcilla del suelo (%)		27		
Cobertura vegetal	El factor es tomado de acuerdo a lo indicado en la Guía de Roth C 26.3. Si el suelo tiene vegetación $c= 0,6$ y si el suelo está desnudo $c = 1$ (Coleman, 2014)	Sin cobertura 1	Con cobertura 0.6	Con cobertura 0.6
Profundidad de la capa de suelo (cm)		30		

Nota: Elaboración propia

Tabla 16

Base de datos climatológicos

D1=Datos del clima para (1921-2020)				D2=Datos del clima 2021 -2040			D3=Datos del clima 2041- 2080			D4= Datos del clima 2081- 2120		
Mes	Temperatura media mensual del aire (°C)	Precipitación mensual (mm)	Evaporación mensual (mm)									
Enero	22.7565	0.0587	0.2931	24.2565	0.0587	0.5757	24.7565	0.0587	0.5757	25.4565	0.0587	0.5757
Febrero	23.5194	0.0587	0.2764	25.0194	0.0587	0.5757	25.5194	0.0587	0.5757	26.2194	0.0587	0.5757
Marzo	22.3774	0.0003	0.2771	23.8774	0.0003	0.5757	24.3774	0.0003	0.5757	25.0774	0.0003	0.5757
Abril	23.4839	0.0010	0.2771	24.9839	0.0010	0.5757	25.4839	0.0010	0.5757	26.1839	0.0010	0.5757
Mayo	20.3516	0.0174	0.2771	21.8516	0.0174	0.5757	22.3516	0.0174	0.5757	23.0516	0.0174	0.5757
Junio	18.0011	0.0274	0.2771	19.5011	0.0274	0.5757	20.0011	0.0274	0.5757	20.7011	0.0274	0.5757
Julio	17.2595	0.2077	0.2771	18.7595	0.2077	0.5757	19.2595	0.2077	0.5757	19.9595	0.2077	0.5757
Agosto	17.4134	0.0387	0.2771	18.9134	0.0387	0.5757	19.4134	0.0387	0.5757	20.1134	0.0387	0.5757
septiembre	17.7040	0.1184	0.2771	19.2040	0.1184	0.5757	19.7040	0.1184	0.5757	20.4040	0.1184	0.5757
octubre	19.0313	0.0145	0.2771	20.5313	0.0145	0.5757	21.0313	0.0145	0.5757	21.7313	0.0145	0.5757
Noviembre	19.9161	0.0016	0.2771	21.4161	0.0016	0.5757	21.9161	0.0016	0.5757	22.6161	0.0016	0.5757
Diciembre	20.8306	0.0016	0.2329	22.3306	0.0016	0.5757	22.8306	0.0016	0.5757	23.5306	0.0016	0.5757

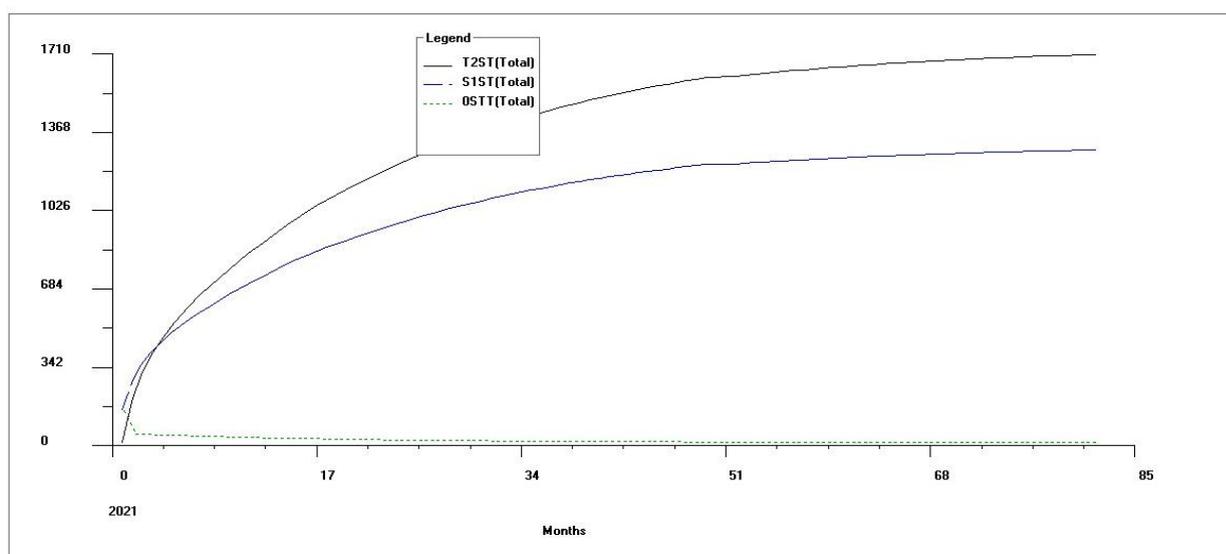
Nota: Elaboración propia

V.2. Resultados Inferenciales

Se realizó un análisis estadístico descriptivo para los niveles de carbono orgánico obtenido en el suelo de los diferentes tratamientos, realizando extracto de los resultados obtenidos en las proyecciones con RothC ver.26.3.

Figura 25

Proyecciones de Secuestro de Carbono (T C /años)



Nota: Tomada del software Roth C 26.3

Se evidenció que el suelo degradado sin el tratamiento con enmienda orgánica (D_0) casi no presentó incremento de su nivel de carbono orgánico en suelo, a comparación de los Tratamientos D_1 y D_2 que al aumentar dosis aplicada de la enmienda mejoraron los niveles de carbono orgánico.

Tabla 17

Datos de captura de carbono orgánico del suelo

Captura de Carbono orgánico del suelo (COS) en 5, 25, 50 y 100 años (t C/ha. año)					
Tratamiento	2021	5 años	25 años	50 años	100 años
			2025	2045	2070

Tratamiento 0	24.68	121.03	41.90	20.52	13.62
Tratamiento D ₁	42.88	490.31	925.02	1173.73	1291.69
Tratamiento D ₂	24.68	518.12	1160.03	1528.31	30536.24

Nota: Consolidación de datos tomados de la gráfica resultante del Modelo Roth C 26.3

Tabla 18

Datos de los cambios de carbono orgánico del suelo

Cambios del Carbono orgánico del suelo (COS) en 5, 25, 50 y 100 años acumulados (t C /ha.año)				
Tratamiento	C2025-C2021	C2045-C2021	C2070-C2021	C2120-C2021
Tratamiento 0	96.35	17.22	-4.16	-11.06
Tratamiento D ₁	447.43	882.14	1130.85	1248.81
Tratamiento D ₂	493.43	1135.34	1503.63	30511.56

Nota: Consolidación de datos tomados de la gráfica resultante del Modelo Roth C 26.3

Tabla 19

Datos de la tasa de acumulación de carbono

Tasa de acumulación de carbono (t C/ha.año)				
Tratamiento	5 años	25 años	50 años	100 años
	2025	2045	2070	2120
Tratamiento 0	24.21	1.68	0.41	0.14
Tratamiento D ₁	98.06	37.00	23.47	12.92

Tratamiento D ₂	103.62	46.40	30.57	305.36
----------------------------	--------	-------	-------	--------

Nota: Consolidación de datos tomados de la gráfica resultante del Modelo Roth C 26.3

Los análisis estadísticos descritos a continuación se realizaron utilizando el programa IBM SPSS Statistics 28.

La contrastación de la Hipótesis “La aplicación de la enmienda orgánica aumentará los niveles de carbono orgánico en suelo a lo largo de los años” se realizó mediante pruebas estadísticas las cuales fueron: el Análisis de Varianza (ANOVA) y la Prueba Tukey. Los resultados de estas se muestran a continuación.

Tabla 20

Análisis de varianza ANOVA

ANOVA					
Carbono Orgánico en Suelo					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	223166136,3	3	74388712,09	.995	.443
Dentro de grupos	598205621,5	8	74775702,69		
Total	821371757,7	11			

Nota: Elaboración propia. Obtenido con el programa SPSS

Tendremos

H₀= La diferencia de medias de carbono orgánicos en suelo son iguales a diferentes dosis y diferentes años.

H₁= La diferencia de medias de carbono orgánico en suelo varía a diferentes dosis y diferentes años.

De la tabla de análisis de varianza ANOVA obtenemos que el valor de significancia de ambas variables es mayor que $\alpha=0.05$. Y por tanto rechazamos la Hipótesis nula, concluyendo que si hay diferencia en los niveles de carbono orgánico en suelo a distintas dosis de enmienda orgánica aplicada.

Lo cual lo confirmamos con la Prueba Post Hoc de Tukey, encontramos que no hay diferencia en los promedios de los datos de carbono orgánico en suelo para ambas variables, la cual nos permite comparar las medias de los tratamientos por pares, teniendo los valores de significancia nuevamente mayores a 0.005 lo cual nos indica que hay diferencias significativas entre los resultados de carbono orgánico en suelo.

Tabla 21

Prueba Tukey para años de aplicación

Carbono Orgánico en Suelo			Subconjunto para alfa = 0.05
HSD Tukey ^a	Año de Evaluación	N	1
	Carbono orgánico al 2021	3	376.487
	Carbono orgánico al 2045	3	708.982
	Carbono orgánico en suelos al 2070	3	907.523
	Carbono orgánico en suelo al 2120	3	10613.851
	Sig.		.506

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

Nota: Elaboración propia

Tabla 22

Prueba Tukey para dosis de enmienda orgánica

Carbono Orgánico en Suelo

	Dosis de enmienda orgánica en suelos	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
HSD Tukey ^a	Blanco	4	49.269
	Dosis 1	4	970.188
	Dosis 2	4	8435.675
	Sig.		.384

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

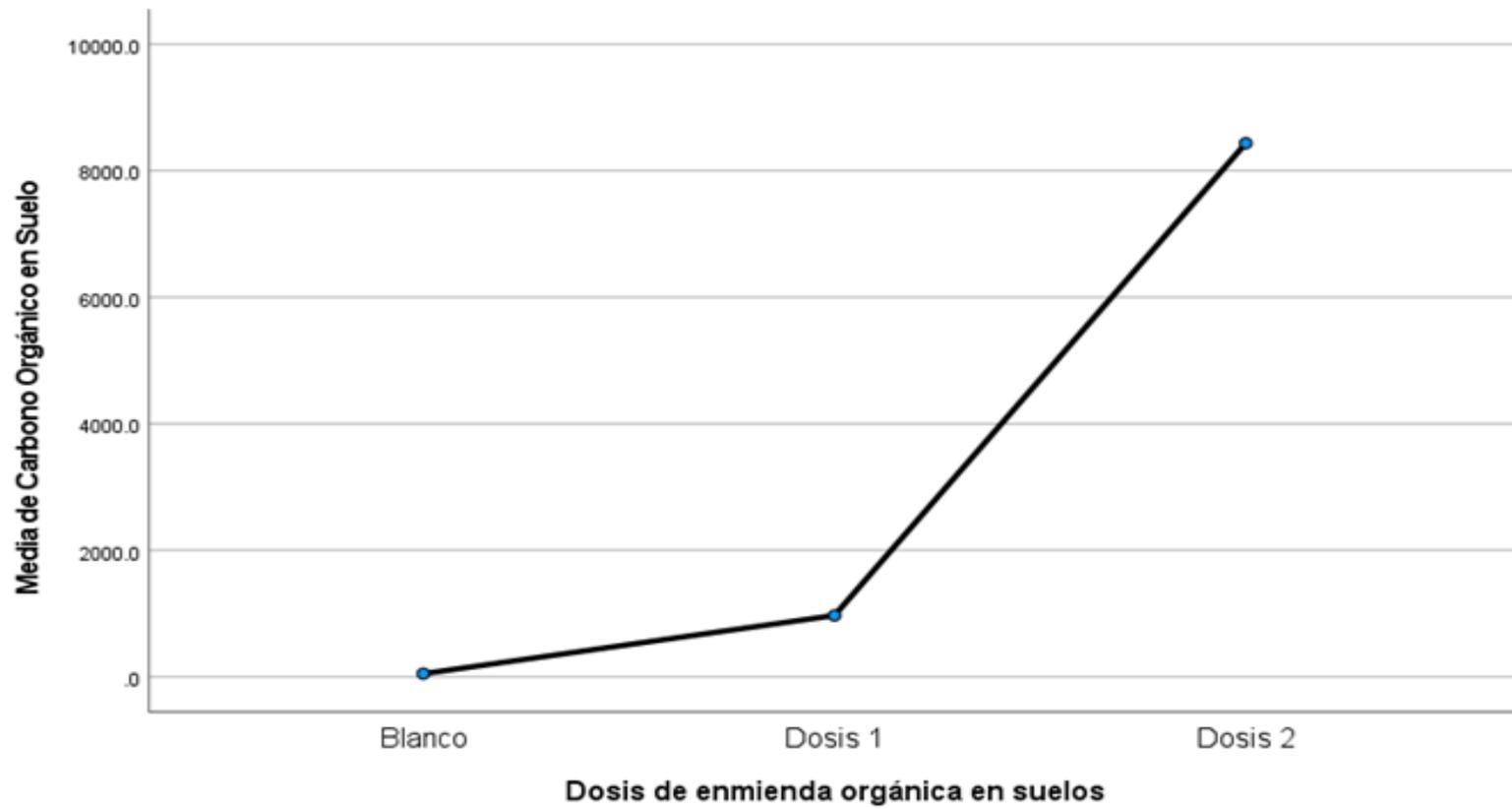
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4.000.

