

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



“EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE TRES TECNOLOGÍAS DE COMPOST, VERMICOMPOST Y PRECOMPOSTAJE A PARTIR DEL ACOPIO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA SU APROVECHAMIENTO COMO ABONO EN CULTIVOS AGRÍCOLAS EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA 2022.”

Tesis presentada por las Bachilleres:

Benavente Supo, Nicol

Quispe López, Leonor Marisol

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniería Ambiental

Asesor:

Dra. Bejarano Meza, María Elizabeth

Arequipa – Perú

2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA AMBIENTAL
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 28 de Octubre del 2022

Dictamen: 004847-C-EPLA-2022

Visto el borrador del expediente 004847, presentado por:

2016220012 - BENAVENTE SUPO NICOL

2016202462 - QUISPE LOPEZ LEONOR MARISOL

Titulado:

**?EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE TRES TECNOLOGÍAS DE COMPOST, VERMICOMPOST Y
PRECOMPOSTAJE A PARTIR DEL ACOPIO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA SU
APROVECHAMIENTO COMO ABONO EN CULTIVOS AGRÍCOLAS EN EL DISTRITO DE CERRO
COLORADO - AREQUIPA 2022.?**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**2779 - LAZARTE ARREDONDO SONIA
DICTAMINADOR**



**3196 - CHANOVE MANRIQUE ANDREA MARIETA
DICTAMINADOR**



**7727 - CARDENAS PILLCO BERLY EDINSSON
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

A Dios, por brindarme fortaleza. A mis almas benditas porque han estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y guiando mi camino. A mis queridos padres Miguel y Haidee, por apoyarme siempre en cada una de mis metas, por su amor y confianza, por enseñarme que todo se puede lograr con paciencia y sacrificio, por enseñarme a través de su ejemplo a ser una persona y profesional con valores. A mi único hermano Luis, por su apoyo y consejos incondicionales que me pudo brindar en toda la carrera universitaria y mucho más para la obtención del Título de Ingeniero Ambiental.