Nota: Elaboración propia

Obtenemos también gráficas las cuales nos permiten determinar qué dosis aplicada de enmienda orgánica nos da más alto valor de carbono orgánico en suelo.

Figura 26

Gráfico de niveles de carbono orgánico en suelo por dosis de enmienda orgánica aplicada



Nota:

Elaboración

propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

VI.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

En la hipótesis general del presente trabajo de investigación se señaló que el uso de enmienda orgánica en suelo restaura la capacidad de captura de carbono en suelos degradados. Y, según los resultados experimentales, se demostró que efectivamente la capacidad de captura de carbono y por ende los niveles de carbono orgánico en suelo degradado varió con las tres dosis estudiadas como tratamiento; resultado que fue validado estadísticamente con el análisis de varianza (ANOVA) para un valor de α igual a 0,05 ($\alpha=0,05$), lo cual permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Además, para medir la restauración se adecuó a tres escenarios:

TO = Tratamiento sin enmienda orgánica + suelo desnudo + cultivo

T D₁ = Tratamiento con 60 t de enmienda orgánica/ ha + suelo cubierto + cultivo

T D₂ = Tratamiento con 80 t de enmienda orgánica/ ha + suelo cubierto.+ cultivo

Y, efectivamente, se comprobó que en los escenarios con enmienda orgánica + suelo cubierto (TD₁ y TD₂) recuperan su capacidad de captura de carbono, ya que su tasa de acumulación es positiva, todo lo contrario con el escenario T₀, ya que este tiene una tasa negativa.

La primera hipótesis específica fue que; el tratamiento con D₂ de enmienda orgánica tiene mayor capacidad restauradora de la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima, en comparación con D₁. Y, según los resultados experimentales se demuestra que: la dosis de enmienda orgánica de 80 t/ha (D₂), tuvo el mayor promedio de niveles de captura de Carbono orgánico en suelo con el modelo Roth C para un lapso de 5 años (493.43 TnC/ha.año), siguiendo

la dosis de enmienda orgánica de 60 t/ha (D_1), la cual tuvo un promedio de niveles de captura de Carbono orgánico en suelo (447.43 TnC/ha.año), para el mismo lapso. La segunda hipótesis específica fue que; las propiedades de la enmienda orgánica restauran la capacidad de captura de carbono en suelo agrícola degradado. Los resultados obtenidos fueron de un 57.26% de Materia Orgánica, la cual se obtuvo a partir de COS (factor 1.9 para suelos superficiales). Los niveles de M.O del análisis de la enmienda orgánica aplicada están en los niveles normales (30% – 60%) y aportan carbono orgánico al suelo degradado, por esto se comprueba que las propiedades de la enmienda orgánica recuperan la capacidad de captura de carbono orgánico, ya que en la simulación de los escenarios TD_1 y TD_2 con adición de enmienda orgánica concluyen tasas positivas de acumulación de carbono orgánico. La tercera hipótesis específica fue que; los suelos agrícolas de Carabayllo- Lima tienen baja capacidad de captura de carbono orgánico. Y, según los resultados experimentales, se comprueba que el suelo agrícola de Carabayllo simulado con el escenario T_0 tiene baja capacidad de captura de carbono orgánico, es más, presenta una tasa de acumulación negativa. La cuarta hipótesis indicaba que el Modelo RothC-26.3 mide los efectos a largo plazo de la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico con el uso de la enmienda orgánica sobre los suelos agrícolas de Carabayllo -Lima.

VI.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

Los resultados obtenidos en la evaluación del suelo de nuestra investigación con cobertura para el tratamiento de dosis 1 para tiempos de 50 y 100 años obteniendo 1173.73 tc/ha y 1291.69 tc/ha. respectivamente, de manera similar las estimaciones es realizada en su investigación por Duro-Molina (2018) aplicando el

modelo RothC como herramienta predictiva en la evaluación del suelo con cobertura vegetal para igual tiempo que el nuestro, donde el uso de fertilizante químico aumenta la capacidad de captura de carbono orgánico en el suelo pero no de manera consistente, lo cual genera que después de un tiempo este pierda su capacidad de captura de carbono a diferencia del uso de prácticas de manejo sustentable como lo es el uso de enmienda orgánica. Teniendo para la evaluación del suelo con cobertura vegetal a 50 años: 898 tC/ha y a 100 años de de igual manera se realizó para 100 años de 1025 tc/ha.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación en la simulación a 60 años comparamos con la investigación que fueron realizados por (González et al. 2012) donde la adición de restos vegetales como práctica de manejo sustentable para el aumento de la capacidad de captura de carbono genera un incremento de esa propiedad, obteniendo resultados de 18tc/ha y para nuestra investigación de 1173.73 tc/ha. Esto debido a que además de los restos vegetales (maíz 3.5 tc/año), usamos la enmienda orgánica como restauradora de la capacidad de carbono del suelo.

El porcentaje de arcilla que tiene nuestra investigación es de 27% la cual afecta a forma que se descompone la materia orgánica. A mayor cantidad de arcilla retiene mayor cantidad de carbono que es capaz de retener el suelo, de igual manera en su estudio realizado por (Ruiz-Potosme. et al. 2019) los niveles de arcilla evaluados (8.10, 8.65, 27.25, 16.30, 19.5%) lo cual genera que el carbono orgánico capturado sea mayor con respecto a las 5 parcelas evaluadas de 35.5tc/ha. al igual que nuestra investigación ya que además de tener un nivel óptimo de arcilla empleando restos vegetales y enmienda orgánica.

VI.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

El presente proyecto de tesis “Enmienda orgánica para la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo-Lima”, se ha realizado basándose dentro de los principios y compromisos de acuerdo a los reglamentos vigentes de la directiva N.º 013-2018R según el anexo 4 de la estructura de informe final de investigación.

Se ha desarrollado la parte experimental en un área de suelo agrícola en Carabayllo realizando previo diagnóstico para conocer sus antecedentes, las muestras se realizaron siguiendo la guía de muestreo de suelos, se recibió el apoyo del propietario en el acceso y vigilancia de nuestra área de estudio y no haya alteración en nuestros resultados al realizar el seguimiento, control, mediciones y toma de muestras, para nuestros resultados se utilizaron instrumentos validados, resultados obtenidos en laboratorio, programas informáticos, fuentes fiables que garantizan la investigación.

VII. CONCLUSIONES

- Las propiedades de la enmienda orgánica, como una práctica de manejo sustentable, para la recuperación de captura de carbono para suelos agrícola degradados, sí influyen en la restauración de la capacidad o potencial de la captura de carbono, ya que, a partir de la materia orgánica (57.6 %) de la enmienda, se generará un aporte significativo de Carbono al suelo ($T_0= 0$; $T_1= 19.926$; $T_2=26.568$) C t/ha.mes. Lo cual, mediante la simulación, genera un aumento de capacidad de captura de carbono.
- La captura de carbono orgánico del escenario TD_2 (Tratamiento con 80 t de enmienda orgánica/ ha +suelo cubierto + cultivo) es mayor TD_1 (Tratamiento con 60 t de enmienda orgánica/ ha +suelo cubierto + cultivo) para 5 años es mayor en un 5.6 %, 25 años es mayor en un 25.4% y 50 años es mayor en un 30.2% .
- El carbono orgánico anual para el escenario T_0 (Tratamiento sin enmienda orgánica +suelo agrícola de Carabayllo desnudo + cultivo) presentó una variación negativa de carbono orgánico , lo cual repercute en una pérdida de capacidad o potencial de captura de carbono orgánico.
- El RothC 26.3 es un modelo de carbono orgánico del suelo adecuado para evaluar el potencial o capacidad de secuestro de carbono del suelo agrícola de Carabayllo-Lima.
- El uso de la enmienda orgánica si restaura la capacidad de captura de carbono, pero con ciertas condiciones simuladas en el Modelo de Roth C 26.3 como la presencia de cubierta vegetal, ingreso de residuos vegetales en un cultivo de maíz.

- El C orgánico que se aporte al suelo, habrá un momento en el que el suelo no pueda almacenar más carbono porque llegue a su punto de saturación, es decir, que a largo plazo las tasas de respiración y secuestro se igualarán, independientemente del aporte de C orgánico que realicemos a corto plazo.
- Si usamos un manejo de suelo con cubierta vegetal +adición de enmienda orgánica podremos influir directamente en el cambio climático, ya que se emitirá menos CO₂ a la atmósfera.
- Como conclusión general la mejor opción para luchar contra el cambio climático es restaurar la capacidad de carbono orgánico del suelo

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el análisis de datos con más tiempo de monitoreo ya que al ser una proyección en el tiempo, los resultados se pueden volver más precisos en el RothC 26.3 al tener más información en la base de datos.
- Al ser el fin la recuperación de la capacidad de captura de carbono en suelos degradados, se aumentaría valor a las investigaciones si se midiera el secuestro de carbono orgánico a diferentes niveles de profundidad y compararlas entre sí.
- Se debe utilizar datos históricos, no promediales solo de un lapso de tiempo, para la calibración del RothC 26.3
- Esta investigación debe ser replicada y presentada a propietarios (a) de áreas agrícolas para la toma decisiones de la gestión de su suelos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, Y., Pérez, C., Medina, J., Ferreira, M, Rodríguez, L. y Toyo, L. (2010). Calidad de la materia orgánica en un compost de algas marinas y estiércol de pollo procesado durante 120 días. *Multiciencias*, 10, 36-42.
- Ansorena, J., Batalla, E. y Merino D. (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. *Actas de horticultura*, 67(1), 18-25.
- Arévalo, W., Maldonado, M., Iglesias, S., Cabrera, C. y Concepción, L. (2015) Evaluación de la calidad ambiental del ecosistema de la bahía de Ancón durante octubre 2013. *Rev. Del Instituto de investigación (RIIFEO), FIGMMG-UNMSM*,18(36), 9-20. doi:10.15381/iigeo. v18i36.12013
- Barceló, J.L. (2020). *Cambio Climático*. Editorial Sekotia.
- Baena, P. G. M. E. (2017). *Metodología de la investigación* (3a. ed.). Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>
- Bednář, M. y Šarapatka, B. (2018). Relationships between physical-geographical factors and soil degradation on agricultural land. *Environmental Research*, 164, 660-668, doi: 10.1016/j.envres.2018.03.042
- Belyaeva, O. N., & Haynes, R. J. (2009). Chemical, microbial and physical properties of manufactured soils produced by co-composting municipal green waste with coal fly ash. *Bioresource Technology*, 100, 5203–5209.
- Butler, T.A., Sikora, L.J., Steinhilber, P. M. y Douglass, L.W. (2001). Compost Age and Sample Storage Effects on Maturity Indicators of Biosolids Compost. *J. Environ. Qual*, 30(6),2141–2148. doi: 10.2134/jeq2001.2141.

- Carbajal P, Gamarra A, Arakaki N, Gil-Kodaka P y Ramírez ME. (2019). Guía para el reconocimiento en campo de las macroalgas del Callao. Callao, Perú. Instituto del Mar del Perú, 58 pp.
- Carbon, Science, Management and Policy for Multiple Benefits. s.l.:s.n., pp. 188-201.
- Cardona, W.A., Bolaños, M.M., Chavarriaga, W. (2016). Efecto de fertilizantes químicos y orgánicos sobre la agregación de un suelo cultivado con *Musa acuminata* AA. *Acta Agronómica*. 65(2): 144 – 148.
- Chevassus-au-Louis B., Andral B., Femenias A., Buvier M. (2012). Bilan des Connaissances scientifiques sur Les Causes de Prolifération de Macroalgues Vertes. Conseil Général de L'environnement et du Développement Durable; París, Francia: Rapport Pour Le Gouvernement Français.
- Costa, F., García, C., Hernández, T. y Polo, A. (1991). Residuos Orgánicos Urbanos. Manejo y Utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia. España. 181 p.
- Comité Técnico de Normalización Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales (COTEMARNAT). (2018, 26 de setiembre). NMX-AA-180-SCFI-2018 Métodos y Procedimientos para El Tratamiento Aerobio de La Fracción Orgánica de Los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, Así Como La Información Comercial y de sus parámetros de Calidad de Los Productos Finales.

<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/NMX-AA-180-SCFI-2018.pdf>

Coleman, K. y Jenkinson, D. 2005. ROTHC-26.3. A model for the turnover of carbon in soil. Model description and Windows Users' Guide. Rothamsted, U.K. Harpenden: Rothamsted Research. 1-43 pp.

Congreso de la República del Perú. (2018, 18 de abril). Ley N°30574 Ley Marco sobre el Cambio Climático. Diario el Peruano <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-marco-sobre-cambio-climatico-ley-n-30754-1638161-1/>

Damián et al. (2018). "Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo". *Arnaldoa* 25 (1) 141 – 158. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>

Dante, A.C. (2008b). Estrategia Ambiental Del Aprovechamiento De La Macroalga *Ulva Lactuca* (Lechuga De Mar) a través del proceso de ensilaje. [Tesis para optar al Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina.

Dante, A., Gil-Kodaka, P. y Juscamaita, J. (2011c). Estabilización de la "marea verde" causada por *Ulva lactuca* (Ulvophyceae, Chlorophyta) a través del ensilaje. *Anales Científicos*, 72(1), 13-18. doi:10.21704/ac.v72i1.853

Davies, J. 2017. The business case for soil. *Nature*, 543: 309–311.

De Dorato, H. (2020). El reciclaje de residuos agrícolas en sistemas de cultivo intensivo en horticultura mediante el compostaje en la granja y la aplicación de té a base de compost mejora la calidad del suelo y la salud

de las plantas: una revisión bajo la perspectiva de una economía circular.

Revista ciencia del medio ambiente total.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139840>

Decreto Supremo N°044-2006 [Ministerio de Agricultura]. Anexo 1. 14 de julio de 2006.

Delgado, J., Álvarez, A. Y Yáñez, J. A. (2018). Uso indiscriminado de pesticidas y ausencia de control sanitario para el mercado interno en Perú, Revista Panamericana de Salud Pública, 42(e3), 1–6. doi:10.26633/rpsp.2018.3

Diaz Gonzales, W. (2020). Cambios en las propiedades físicas, químicas, biológicas y captura de carbono del suelo en la recuperación de pasturas degradadas de Braquiaria (*Brachiaria decumbens*), en Pucallpa, Perú. [Tesis para optar a título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Ucayali].

EM Research Organization – EMRO (2014). EM-Agua Manual de usos de microorganismos eficaces para agua residual. Bogotá, Colombia. Consultado en: <https://www.em-la.com/es/aplicacoes-e-uso/medio-ambiente/>

Escobar, N., Mora, J. y Romero N.J. (2012). Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca. Boletín Científico Centro De Museos Museo De Historia Natural. 16 (1): 75 – 88

Faife, Evelyn & Roget-Guevara, Danelis & Fandiño-Rodríguez, Claudia & Pérez-Bermúdez, Indira & Hoz-Izquierdo, Yohana & Tortoló-Cabañas, Keyla & Michelena, Georgina. (2020, marzo). Empleo de microorganismos

eficientes como alternativa para el tratamiento de residuales. ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar, 52 (3), 30-40.

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2002). Informes sobre recursos mundiales de suelos (96). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/bl001s/bl001s.pdf>.

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2007). Secuestro de carbono en tierras áridas. Informes sobre recursos mundiales de suelos (102).

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015). Learning tool on Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs) in the agriculture, forestry and other land use (AFOLU) sector. Roma.

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017). Carbono orgánico del suelo el potencial oculto.

Farage, P. K., J. Ardo, L. Olsson, E. A. Rienzi, A. S. Ball, and J. N. Pretty. 2007. The potential for soil carbon sequestration in the tropic dryland farming systems of Africa and Latin America: A modelling approach. *Soil Tillage Res.* 94: 457-472.

Falloon, P.; Smith, P.; Coleman, K. and Marshall, S. 1998. Estimating the size of the inert organic matter pool from total soil organic carbon content for use in the Rothamsted carbon model. *Soil Bio. and Biochem.* 30(8-9):1207-1211

Fetter, Joseph; Brown, Rebecca; Görres, Josef; Lee, Chong; Amador José (2011). Nitrate and Phosphate Leaching under Turfgrass Fertilized with a

Squidbased Organic Fertilizer. *Water Air Soil Pollut.* 223,1531–1541. doi: 10.1007/s11270-011-0962-y.

Fernández, M.E. (2013) Secuestro de Carbono y Mejora de la Calidad del Suelo bajo Laboreo de Conservación en Condiciones Mediterráneas (SO de Andalucía) [Tesis para optar al título de Doctor por la Universidad de Sevilla]

García Céspedes, DII, Lima Cazorla, L. AI, Ruíz Gutiérrez, LII y Calderón Peñalver, P.A (2014). *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente* 14(26).

Gibilisco, P.E., Lancelotti, J.L., Negrin, V.L. & Idaszkin, Y.L. (2017). Compostaje de residuos de algas: Evaluación sobre el crecimiento de *Sarcocornia perennis*. *Revista gestión ambiental*, (279), 1-7.

Gibilisco, P.E., Lancelotti, J.L., Negrin, V.L., and Idaszkin, Y.L. (2020). Composting of seaweed waste: Evaluation on the growth of *Sarcocornia perennis*, *Journal of Environmental Management*, 274,111193, doi: 10.1016/j.jenvman.2020.111193.

Golterman, H. L. (1999). Cuantificación del flujo de P a través de aguas poco profundas, agrícolas y naturales que se encuentran en los humedales de la Camarga (S-Francia). *Hydrobiologia* 392, 29–39, doi: 10.1023/A:1003509525478.

González, L., Moreno, E., Reddiar, L., Baéz, A y Acosta M. (2012). Simulación de los cambios de carbono orgánico del suelo en sistema de cultivo con higuierilla por el modelo RothC. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasília* 47(11) 1647-1654.

- González, L., Espitia-Rangel, E., Pineda-Pineda, J., Muñiz Reyes, E., Irizar Garza, M. y Ayala Garay, A. (2020). Potencial de secuestro de carbono orgánico en quinua simulado con el modelo RothC-26.3. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(4) 789-799.
- Gracia Pérez-Pozuelo, M. I. (2018) Variación temporal de las características físicas del suelo y del crecimiento vegetal después de la aplicación de una enmienda orgánica. [Trabajo de fin de grado-Escuela Politécnica Superior]. Repositorio de la Universidad de Zaragoza-zaguan, <http://zaguan.unizar.es>
- Guerrero-Ortiz, P.L.; Quintero-Lizaola, R.; Espinoza-Hernández, V.; Benedicto-Valdes, G.S.; Sanchez-Colin, M.J. (2012). Respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de Lupinus. *Terra Latinoamericana*, 30(4):355-362.
- Hernández, O. B., Sánchez, R., Ordaz, V.M., López, U., Estrada, M. A., Pérez, M. A. (2017). Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo Luvisol de ladera. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 8(6):1273-1285.P
- Hernández, R., Fernández C. C. y Baptista M. (2014), *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill Education
- Higa, T. y Wididana, G.N. (1991). El concepto y las teorías de los microorganismos efectivos. Higa, T. y Parr, J. F. (Eds.) , *Microorganismos beneficiosos y eficaces para una agricultura y un medio ambiente sostenibles*, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Washington, DC, pp. 16, *Actas de la Primera Conferencia Internacional sobre la Agricultura Natural de Kyusei*

- Hubbe, MA, Nazhad, M. y Sánchez, C. (2010). El compostaje como una forma de convertir la biomasa celulósica y los desechos orgánicos en enmiendas de suelo de alto valor: una revisión. *BioResources*, 5 , 2808–2854.
- Illera-Vives, M., Seoane Labandeira, S., Fernández-Labrada, M. y López-Mosquera, E. (2020). Usos agrícolas de las algas en Tecnología sostenibles de las algas, *Revista Elsevier*, 591-612.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). (2003, 11 de julio). Compost-Clasificación y requisitos. https://miros.cl/wp-content/uploads/2020/01/NCh_2880_Compost_Clasificaci%C3%B3n.pdf
- J. Zhu A. (2000). Review of microbiology in swine manure odor control, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 78(2), 93-106. doi:10.1016/S0167-8809(99)00116-4
- Lal, R. 2000. World cropland soils as a source or sink for atmospheric carbon. *Adv. Agron.*, 71:145–191.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677): 1623-1627.
- Lal, R. 2018. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. *Global Change Biology*, 1–17.
- Lee, K. H. y Cho, S. D. (1993). Efecto del compost fermentado con EM y EM en el crecimiento y rendimiento de cultivos de arroz y hortalizas en Corea. *Actas de la Tercera Conf. Internacional sobre Kyusei Nature Farming*, pp 168-173

- Lorenz, K. & Lal, R., eds. 2018. Carbon Sequestration in Agricultural Ecosystems. Springer International Publishing.
- Mandpe A., Kumari S., Kumar S. (2020) Compostaje: una ruta sostenible para el procesamiento de residuos biodegradables en la India. En: Hettiarachchi H., Caucci S., Schwärzel K. (eds) Compostaje de residuos orgánicos a través del pensamiento nexa. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-36283-6_3
- Margaria E. (2003). Manual de Lombnultura. Recuperado el 15 de abril de 2017, <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/23521.html>
- Masaguer, A. et al., (2008). Evaluación agronómica de sustratos eco-compatibles para la producción de plantas ornamentales empleando como planta testigo *Euphorbiapulcherrima*. Actas de Horticultura 53, 106-113.
- Máximo, P., Ferreira, L.M., Branco, P., Lima, P., Lourenço, A. (2018, agosto). Secondary Metabolites and Biological Activity of Invasive Macroalgae of Southern Europe. *Mar Drugs*, 16(8), 265. doi: 10.3390/md16080265.
- Meena H, Meena RS (2017) Evaluación de ambientes de siembra y biorreguladores como adaptación elección para la productividad del frijol en racimo en respuesta al escenario climático actual. *Bangladesh J Bot* 46 (1): 241–244
- Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI. (2017). Programa presupuestal multisectorial 0089: “Reducción de la degradación de los suelos agrarios”.
- Ministerio del Medio Ambiente MINAM. (2019, 31 de diciembre). DECRETO SUPREMO N° 013-2019-MINAM que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático.