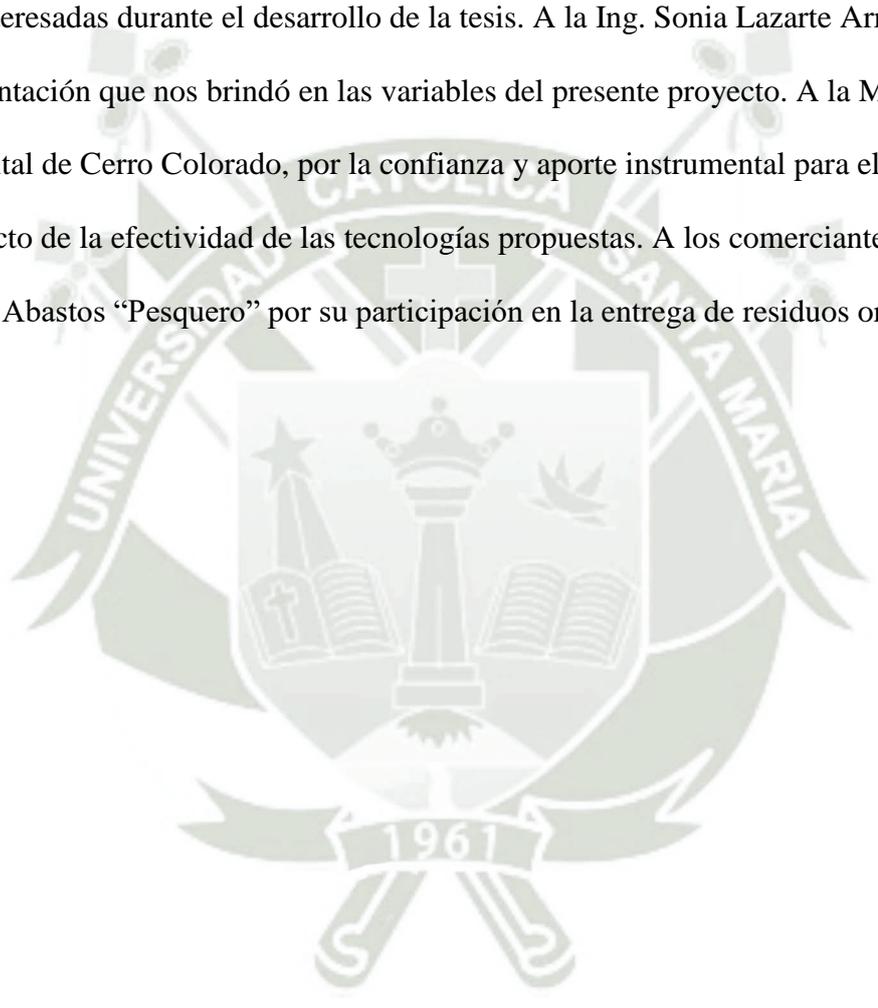
Leonor Marisol Quispe López

A Dios, por darme la vida, por su infinito amor y misericordia. A mis padres por su gran esfuerzo y dedicación en mi desarrollo personal y profesional. A mi mamá Yobana, por inculcarme valores y principios desde muy pequeña, por darme un gran ejemplo y por su amor incondicional. A mi papá Oscar, por enseñarme la realidad de la vida y por demostrarme siempre su actitud positiva ante las circunstancias. A mis hermanos Liz y Alfred, por su perseverancia, paciencia, cariño y todos sus buenos consejos. A mis tíos, por acompañar a mi familia en los peores y mejores momentos.

Nicol Benavente Supo

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos a la Dra. María Elizabeth Bejarano Meza, quien a lo largo de este tiempo nos ha orientado y asesorado con sus conocimientos y experiencias en el desarrollo del presente proyecto de tesis, así como su apoyo durante el transcurso de nuestra etapa universitaria. Al ing. Berly Cardenas Pilco, por sus aportes y enseñanzas desinteresadas durante el desarrollo de la tesis. A la Ing. Sonia Lazarte Arredondo, por la orientación que nos brindó en las variables del presente proyecto. A la Municipalidad Distrital de Cerro Colorado, por la confianza y aporte instrumental para el desarrollo del proyecto de la efectividad de las tecnologías propuestas. A los comerciantes del centro de Abastos “Pesquero” por su participación en la entrega de residuos organicos.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata de la Evaluación de la efectividad de compost, vermicompost y precompostaje a partir de residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad Cerro Colorado, para ello, se efectuó una comparación de tres tecnologías de compostaje (T2), Vermicompostaje (T3) y Precompostaje (T4) con tres repeticiones y se hizo un seguimiento de los parámetros de pH, humedad, temperatura hasta la etapa de maduración durante tres meses. Se realizó una homogenización de los sustratos y fueron llevadas a un área de trabajo de 4.95 m² donde se tomó una muestra inicial de suelo y se habilitaron 18 unidades experimentales de 20x30 cm con los tres tratamientos y adicionando un tratamiento de Abono comercial (T5) en diferentes dosificaciones de 250 y 500 gr: T2-250, T2-500, T3-250, T3-500, T4-250, T4-500 con dos repeticiones cada uno y un testigo T1. Posteriormente se procedió a la siembra de *Triticum* (Trigo) en cada bloque, los que se cosecharon después de dos meses analizándose el crecimiento del tallo, raíz, ancho de la hoja y peso de la planta. Los resultados que se observó al introducir los abonos orgánicos provocaron cambios significativos en los parámetros químicos del suelo; un pH inicial de 7.85 a 9.86, conductividad eléctrica de 1.31 a 1.53 mS/cm, M.O 0.79 a 5.33%, P 16.8 a 500.00 mg/kg, K 170.1 a 2334.83 mg/kg, N 0.02 a 0.25 mg/kg, CaCO₃ 0.29 a 1.50%, y los parámetros asimilables por la planta como Na⁺ 2.07 a 1.58 meq/100g, K⁺ 0.565 a 6.40 meq/100g, Ca⁺² 3.91 a 12.65 meq/100g, Mg⁺² 0.79 a 7.99 meq/100g. En conclusión, existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos con respecto a las variables evaluadas en el crecimiento de la planta, donde el mejor abono es Precompostaje con dosis de 250gr y abono comercial a 250gr, donde rendimiento en la producción del cultivo *triticum* (trigo) obtuvo mayor calidad y cantidad.

Palabras clave: Residuos sólidos orgánicos, compost, vermicompost, covermicompost, rendimiento de la planta.