Ministerio del Medio Ambiente MINAM (2014, noviembre). Guía para el Muestreo de Suelos.

Milinković, M., Lalević, B., Jovičić-petrović, J., et al. (2019). Biopotential of compost and compost products derived from horticultural waste. Effect on plant growth and plant pathogens suppression. Proc. Safety Environ. Protec., 121: 299-306.

Montero Ramírez, S.Y. (2019). "Eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración del compost con materia orgánica generados en los mercadillos de Cayhuayna, Distrito de Pillco Marca, Departamento de Huánuco noviembre 2018- enero 2019". (Para optar al título profesional de ingeniero ambiental), 1-166.

Mora Delgado, J. R., Silva Parra, A. y Escobar Escobar, N. (2019a). (1ra ed). Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos. Ibagué: Sello Editorial Universidad del Tolima. (pp41).
<https://www.researchgate.net/publication/337567999> BIOINDICADORES EN SUELOS Y ABONOS ORGANICOS

Mora Delgado, J. R., Silva Parra, A. y Escobar Escobar, N. (2019b). (1ra ed) Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos. Ibagué: Sello Editorial Universidad del Tolima. (pp46).
<https://www.researchgate.net/publication/337567999> BIOINDICADORES EN SUELOS Y ABONOS ORGANICOS

Mora Delgado, J. R., Silva Parra, A. y Escobar Escobar, N. (2019c). (1ra ed). Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos. Ibagué: Sello Editorial Universidad del Tolima. (pp26).

<https://www.researchgate.net/publication/337567999> BIOINDICADORES
EN SUELOS Y ABONOS ORGANICOS

- Naciones Unidas. (1998). Protocolo de Kyoto de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Naciones Unidas. (2016, 29 de enero). Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015.
- Neori, A., Msuya, F.E., Shauli, L., Schuenhof, A., KopeL, F. and Shpigel, M. (2003). A novel three-stage seaweed (*Ulva lactuca*) biofilter design for integrated mariculture. *Journal of Applied Phycology* 15, 543–553. doi: 10.1023/B:JAPH.0000004382.89142.2d.
- Paustian, K., Collins, H. P. y Paul, E. A. 1997. Management control on soil carbon. In: E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliot y C.V. Cole, eds. *Soil organic matter in temperate agroecosystems. Long term experiments in North America*, pp. 15–49. Boca Raton, EE.UU.A., CRC Press.
- Patiño, K. (2013). Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: Cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel. [Tesis para optar el Título de Licenciado en Ciencias Ambientales Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional-Universidad Autónoma del Estado de México. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/49249>
- Peas Yagkitai, J. (2019) Evaluación de tres dosis de fertilizante foliar orgánico en el rendimiento y la calidad del cultivo de la col morada (*Brassica oleracea*) variedad “capitata”, en el distrito de Lamas. [Tesis para optar al

título profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Martín] Repositorio digital de ciencia, tecnología e innovación de acceso abierto- Universidad Nacional de San Martín.

Pérez-Madruga, I., López-Padrón, I. y Reyes-Guerrero, Y. (2020). Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. Revista cultivos tropicales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 41(2), 1-21.

Rabalais, N.N., Turner, R.E., Diaz, R. J. y Justic, D. (2009, agosto). Global change and eutrophication of coastal waters. ICES Journal of Marine Science. 66(7), 1528–1537. doi:10.1093/icesjms/fsp047

Ricse, M. y Pinche, E.(2020) Evaluación de la influencia de fertilizantes químicos en la calidad de suelos agrícolas.[Tesis para aspirar al grado académico de bachiller en Ingeniería Ambiental - Universidad Peruana Unión]. Repositorio institucional - Peruana Unión.

Ríos Ramírez R. (2017). Metodología para la investigación y redacción. Recuperado de <https://www.eumed.net/libros-gratis/2017/1662/1662.pdf>

Robledo, A y Freile-Pelegrin, Y. (2014a). Las algas marinas como bioindicadores de calidad ambiental y su uso en estudios ecotoxicológicos. En C.A., Gónzales, A., Vallarino, J.C., Pérezm y A.M. Low (Ed), BIOINDICADORES: Guardianes de nuestro futuro ambiental. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 535-549. Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Robledo, A y Freile-Pelegrin, Y. (2014b). Las algas marinas como bioindicadores de calidad ambiental y su uso en estudios

ecotoxicológicos. En C.A., Gónzales, A., Vallarino, J.C., Pérezm y A.M. Low (Ed), BIOINDICADORES: Guardianes de nuestro futuro ambiental. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 535-549. Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Robledo, A. y Freile-Pelegri, Y. (2014c). Las algas marinas como bioindicadores de calidad ambiental y su uso en estudios ecotoxicológicos. En C.A., Gónzales, A., Vallarino, J.C., Pérezm y A.M. Low (Ed), BIOINDICADORES: Guardianes de nuestro futuro ambiental. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 535-549. Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Rügnitz, M. T.; Chacón, M. L.; Porro R. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales -- 1. ed. -- Lima, Perú.: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). 2009. 79 p.

Rodríguez, M. D. et al., (2010). Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre el trigo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.1 Núm.2 1, p.133-147.

Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. y Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: ¡una realidad oculta! Roma, FAO. <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

Rodríguez, A. y Pérez, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento Revista EAN, 82. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>

- Rubenacker, A., Campitelli, P., Sereno, R. y Seppi, S. (2011) Recuperación química de un suelo degradado mediante utilización de un Verticomposto. *Avances en ciencia e ingeniería*. 2(2). 83-94.
- Ruiz-Potosme, N., Sánchez-Sastre, L., Martín-Ramos, P., Bravo Sánchez, C., Sánchez Báscones, M., Hernández-Navarro, S. y Martín-Gil, J. (2019). Predicción de la dinámica del carbono orgánico en suelos agrícolas del Cerrato Palentino (España) aplicando el modelo RothC. *Agro Ingenieria*. http://dx.doi.org/10.26754/c_agroing.2019.com.3695
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA). MINAGRI: Capacitación a agricultores del Valle de Chillón en Buenas Prácticas Agrícolas. Consultado el 28 abril de 2019. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/minagri-capacitacion-agricultores-del-valle-de-chillon-en-buenas-practicas-agricolas/>
- Sierra Bravo, 1984. Restituto. Ciencias sociales, epistemología, lógica y metodología; Madrid, Ed. Paraninfo, Cambio Climático, Greenpeace Internacional, Greenpeace 2019, <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambioclimatico/>, consultado el 11 de abril del 2019.
- Smetacek, V. y Zingone, A. (2013). Mareas de algas verdes y doradas en aumento. *Nature* 504, 84–88. doi:10.1038/nature12860
- Smith, P.; Powlson, D.S.; Smith, J.U.; Falloon, P.D.; Coleman, K. (2000). Meeting Europe's climate change commitments: quantitative estimates of the potential for carbon mitigation by agriculture. *Global Change Biology* 6, 525–539

- Smith, P. (2016). Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*, 22, 1315–1324. <https://doi.org/10.1111/gcb.13178>
- Smith, P., Andrén, O., Karlsson, T., Perälä, P., Regina, K., Rounsevell, M., Van Wesemaels, B., 2005. Carbon sequestration potential in Europe cropland has been overestimated. *Global Change Biology* 11, 2153–2163
- Tuse Aponte, L. C. (2018) “Dosis Óptima de microorganismos eficientes EM para la reducción en la concentración de coliformes en el biol de estiércol de porcino para uso agrícola” [Para optar por el título profesional de ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales]. Repositorio de la FIARN 1-124.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. (20 January 2016). Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. (10). Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>
- Van K., Nelson T. y Ridgway R. (2015) Environmental Chemistry and Chemical Ecology of “Green Tide” Seaweed Blooms. *Integrative and Comparative Biology*, 5(3), 518–532.doi:10.1093/icb/icv035
- Vleeshouwers, L. & Verhagen, Jan. (2002). Carbon emission and sequestration by agricultural land use: A model study for Europe. *Global Change Biology*. 8. 519 - 530. 10.1046/j.1365-2486.2002.00485.x.
- Verhulst, N.,François, I. y Govaerts, B. (2015). Agricultura de conservación y captura de carbono en el suelo: Entre el mito y la realidad del agricultor.

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 6-641.

Recuperado de:

<https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/4409/56986.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Wang, W.J., Baldock, J.A., Dalal, R.C., Moody, P.W., 2004. Decomposition dynamics of plant materials in relation to nitrogen availability and biochemistry determined by NMR and wet-chemical analysis. *Soil Biology and Biochemistry* 36, 2045– 2058.

I. ANEXOS:

a) Matriz de Consistencia

ENMIENDA ORGÁNICA PARA LA RESTAURACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS AGRÍCOLAS DE CARABAYLLO-LIMA								
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	Dimensiones	Indicadores	Índice	Métodos	Unidad de medida
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable dependiente					
¿De qué manera el uso de la enmienda orgánica mejora la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima?	Restaurar la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima con el uso de la enmienda orgánica	El uso de la enmienda orgánica restaura la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima	Restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícolas	Capacidad de captura de carbono de los suelos	Carbono orgánico en el suelo (COS)	Niveles de carbono orgánico en el suelo	Walkey - Black	%p/p
Problema Específico	Objetivo Específico	Hipótesis Específica	Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Índice	Métodos	Unidad de medida
¿Qué dosis de enmienda orgánica es la más óptima para la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícolas de Carabayllo- Lima?	Identificar qué dosis (D ₁ y D ₂ de enmienda orgánica en peso) genera mayor restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícola de Carabayllo- Lima	El tratamiento con D ₁ de enmienda orgánica tiene mayor capacidad restauradora de la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima, en comparación de D ₂ .	Dosis de enmienda orgánica	Dosis aplicada en el suelo agrícola	Dosis 1 Dosis 2	Niveles de COS en suelo tratado con la enmienda orgánica preparada a diferentes dosis	Peso Peso	t/ha t/ha

¿Cuáles son las propiedades de la enmienda orgánica que restaurará la capacidad de captura de carbono orgánico en los suelos agrícolas de Carabayllo- Lima?	Determinar las propiedades de la enmienda orgánica para la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícolas de Carabayllo- Lima	Las propiedades de la enmienda orgánica restauran la capacidad de captura de carbono orgánico en suelos agrícola de Carabayllo- Lima	Calidad de la Enmienda orgánica	Propiedades de la enmienda orgánica	Materia Orgánica	Análisis de la enmienda orgánica obtenida con diferentes parámetros	Pérdida por calcinación por ignición	%
					Fósforo (P205) Ca Total Mg Total Na Total		Espectrofotometría de absorción atómica	%
					N total		Micro-Kjeldahl modificado	mg/L
					P Total		Digestión vía húmeda (en solución nitro-perclórica) y posterior colorimetría empleando reactivo sulfomolibdico	%
					Conductividad Eléctrica (CE)		Lectura con conductímetro en pasta saturada	dS/m
					pH		Potenciómetro en pasta saturada	--
¿Cuál es la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícolas de Carabayllo- Lima?	Conocer la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícola de Carabayllo- Lima	Los suelos agrícolas de Carabayllo- Lima tienen baja capacidad de captura de carbono orgánico	Capacidad de la captura de carbono orgánico de los suelos agrícolas	Capacidad de captura de carbono de los suelos	Carbono orgánico en el suelo (COS)	Nivel de carbono orgánico en suelo de la enmienda orgánica obtenida	Walkey - Black	%p/p

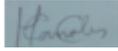
¿Cómo medir los efectos a largo plazo de la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico con el uso de la enmienda orgánica sobre los suelos agrícolas de Carabayllo -Lima?	Usar el Modelo RothC-26.3 para medir los efectos a largo plazo de la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico con el uso de la enmienda orgánica sobre los suelos agrícolas de Carabayllo -Lima	El Modelo RothC-26.3 mide los efectos a largo plazo de la restauración de la capacidad de captura de carbono orgánico con el uso de la enmienda orgánica sobre los suelos agrícolas de Carabayllo -Lima	Modelo RothC-26.3	Rotación de carbono orgánico en suelos	Medición del Carbono que entra anualmente al suelo	Proyecciones de los niveles de captura de carbono orgánico en suelo en distintos tiempos	Tasa anual total de carbono	t/ha/año
--	--	---	-------------------	--	--	--	-----------------------------	----------

b) Instrumentos validados

b.1. Constancias de validación

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO						
I. Datos generales						
1.1. Nombres y apellidos del experto:	Christian Lauro J. Lopez Sanchez	N° DNI	46751536			
1.2. Especialidad:	Gestión de residuos sólidos agropecuarios					
1.3. Título profesional:	Ing. Zootecnista -Registro 13824					
1.4. Institución en la que labora:	C3k Waste Management Consulting Sac					
1.5. Cargo que ocupa:	Gerente General					
1.6. Autor del instrumento:	Wendy Vargas - Elizabeth Lunazco - Laura León					
1.7. Título de la investigación:	"ENMIENDA ORGÁNICA PARA LA RESTAURACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS AGRÍCOLAS DE CARABAYLLO-LIMA"					
II. Aspectos de la validación						
Marcar con una x la calificación que corresponda a cada criterio						
Criterios		Deficiente	Baja	Regular	Buena	Muy buena
Claridad	Está formulado con lenguaje claro y preciso					x
Objetividad	Expresado en conductas observables					x
Relevancia	Adecuado para cumplir los objetivos de la investigación					x
Organización	Existe un orden lógico					x
Especificidad	Acorde al nivel de información					x
Intencionalidad	Adecuado para identificar las características de la información seleccionada				x	
Suficiencia	Comprende aspectos de cantidad y calidad de la información					x
Coherencia	Entre las dimensiones e indicadores de la variable				x	
Metodología	Responde a la metodología establecida para la investigación				x	
Pertinencia	Es adecuado para el tipo de investigación				x	
Conteo total		0	0	0	4	6
		A	B	C	D	E
III. Coeficiente de validez						
Fórmula =		$\frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50}$		= 0.92		
Calificación: <u>Aprobado</u>		Categoría		Intervalo		
		Desaprobado		0.00 - 0.60		
		Observado		< 0.60 - 0.70		
		Aprobado		< 0.70 - 1.00		
IV. Opinión del experto						

Fecha: 28/09/2021	Firma del experto:  DNI: 46751536
-------------------	---

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO						
I. Datos generales						
1.1. Nombres y apellidos del experto:	Harry Pedro Canales Cuadros	N° DNI	40846582			
1.2. Especialidad:	Hidrobiología					
1.3. Título profesional:	Licenciado en Biología					
1.6. Autor del instrumento:	Wendy Vargas - Elizabeth Lunazco - Laura León					
1.7. Título de la investigación:	"ENMIENDA ORGÁNICA PARA LA RESTAURACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS AGRÍCOLAS DE CARABAYLLO-LIMA"					
II. Aspectos de la validación						
Marcar con una x la calificación que corresponda a cada criterio						
	Criterios	Deficiente	Baja	Regular	Buena	Muy buena
Claridad	Está formulado con lenguaje claro y preciso				x	
Objetividad	Expresado en conductas observables				x	
Relevancia	Adecuado para cumplir los objetivos de la investigación				x	
Organización	Existe un orden lógico				x	
Especificidad	Acorde al nivel de información				x	
Intencionalidad	Adecuado para identificar las características de la información				x	
Suficiencia	Comprende aspectos de cantidad y calidad de la información				x	
Coherencia	Entre las dimensiones e indicadores de la variable				x	
Metodología	Responde a la metodología establecida para la investigación			x		
Pertinencia	Es adecuado para el tipo de investigación			x		
Conteo total		0	0	2	8	0
		A	B	C	D	E
III. Coeficiente de validez						
Fórmula = $\frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50}$ = 0.76						
Calificación : <u>Aprobado</u>		Categoría		Intervalo		
		Desaprobado		0.00 - 0.60		
		Observado		< 0.60 - 0.70		
		Aprobado		> 0.70 - 1.00		
IV. Opinión del experto						
Se sugiere cambiar dirección por ubicación e indicar las coordenadas UTM. Indicar las unidades de medición cuando corresponda..						
Fecha: 28/09/2021			Firma del experto: Harry Canales Cuadros			
						

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO						
I. Datos generales						
1.1. Nombres y apellidos del experto:	Karim Salazar Salinas	N° DNI	41368145			
1.2. Especialidad:	Bioinformatica					
1.3. Título profesional:	Ing. Ambiental					
1.4. Institución en la que labora:	Tachyon Peru					
1.5. Cargo que ocupa:	Investigadora					
1.6. Autor del instrumento:	Wendy Vargas - Elizabeth Lunazco - Laura León					
1.7. Título de la investigación:	"ENMIENDA ORGÁNICA PARA LA RESTAURACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS AGRÍCOLAS DE CARABAYLLO-LIMA"					
II. Aspectos de la validación						
Marcar con una x la calificación que corresponda a cada criterio						
	Criterios	Deficiente	Baja	Regular	Buena	Muy buena
Claridad	Está formulado con lenguaje claro y preciso				x	
Objetividad	Expresado en conductas observables				x	
Relevancia	Adecuado para cumplir los objetivos de la Investigación					x
Organización	Existe un orden lógico					x
Especificidad	Acorde al nivel de Información				x	
Intencionalidad	Adecuado para identificar las características de la información seleccionada					x
Suficiencia	Comprende aspectos de cantidad y calidad de la Información					x
Coherencia	Entre las dimensiones e indicadores de la variable				x	
Metodología	Responde a la metodología establecida para la Investigación				x	
Pertinencia	Es adecuado para el tipo de Investigación					x
Conteo total		0	0	0	5	5
		A	B	C	D	E
III. Coeficiente de validez						
Fórmula = $\frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50}$ = 0.90						
Calificación : <u>Aprobado</u>		Categoría	Intervalo			
		Desaprobado	0.00 - 0.60			
		Observado	< 0.60 - 0.70			
		Aprobado	> 0.70 - 1.00			
IV. Opinión del experto						
Ninguno						
28/09/2021		Firma del experto:				
						

b.2. Ficha técnica del Equipo Medidor de pH, humedad, temperatura y luz de suelo de Modelo YH-Soil 4in1



CE

Medidor de pH, humedad, temp. y luz de suelo

YH-SOIL4IN1

Características:

- Medidor de suelo 4-en-1 para plantas y céspedes
- Mide la luz solar (9 niveles), la humedad del suelo (5 niveles), el pH del suelo (12 niveles) y la temperatura (° C y ° F)
- Sonda de 200 mm de largo
- Apagado automático
- Medidas rápidas y precisas
- Alta precisión
- Función de retroiluminación
- Gran herramienta para ayudar a reparar su césped cuando la hierba no quiere crecer en ciertas áreas de su patio

Especificaciones:

- Rangos de medida
- Luz solar (9 niveles): BAJO, BAJO, BAJO +, NOR, NOR +, HGH, HGH, HGH
- Humedad (5 niveles): DRY +, DRY, NOR, WET, WET +
- Valor PH (12 niveles): 3,5 - 9,0 pH
- Temperatura: -9 - 50 ° C (16 - 122 ° F)
- Temperatura: 1 ° C / 1 ° F
- Resolución de pH: 0,5 pH
- Indicador de batería baja

Tecnomab Soluciones Generales SAC
www.valiometro.pe

ventas@valiometro.pe
RPM #951551909
RPC 982510780
Filo: 7913499

Modelo
YH-SOIL4IN1

Ficha Técnica

1. DESCRIPCIÓN

C3K WASTE MANAGEMENT CONSULTING S.A.C. está conformado por un equipo de profesionales que tiene como objetivo brindar soluciones innovadoras en la gestión integral de residuos orgánicos que reduzcan tiempo y costos operativos. Es una empresa beneficiaria del concurso Startup Perú por mérito en innovación del programa de Innóvate Perú, por el Ministerio de la Producción (PRODUCE).

Nuestro producto BIOFLASH es un **concentrado líquido microbiano** con amplia aplicación en el sector agropecuario. Es un producto inocuo y de fácil manipulación que cuenta con el respaldo de INCUBAGRARIA, de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

2. COMPOSICIÓN

Composición:

Materia orgánica en solución (g/L)	51.86
Ácidos Húmicos %(p/v)	0.75
Ácido Fúlvico %(p/v)	2.95
Humina %(p/v)	0.19

Macro Nutrientes:

Nitrógeno total (mg/L)	1344.00
Fósforo total (mg/L)	179.54
Potasio total (mg/L)	5350.00
Calcio total (mg/L)	1257.50
Magnesio total (mg/L)	575.00
Sodio total (mg/L)	2775.00

b.3. Ficha técnica del producto Bioflash

3. ESPECIFICACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS

- Color: Marrón Oscuro
- Olor: Característico a fermento
- pH: 3.00-4.00
- C.E. (dS/m): 19.60

4. ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS

Organismos benéficos:

Mohos y levaduras (UFC/ml)	18×10^4
Bacterias ácido láctica (UFC/ml)	27×10^6

5. PROPIEDADES Y VENTAJAS

Medio Ambiente

- Reduce el tiempo de descomposición de residuos orgánicos hasta un tercio del tiempo promedio.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Elimina y controla malos olores y moscas.

Agricultura sostenible

- Preparación del terreno.
- Mantenimiento de cultivos.
- Biofertilizante foliar.
- Aumenta la resistencia a enfermedades.

Ganadería sostenible

- Manejo de excretas para el tratamiento de residuos y control de malos olores y moscas.
- Tratamiento de aguas residuales del sector agropecuario.

6. PREPARACIÓN Y APLICACIÓN

Preparación de BIOFLASH ACTIVADO

1. Mezclar: 5% de Bioflash Concentrado+10% de melaza+85% de agua dulce.
2. Dejar reposar por 5-7 días bajo sombra en un recipiente hermético.

Aplicación

Compost: 20 litros de Bioflash Activado por 05 toneladas de material a tratar.

7. RECOMENDACIONES DE USO

- Almacenar bajo sombra
- Mantener el sello hermético
- No agitar el producto en exceso si va a ser almacenado
- No mezclar con pesticidas químicos

8. VIDA ÚTIL

Bajo las condiciones de almacenamiento requeridas:

- Bioflash concentrado: Hasta 120 días.
- Bioflash activado: Hasta 60 días.

9. CONTACTO

- Razón Social: C3K WASTE MANAGEMENT CONSULTING S.A.C.
- RUC: 20603587309
- Teléfono: 943496352 / 947030238
- Correo: ventas@c3k.pe

c) Base de datos

c.1. Ficha de control de parámetros del compost para enmienda orgánica.

Tabla A -Ficha de control de parámetros						
I. Datos generales						
Coordenadas UTM			11°51'07.4"S 77°02'05.8"W -11.852051, -77.034940			
Título de investigación			Enmienda orgánica para la restauración de la capacidad de captura de carbono en suelo - Carabayllo			
Responsable de toma de datos			Laura León - Elizabeth Lunazco - Wendy Vargas			
Código de pila de compostaje			PILA 1			
II. Datos a registrar						
Item	Fecha	Hora	Parámetros			Comentarios
			Temperatura	Humedad	p H	
1	10/05/2021	03:00 p.m.	44	WET	6	-
2	12/05/2021	03:00 p.m.	48	WET	6	-
3	14/05/2021	03:00 p.m.	52	WET	6.1	-
4	17/05/2021	03:00 p.m.	57	WET	6.2	-
5	19/05/2021	03:00 p.m.	59	WET	6.1	-
6	21/05/2021	03:00 p.m.	58	WET	6.1	-
7	24/05/2021	03:00 p.m.	58	WET	6.2	-
8	26/05/2021	03:00 p.m.	56	WET	6.2	-
9	28/05/2021	03:00 p.m.	55	WET	6.6	-
10	31/05/2021	03:00 p.m.	50	WET	7.8	-
11	2/06/2021	03:00 p.m.	48	WET	8.1	-
12	4/06/2021	03:00 p.m.	45	WET	8.2	-
13	7/06/2021	03:00 p.m.	43	WET	8.1	-
14	9/06/2021	03:00 p.m.	41	WET	8	-
15	11/06/2021	03:00 p.m.	40	WET	8.1	-
16	14/06/2021	03:00 p.m.	39	WET	7.9	-
17	16/06/2021	03:00 p.m.	38	WET	7.8	-
18	18/06/2021	03:00 p.m.	38	WET	7.6	-
19	21/06/2021	03:00 p.m.	37	WET	7.5	-
20	23/06/2021	03:00 p.m.	36	WET	7.4	-
21	25/06/2021	03:00 p.m.	36	WET	7.4	-

c.2.Ficha de observación en la elaboración del compost para enmienda orgánica.

Tabla B -Ficha de observación				
I. Datos generales				
Coordenadas UTM		11°51'07.4"S 77°02'05.8"W -11.852051, -77.034940		
Título de investigación		Enmienda orgánica para la restauración de la capacidad de captura de carbono en suelo - Carabaylo		
Responsable de toma de datos		Laura León - Elizabeth Lunazco - Wendy Vargas		
Código de pila de compostaje : Pila 1				
II. Datos a registrar				
Semana	Fecha	Color	Olor	Comentario
1	10/05/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
2	12/05/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
3	14/05/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
4	17/05/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
5	19/05/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
6	21/05/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
7	24/05/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
8	26/05/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
9	28/05/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
10	31/05/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
11	2/06/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
12	4/06/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
13	7/06/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
14	9/06/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
15	11/06/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
16	14/06/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
17	16/06/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
18	18/06/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
19	21/06/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
20	23/06/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-
21	25/06/2021	Marrón	Tierra Húmeda	-

c.3. Ficha de control de parámetros de suelos agrícolas tratados con enmienda orgánica (Suelo - Dosis 0)

Tabla C -Ficha de control de parámetros							
I. Datos generales							
Coordenadas UTM				11°51'07.4"S 77°02'05.8"W -11.852051, -77.034940			
Título de investigación				Enmienda orgánica para la restauración de la capacidad de captura de carbono en suelo - Carabaylo			
Responsable de toma de datos				Laura León - Elizabeth Lunazco - Wendy Vargas			
Nombre de tratamiento				Dosis 0			
II. Datos a registrar							
Item	Fecha	Punto	Hora	Parámetros			Comentarios
				Temperatura	Humedad	p H	
1	29/06/2021	1	4:00 p. m.	17	DRY+	7.5	-
2	29/06/2021	2	4:00 p. m.	17.5	DRY+	7.5	-
3	29/06/2021	3	4:00 p. m.	17	DRY+	7.3	-
4	3/07/2021	1	12:00 p. m.	20	DRY+	7.3	-
5	3/07/2021	2	12:00 p. m.	20	DRY+	7.5	-
6	3/07/2021	3	12:00 p. m.	20	DRY+	7.3	-
7	6/07/2021	1	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
8	6/07/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
9	6/07/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
10	10/07/2021	1	12:00 p. m.	18	DRY+	7.4	-
11	10/07/2021	2	12:00 p. m.	18	DRY+	7.5	-
12	10/07/2021	3	12:00 p. m.	18	DRY+	7.3	-
13	12/07/2021	1	6:00 p. m.	17	DRY+	7	-
14	12/07/2021	2	6:00 p. m.	17.5	DRY+	7	-
15	12/07/2021	3	6:00 p. m.	17	DRY+	7.5	-
16	16/07/2021	1	4:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
17	16/07/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
18	16/07/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
19	19/07/2021	1	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
20	19/07/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
21	19/07/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7	-
22	23/07/2021	1	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
23	23/07/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
24	23/07/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
25	26/07/2021	1	4:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-

26	26/07/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
27	26/07/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
28	30/07/2021	1	4:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
29	30/07/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
30	30/07/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
31	2/08/2021	1	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
32	2/08/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
33	2/08/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
34	6/08/2021	1	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
35	6/08/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
36	6/08/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
37	9/08/2021	1	12:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
38	9/08/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
39	9/08/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
40	13/08/2021	1	3:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
41	13/08/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
42	13/08/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
43	16/08/2021	1	6:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
44	16/08/2021	2	6:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
45	16/08/2021	3	6:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
46	20/08/2021	1	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
47	20/08/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
48	20/08/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
49	23/08/2021	1	4:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
50	23/08/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
51	23/08/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
52	27/08/2021	1	3:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
53	27/08/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
54	27/08/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-

c.4. Ficha de control de parámetros de suelos agrícolas tratados con enmienda orgánica (Suelo – Dosis 1)

Tabla D -Ficha de control de parámetros							
I. Datos generales							
Coordenadas UTM				11°51'07.4"S 77°02'05.8"W -11.852051, -77.034940			
Título de investigación				Enmienda orgánica para la restauración de la capacidad de captura de carbono en suelo - Carabaylo			
Responsable de toma de datos				Laura León - Elizabeth Lunazco - Wendy Vargas			
Nombre de tratamiento				Dosis 1			
II. Datos a registrar							
Item	Fecha	Punto	Hora	Parámetros			Comentarios
				Temperatura	Humedad	p H	
1	29/06/2021	1	4:00 p. m.	17	DRY+	7.5	-
2	29/06/2021	2	4:00 p. m.	17.5	DRY+	7	-
3	29/06/2021	3	4:00 p. m.	17	DRY+	7.5	-
4	3/07/2021	1	12:00 p. m.	20	DRY+	7.4	-
5	3/07/2021	2	12:00 p. m.	20	DRY+	7.5	-
6	3/07/2021	3	12:00 p. m.	20	DRY+	7.4	-
7	6/07/2021	1	3:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
8	6/07/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
9	6/07/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
10	10/07/2021	1	12:00 p. m.	18	DRY+	7.4	-
11	10/07/2021	2	12:00 p. m.	18	DRY+	7.5	-
12	10/07/2021	3	12:00 p. m.	18	DRY+	7.3	-
13	12/07/2021	1	6:00 p. m.	17	DRY+	7.5	-
14	12/07/2021	2	6:00 p. m.	17.5	DRY+	7.4	-
15	12/07/2021	3	6:00 p. m.	17	DRY+	7.4	-
16	16/07/2021	1	4:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
17	16/07/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
18	16/07/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
19	19/07/2021	1	12:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
20	19/07/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
21	19/07/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
22	23/07/2021	1	3:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
23	23/07/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
24	23/07/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
25	26/07/2021	1	4:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
26	26/07/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
27	26/07/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
28	30/07/2021	1	4:00 p. m.	19	DRY+	7.5	-
29	30/07/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
30	30/07/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
31	2/08/2021	1	12:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
32	2/08/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
33	2/08/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7.2	-
34	6/08/2021	1	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
35	6/08/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.2	-

36	6/08/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
37	9/08/2021	1	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
38	9/08/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
39	9/08/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
40	13/08/2021	1	3:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
41	13/08/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
42	13/08/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
43	16/08/2021	1	6:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
44	16/08/2021	2	6:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
45	16/08/2021	3	6:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
46	20/08/2021	1	12:00 p. m.	19	DRY+	7.2	-
47	20/08/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
48	20/08/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
49	23/08/2021	1	4:00 p. m.	19	DRY+	7.2	-
50	23/08/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
51	23/08/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7.2	-
52	27/08/2021	1	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
53	27/08/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.2	-
54	27/08/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.2	-

c.5. Ficha de control de parámetros de suelos agrícolas tratados con enmienda orgánica (Suelo – Dosis 2)

Tabla E -Ficha de control de parámetros							
I. Datos generales							
Coordenadas UTM				11°51'07.4"S 77°02'05.8"W -11.852051, -77.034940			
Título de investigación				Enmienda orgánica para la restauración de la capacidad de captura de carbono en suelo - Carabayllo			
Responsable de toma de datos				Laura León - Elizabeth Lunazco - Wendy Vargas			
Nombre de tratamiento				Dosis 2			
II. Datos a registrar							
Item	Fecha	Punto	Hora	Parámetros			Comentarios
				Temperatura	Humedad	p H	
1	29/06/2021	1	4:00 p. m.	17	DRY+	7	-
2	29/06/2021	2	4:00 p. m.	17	DRY+	7.5	-
3	29/06/2021	3	4:00 p. m.	18	DRY+	7	-
4	3/07/2021	1	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
5	3/07/2021	2	12:00 p. m.	20	DRY+	7.5	-
6	3/07/2021	3	12:00 p. m.	20	DRY+	7.4	-
7	6/07/2021	1	3:00 p. m.	18	DRY+	7.3	-
8	6/07/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
9	6/07/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.4	-
10	10/07/2021	1	12:00 p. m.	18	DRY+	7	-
11	10/07/2021	2	12:00 p. m.	18	DRY+	7.4	-
12	10/07/2021	3	12:00 p. m.	18	DRY+	7	-

13	12/07/2021	1	6:00 p. m.	17	DRY+	7.4	-
14	12/07/2021	2	6:00 p. m.	17	DRY+	7.4	-
15	12/07/2021	3	6:00 p. m.	18	DRY+	7.2	-
16	16/07/2021	1	4:00 p. m.	18	DRY+	7.3	-
17	16/07/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7	-
18	16/07/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7	-
19	19/07/2021	1	12:00 p. m.	18	DRY+	7	-
20	19/07/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
21	19/07/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7.2	-
22	23/07/2021	1	3:00 p. m.	18	DRY+	7.3	-
23	23/07/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7	-
24	23/07/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7	-
25	26/07/2021	1	4:00 p. m.	18	DRY+	7	-
26	26/07/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
27	26/07/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7	-
28	30/07/2021	1	4:00 p. m.	18	DRY+	7	-
29	30/07/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
30	30/07/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7	-
31	2/08/2021	1	12:00 p. m.	18	DRY+	7	-
32	2/08/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.2	-
33	2/08/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7	-
34	6/08/2021	1	3:00 p. m.	18	DRY+	7	-
35	6/08/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
36	6/08/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7	-
37	9/08/2021	1	12:00 p. m.	18	DRY+	7.2	-
38	9/08/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
39	9/08/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7	-
40	13/08/2021	1	3:00 p. m.	18	DRY+	7	-
41	13/08/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7.2	-
42	13/08/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
43	16/08/2021	1	6:00 p. m.	18	DRY+	7.3	-
44	16/08/2021	2	6:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
45	16/08/2021	3	6:00 p. m.	19	DRY+	7	-
46	20/08/2021	1	12:00 p. m.	18	DRY+	7	-
47	20/08/2021	2	12:00 p. m.	19	DRY+	7.3	-
48	20/08/2021	3	12:00 p. m.	19	DRY+	7	-
49	23/08/2021	1	4:00 p. m.	18	DRY+	7	-
50	23/08/2021	2	4:00 p. m.	19	DRY+	7.2	-
51	23/08/2021	3	4:00 p. m.	19	DRY+	7	-
52	27/08/2021	1	3:00 p. m.	18	DRY+	7.3	-
53	27/08/2021	2	3:00 p. m.	19	DRY+	7	-
54	27/08/2021	3	3:00 p. m.	19	DRY+	7	-

c.6. Datos climatológicos y edafológicos

MATRIZ DE DATOS PARA EJECUTAR ROTH-C 23.6

INDICACIONES:
 Los datos solicitados deben ser de la zona de muestra y pueden ser tanto medidos por instrumentos físico/químicos así como referencias determinadas para .

Año de inicio y duración de modelos	2021	5, 20, 50 y 100 años
-------------------------------------	------	----------------------

Dosis	00t/m
-------	-------

Orden de factores	Climatológicos						
Variante	Precipitación mensual	Evaporación mensual en cubeta abierta o evapotranspiración potencial mensual	Humedad	Humedad	Déficit de humedad del suelo especificado Acumulado	Temperatura media mensual promedio del aire (de la capa superior del suelo superficial de 20cm de alto aprox)	Factor de modificación de tasa de humedad
Unidad	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(°C)	
Enero	74	8	-62.36086957	-34.64	0	23.3	-1.676469565
febrero	59	10	-62.36086957	-34.64	0	25.1	-1.676469565
marzo	62	27	-62.36086957	-34.64	0	24.2	-1.676469565
abril	51	49	-62.36086957	-34.64	0	23.3	-1.676469565

mayo	52	83	-62.36086957	-34.64	-69.29	21.5	1
junio	57	99	-62.36086957	-34.64	-69.29	19.7	1
julio	34	103	-62.36086957	-34.64	-69.29	18.8	1
agosto	55	91	-62.36086957	-34.64	-69.29	18.6	1
septiembre	58	69	-62.36086957	-34.64	0	19.5	-1.676469565
octubre	56	34	-62.36086957	-34.64	0	20.5	-1.676469565
noviembre	75	18	-62.36086957	-34.64	0	21.9	-1.676469565
diciembre	71	8	-62.36086957	-34.64	0	23.1	-1.676469565

Orden de factores		Datos edafológicos														
Variante	Contenido de arcilla del suelo	Factor de cobertura de suelo	Relación CO2/(BIO+HUM)	Tipo de cultivo	CO2	BIO+HUM	BIO	HUM	Relación DPM/RPM	DPM	RPM	Cobertura del suelo: ¿el suelo está desnudo o con vegetación?	IOM	Insumo mensual de carbono	Insumo mensual de estiércol de granja (FYM) (Si hay)	Profundidad de la capa de suelo muestreada
Unidad	%	"D" de Desnudo o "C" de Cubierto		"M"de Mejorado o "NM" de No mejorado (incluye sabana) o "B" de Bosque tropical					1,44 para cultivos agrícolas y pastizales mejorados, para no mejorados 0,67, y para un bosque de hoja caduca o tropical, de 0.25.			"D" de Desnudo o "C" de Cubierto	TOC1.139 (t C ha -1)	(t C ha -1)	(t C ha -1)	(cm)
Enero	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30
febrero	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30
marzo	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30
abril	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30
mayo	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30
junio	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30
julio	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30
agosto	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30
septiembre	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30
octubre	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30
noviembre	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30
diciembre	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30

MATRIZ DE DATOS PARA EJECUTAR ROTH-C 23.6

INDICACIONES:

Los datos solicitados deben ser de la zona de muestra y pueden ser tanto medidos por instrumentos físico/químicos así como referencias determinadas para .

Año de inicio y duración de modelos	2021	5, 20, 50 y 100 años
-------------------------------------	------	----------------------

Dosis	60t/m
-------	-------

Orden de factores	Climatológicos							
	Variante	Precipitación mensual	Evaporación mensual en cubeta abierta o evapotranspiración potencial mensual	Déficit de humedad de capa superficial Máximo.	Déficit de humedad del suelo desnudo	Déficit de humedad del suelo especificado Acumulado	Temperatura media mensual promedio del aire (de la capa superior del suelo superficial de 20cm de alto aprox)	Factor de modificación de tasa de humedad
Unidad	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(°C)	

Fórmula o consideración	Se toma con herramienta de medición física o se busca una referencia de acuerdo a la zona geográfica y la temporada del año.	Dato de Müller de la 'Evaporación potencial media calculada' correspondiente ala zona o de sitios climáticamente similares a los sitios de muestreo (pref. de la línea meridional de la región y del mismo tipo de ecosistema) / 0.75	=SI(U10>20,(-20+(1.3*K10)-0.01*K10*K10))*U10/23,-(20+(1.3*K10)-0.01*K10*K10))	TSMD Máx /1.8	= suma mes a mes del TSMD Máximo		
Enero	74	8	-62.36086957	-34.64	0	23.3	-1.676469565
febrero	59	10	-62.36086957	-34.64	0	25.1	-1.676469565
marzo	62	27	-62.36086957	-34.64	0	24.2	-1.676469565
abril	51	49	-62.36086957	-34.64	0	23.3	-1.676469565
mayo	52	83	-62.36086957	-34.64	-69.29	21.5	1
junio	57	99	-62.36086957	-34.64	-69.29	19.7	1
julio	34	103	-62.36086957	-34.64	-69.29	18.8	1
agosto	55	91	-62.36086957	-34.64	-69.29	19	1
septiembre	58	69	-62.36086957	-34.64	0	20.0	-1.676469565
octubre	56	34	-62.36086957	-34.64	0	20.9	-1.676469565
noviembre	75	18	-62.36086957	-34.64	0	22.3	-1.676469565
diciembre	71	8	-62.36086957	-34.64	0	23.6	-1.676469565

Edafológicos

Contenido de arcilla del suelo	Factor de cobertura de suelo	Relación CO2/(BIO+HUM)	Tipo de cultivo	CO2	BIO+HUM	BIO	HUM	Relación DPM/RPM	DPM	RPM	Cobertura del suelo: ¿el suelo está desnudo o con vegetación?	IOM	Insumo mensual de carbono	Insumo mensual de estiércol de granja (FYM) (Si hay)	Profundidad de la capa de suelo muestreada
%	= "D" de Desnudo o "C" de Cubierto		"M" de Mejorado o "NM" de No mejorado (incluye sabana) o "B" de Bosque tropical					1,44 para cultivos agrícolas y pastizales mejorados, para no mejorados 0,67, y para un bosque de hoja caduca o tropical, de 0.25.			= "D" de Desnudo o "C" de Cubierto	TOC1.139 (t C ha -1)	(t C ha -1)	(t C ha -1)	(cm)
	D o C	5.7615	M o NM o B	0.852103823	100%	46%	54%		59%	41%	D o C	Si no se dispone de datos de radioC, el IOM se establece x la sgte. ecuación (Falloon et al, 1998): IOM =049.0 TOC1.139			
27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	1.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	60	0	30
27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	1.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	60	0	30
27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	1.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	60	0	30
27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	1.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	60	0	30
27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	1.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	60	0	30
27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	1.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	60	0	30
27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	1.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	60	0	30
27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	1.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	60	0	30
27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	1.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	60	0	30
27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	1.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	60	0	30
27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	1.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	60	0	30

MATRIZ DE DATOS PARA EJECUTAR ROTH-C 23.6

INDICACIONES:

Los datos solicitados deben ser de la zona de muestra y pueden ser tanto medidos por instrumentos físico/químicos así como referencias determinadas para .

Año de inicio y duración de modelos	2021	5, 20, 50 y 100 años
-------------------------------------	------	----------------------

Dosis	80t/m
-------	-------

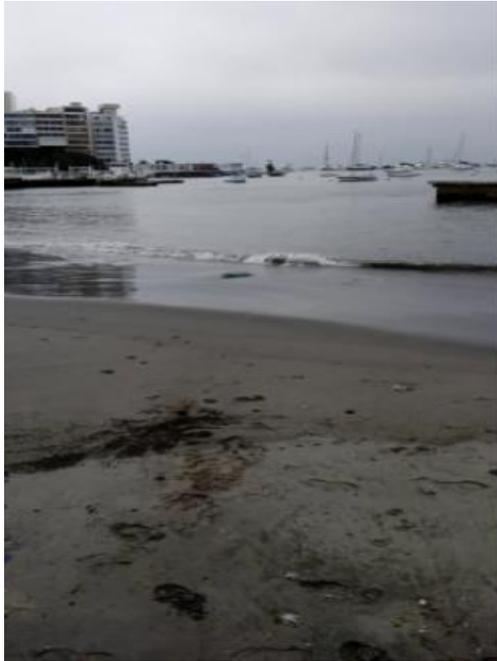
Orden de factores	Climatológicos						
Variante	Precipitación mensual	Evaporación mensual en cubeta abierta o evapotranspiración potencial mensual	Déficit de humedad de capa superficial	Déficit de humedad del suelo desnudo	Déficit de humedad del suelo especificado Acumulado	Temperatura media mensual promedio del aire (de la capa superior del suelo superficial de 20cm de alto aprox)	Factor de modificación de tasa de humedad
Unidad	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(°C)	
Fórmula o consideración	Se toma con herramienta de medición física o se busca una referencia de acuerdo	Dato de Müller de la 'Evaporación potencial media calculada' correspondiente ala zona o de sitios	$=SI(U10 > 20, (-(20 + (1.3 * K10) - 0.01 * K10 * K10)) * U10 / 23, -(20 + (1.3 * K10) - 0.01 * K10 * K10))$	TSMD Máx / 1.8	= suma mes a mes del TSMD Máximo		

	a la zona geográfica y la temporada del año.	climáticamente similares a los sitios de muestreo (pref. de la línea meridional de la región y del mismo tipo de ecosistema) / 0.75					
Enero	74	8	-62.36086957	-34.64	0	23.3	- 1.676469565
febrero	59	10	-62.36086957	-34.64	0	25.1	- 1.676469565
marzo	62	27	-62.36086957	-34.64	0	24.2	- 1.676469565
abril	51	49	-62.36086957	-34.64	0	23.3	- 1.676469565
mayo	52	83	-62.36086957	-34.64	-69.29	21.5	1
junio	57	99	-62.36086957	-34.64	-69.29	19.7	1
julio	34	103	-62.36086957	-34.64	-69.29	18.8	1
agosto	55	91	-62.36086957	-34.64	-69.29	18.6	1
septiembre	58	69	-62.36086957	-34.64	0	19.5	- 1.676469565
octubre	56	34	-62.36086957	-34.64	0	20.5	- 1.676469565
noviembre	75	18	-62.36086957	-34.64	0	21.9	- 1.676469565
diciembre	71	8	-62.36086957	-34.64	0	23.1	- 1.676469565

Orden de factores	Edafológicos																
	Variante	Contenido de arcilla del suelo	Factor de cobertura de suelo	Relación CO2/(BIO+HUM)	Tipo de cultivo	CO2	BIO+HUM	BIO	HUM	Relación DPM/RPM	DPM	RPM	Cobertura del suelo: ¿el suelo está desnudo o con vegetación?	IOM	Insumo mensual de carbono	Insumo mensual de estiércol de granja (FYM) (Si hay)	Profundidad de la capa de suelo muestreada
Unidad	%	"D" de Desnudo o "C" de Cubierto		"M" de Mejorado o "NM" de No mejorado (incluye sabana) o "B" de					1,44 para cultivos agrícolas y pastizales				"D" de Desnudo o "C" de Cubierto	TOC1.139 (t C ha ⁻¹)	(t C ha ⁻¹)	(t C ha ⁻¹)	(cm)
Fórmula o consideración		D o C	5.7615	M o NM o B	0.852103823	1.173565912	46%	54%		59%	41%	D o C	Si no se dispone de datos de radioC, el IOM se establece x la sgte. ecuación (Falloon et al, 1998): IOM =049.0 TOC1.139				
Enero	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	
febrero	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	
marzo	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	
abril	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	
mayo	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	
junio	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	
julio	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	
agosto	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	
septiembre	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	
octubre	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	
noviembre	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	
diciembre	27	1.0	25.39932704	M	0.962120247	1.039371122	0.478110716	0.258179787	0.44	1.180879907	0.622167554	D	2.7	80	0	30	

d) Registro Fotográfico

d.1 Fotografías de la identificación de playas



d.2. Fotografías de la recolección, lavado y secado de algas



d.3 Fotografías de la preparación y activación de los microorganismos eficientes



d.5 Fotografías de la delimitación de suelos degradados a tratar con enmienda orgánica.



d.6 Fotografía de monitoreos de suelos tratados con enmienda orgánica



d.7 Fotografía de recolección de muestra de suelo para análisis de COS





GUIA DE COMPOSTAJE

¡Bienvenido (a) a nuestra comunidad!

SOMOS COLEÓPTERA, UN ESPACIO CREADO CON LA INTENCIÓN DE PROMOVER BUENAS PRÁCTICAS PARA VALORAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS QUE GENERAMOS EN NUESTRAS CASAS O ENTORNO, A FIN DE TENER UNA VIDA MÁS SOSTENIBLE Y CONSCIENTE CON EL MEDIO AMBIENTE.



QUÉ ES EL COMPOST

ES UN ABONO ORGÁNICO QUE SE OBTIENE COMO RESULTADO DE UN PROCESO CONTROLADO PARA QUE LOS DIFERENTES ORGANISMOS (BACTERIAS, HONGOS, LOMBRICES, INSECTOS, ETC.) QUE VIVEN EN EL SUELO PUEDAN DESCOMPONER LOS RESIDUOS ORGÁNICOS QUE GENERAMOS EN CASA Y NUESTRO ENTORNO

POR QUÉ ES IMPORTANTE HACER COMPOST

- NOS RECONECTAMOS Y NOS HACEMOS MÁS CONCIENTES DE NUESTROS RESIDUOS
- APROVECHAMOS LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE MANERA FÁCIL Y ECONÓMICA
- EVITAMOS QUE ESTOS DESECHOS CONTAMINEN EL MEDIO AMBIENTE
- PROMOVEMOS EL AMOR A LA TIERRA



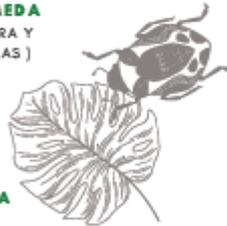
QUÉ COMPOSTAR

MATERIA ORGÁNICA HUMEDA

- RESTOS CRUDOS DE VERDURA Y FRUTA (CÁSCARAS Y SEMILLAS)
- FRUTAS CAIDAS
- RESTOS DE CAFÉ, TÉ E INFUSIONES
- FLORES Y PLANTAS
- CÁSCARA DE HUEVO

MATERIA ORGÁNICA SECA

- RESTOS DE PODA, JARDÍN Y HUERTA, HOJARASCA
- CARTONES (SIN TINTA)
- VIRUTA, PAJA, ASERRIN Y CENIZAS DE MADERA NO TRATADA
- PELOS, UÑAS,



QUÉ "NO" COMPOSTAR

- RESIDUOS DE ORIGEN ANIMAL (PESCADO, CARNE, HUESOS, COMIDA COCINADA, ACEITES, GRASAS Y LÁCTEOS)
- PLANTAS O FRUTOS ENFERMOS
- ESTIÉRCOL DE ANIMALES DOMÉSTICOS
- CENIZAS O ASERRÍN DE MADERA TRATADA CON SOLVENTES
- AGLOMERADOS Y LAMINADOS DE MADERA
- CENIZAS DE TABACO Y COLILLAS DE CIGARRO
- EL RESULTADO DE BARRER O PASAR A LA ASPIRADORA
- RESIDUOS INORGÁNICOS (VIDRIOS, LATAS, PLÁSTICOS, ETC)



"Diariamente cada persona en el Perú genera más de 1/2 kg. de desechos orgánicos"



"COMPITA"



e) Guía de compostaje

f) Informes de laboratorio

-Relación C/N

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMIA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES							
INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR								
SOLICITANTE :	COLEOPTERA S.A.C.							
PROCEDENCIA :	LIMA/ LIMA/ ANCÓN							
MUESTRA :	ASERRÍN							
REFERENCIA :	H.R. 74403							
FACTURA :	7877							
FECHA :	30/06/2021							
<table border="1"><thead><tr><th>N. Lab.</th><th>CLAVE DE CAMPO</th><th>Relación C/N</th></tr></thead><tbody><tr><td>1490</td><td></td><td>147.10</td></tr></tbody></table>			N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Relación C/N	1490		147.10
N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Relación C/N						
1490		147.10						
 <i>Braulio La Torre Martínez</i> Ing. Braulio La Torre Martínez Jefe de Laboratorio								
<hr/> <p>Av. La Molina s/n Campus UNALM Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946-905-254 e-mail: lab suelo@lamolina.edu.pe</p>								



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : COLEOPTERA S.A.C.
PROCEDENCIA : LIMA LIMA ANCÓN
MUESTRA : ALGAS ROJAS
REFERENCIA : H.R. 74402
FACTURA : 7677
FECHA : 30/06/2021

N. LRB	CLAVE DE CAMPO	Relación C/N
1489		7.92



Braulio La Torre Martínez
Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 014-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946-506-354
e-mail: labsoein@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : COLEOPTERA S.A.C.
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ ANCÓN
MUESTRA DE : RESIDUOS ORGÁNICOS
REFERENCIA : H.R. 74401
FACTURA : 7677
FECHA : 30/06/2021

N° LAB	CLAVES	Relación C/N
281		39.71



B. La Torre
Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-6622
Celular: 946-505-254
e-mail: lab_suelo@lamolina.edu.pe

-Informe de análisis de materia orgánica (Propiedades)

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMIA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES						
INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA							
SOLICITANTE	:	COLEOPTERA S.A.C.					
PROCEDENCIA	:	LIMA/ LIMA/ LIMA					
MUESTRA DE	:	COMPOST					
REFERENCIA	:	H.R. 74637					
FACTURA	:	7754					
FECHA	:	03/08/2021					
N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dSm	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
321	-	7.31	5.95	67.26	1.86	0.59	0.98
N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %		
321	-	14.91	0.27	26.97	1.03		
		 Dr. Constantino Calderón Mendoza Jefe de Laboratorio					
Av. La Molina s/n Campus UNALM Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946-505-254 e-mail: labsuelos@lamolina.edu.pe							

- Resultado de la textura de suelo agrícola degradado



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C. SLAB

Tabla N°3: Resultados de textura

Muestra	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
	% p/p	% p/p	% p/p	Sin Unidad
S-2251	46	27	27	Arena

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DEL DOCUMENTO



SLab
Laboratorio de ensayo e investigación

-CARBONO ORGÁNICO EN SUELO inicial



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS
QUÍMICOS S.A.C. SLAB

INFORME DE ENSAYO

IE-060821-02

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : COLEOPTERA S.A.C.
1.2 RUC/DNI : 20605985669

2. FECHAS

2.1 Inicio : 07 de Agosto de 2021
2.2 Fin : 12 de Agosto de 2021
2.3 Emisión de informe : 12 de Agosto de 2021

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1 Temperatura : 20.3 °C
3.2 Humedad Relativa : 60 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1 Ensayo solicitado y método de ensayo : Carbono Orgánico Total/ Walkley Black

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Tabla N°1: DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código Interno de Muestra	Tipo de Muestra	Identificación de Cliente
S-2143	Suelo	Muestra compuesta de suelo 30 cm blanco
S-2144	Suelo	Muestra compuesta de suelo 30 cm - dosis 1 600kg/ha
S-2145	Suelo	Muestra compuesta de suelo 30 cm - dosis 2 600kg/ha

6. RESULTADOS

6.1. Resultados Obtenidos Muestra S-2143, S-2144, S-2145

Tabla N°2: RESULTADOS

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO		
		S-2143	S-2144	S-2145
Carbono Orgánico Total	% pp	0.484	0.603	0.484

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DEL DOCUMENTO


DIEGO ROMERO KIRWAN ORTUSO
Químico
COP. 1337



INFORME DE ENSAYO

IE-090821-01

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : COLEOPTERA S.A.C.
1.2 RUC/DNI : 20605980669

2. FECHAS

2.1 Inicio : 10 de Agosto de 2021
2.2 Fin : 12 de Agosto de 2021
2.3 Emisión de informe : 12 de Agosto de 2021

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1 Temperatura : 20.3 °C
3.2 Humedad Relativa : 50 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1 Ensayo solicitado y método de ensayo : Carbono Orgánico Total/ Walkley Black

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Tabla N°1: DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código Interno de Muestra	Tipo de Muestra	Identificación de Cliente
S-2148	Suelo	Suelo Agrícola Tratado con Enmienda Orgánica Profundidad 30 cm O2=80 t/ha
S-2149	Suelo	Suelo Agrícola Tratado con Enmienda Orgánica O1= Manos
S-2150	Suelo	Suelo Agrícola Tratado con Enmienda Orgánica Profundidad 30 cm O2=80 t/ha

6. RESULTADOS

6.1. Resultados Obtenidos Muestra S-2148, S-2149, S-2150

Tabla N°2: RESULTADOS

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO		
		S-2148	S-2149	S-2150
Carbono Orgánico Total	% pp	2.312	0.586	5.612

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DEL DOCUMENTO

RICHARD ROJAS CARRERA
QUÍMICO
OCP. 1337



INFORME DE ENSAYO
IE-240821-07

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : COLEOPTERA S.A.C.
1.2 RUC/DNI : 20005986668

2. FECHAS

2.1 Inicio : 25 de Agosto de 2021
2.2 Fin : 31 de Agosto de 2021
2.3 Emisión de informe : 01 de Setiembre de 2021

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1 Temperatura : 20.5 °C
3.2 Humedad Relativa : 54 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1 Ensayo solicitado y método de ensayo : Carbono Orgánico Total/ Walkley Black
Textura: Arena, Limo, Arcilla/ Hidrométrico - Bouyoucos

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Tabla N°1: DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código Interno de Muestra	Tipo de Muestra	Identificación de Cliente
S-2249	Suelo	Muestra compuesta de suelo 30 cm- dosis 1 EDInha
S-2250	Suelo	Muestra compuesta de suelo 30 cm- dosis 2 EDInha
S-2251	Suelo	Muestra compuesta de suelo 30 cm- Blanco

6. RESULTADOS

6.1. Resultados Obtenidos

Tabla N°2: Resultados Carbono Orgánico

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO		
		S-2249	S-2250	S-2251
Carbono Orgánico Total	% pp	0.049	0.079	0.583

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

REGO ROMANO SEBASTIAN OYARCE
QUÍMICO
CQP. 1337