ABSTRACT

The present research work deals with the Evaluation of the effectiveness of compost, vermicompost and precompost from organic solid waste from the Cerro Colorado Municipality, for this, a comparison of three composting technologies (T2), Vermicomposting (T3) and Precompostajeing (T4) with three repetitions and the parameters of pH, humidity, and temperature were monitored until the maturation stage for three months. A homogenization of the substrates was carried out and they were taken to a work area of 4.95 m² where an initial soil sample was taken and 18 experimental units of 20x30 cm were enabled with the three treatments and adding a commercial fertilizer treatment (T5) in different dosages of 250 and 500 gr: T2-250, T2-500, T3-250, T3-500, T4-250, T4-500 with two repetitions each and a control T1. Subsequently, Triticum (Wheat) was planted in each block, which were harvested after two months, analyzing the growth of the stem, root, width of the leaf and weight of the plant. The results observed when introducing organic fertilizers caused significant changes in the chemical parameters of the soil; an initial pH of 7.85 to 9.86, electrical conductivity of 1.31 to 1.53 mS/cm, M.O 0.79 to 5.33%, P 16.8 to 500.00 mg/kg, K 170.1 to 2334.83 mg/kg, N 0.02 to 0.25 mg/kg, CaCO₃ 0.29 to 1.50%, and the parameters assimilable by the plant such as Na⁺ 2.07 to 1.58 meq/100g, K⁺ 0.565 to 6.40 meq/100g, Ca⁺² 3.91 to 12.65 meq/100g, Mg⁺² 0.79 to 7.99 meq/100g. In conclusion, there is a significant difference between the different treatments with respect to the variables evaluated in the growth of the plant, where the best fertilizer is Precompostaje with a dose of 250g and commercial fertilizer at 250g, where yield in the production of the triticum crop (wheat) obtained higher quality and quantity.

Keywords: Organic solid waste, compost, vermicompost, covermicompost, plant yield.

ÍNDICE

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I.....	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACION	3
1.2. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	5
1.2.1. Ambiental.....	5
1.2.2. Social	5
1.2.3. Económica	5
1.2.4. Científico – Técnico.....	6
1.2.5. Institucional	6
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	7
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
1.4. HIPÓTESIS.....	7
CAPÍTULO II:.....	8
2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	9
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
2.2. MARCO TEORICO	18
2.2.1. Abonos orgánicos	18
2.2.2. Compost.....	18
2.2.3. Precompostaje.....	25
2.2.4. Vermicompost.....	26
2.2.5. Humus.....	28

2.2.6. Origen y relaciones del Trigo	30
2.2.8. MARCO LEGAL.....	35
CAPITULO III	37
3. METODOLOGIA	38
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION.....	38
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACION	38
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACION	38
3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.1.4. ANALISIS ESTADISTICO	41
3.1.5. INSTRUMENTOS.....	63
CAPITULO IV	65
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	66
4.1. Unidades experimentales para obtención de abono	66
4.1.1. Área de estudio	66
4.1.2. Ubicación geográfica distrito Cerro Colorado.....	67
4.1.3. Diseño de las composteras	68
4.2. Obtención de los parámetros de madurez de los tres tipos de abonos	73
4.2.1. Control de Temperatura en las tres tecnologías.....	73
4.2.2. Control de pH.....	75
4.2.3. Resultados del control de Humedad	77
4.3. Evaluación de la calidad de macronutrientes asimilables por el cultivo.....	78
4.3.1. Caracterización de los parámetros Físicos, Químicos antes de la cosecha (AC) 78	
4.3.2. Evaluación de factores climaticos durante de la cosecha (AC).....	85
4.3.3. Caracterización de los parámetros Físicos, Químicos despues de la cosecha (AC) 91	
4.4. Rendimiento de los tres tipos de abono en el desarrollo del cultivo de trigo..	104

4.4.1. Altura de la planta despues de la cosecha.....	105
4.4.2. Longitud radicular de la planta despues de la cosecha	110
4.4.3. Ancho de la hoja despues de la cosecha	114
4.4.4. Peso por planta despues de la cosecha.....	117
4.5. Análisis Costo-Beneficio Ambiental.....	119
4.5.1. Beneficio Ambiental	122
CONCLUSIONES.....	125
RECOMENDACIONES	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
ANEXOS.....	139
ANEXO 1. Elaboración de las unidades experimentales	140
ANEXO 2. Control de los tres abonos	141
ANEXO 3. Evaluación de la calidad de macronutrientes asimilables por el cultivo, antes y después de la aplicación de las dosis	142
ANEXO 4. Evaluación del rendimiento de los tres tipos de abono	143
ANEXO5. Crecimiento de la planta durante, resultados de las pruebas de significancia en Minitab.	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de los Abonos Orgánicos</i>	18
Tabla 2 <i>Parámetros para determinar la Calidad de Compost</i>	24
Tabla 3 <i>Taxonomía de la Eisenia Foetida</i>	26
Tabla 4 <i>Componentes Fisicoquímicos del Humus de Lombriz</i>	29
Tabla 5 <i>Fases de desarrollo según la escala decimal Zadoks (Z)</i>	33
Tabla 6 <i>Tratamientos estudiados</i>	39
Tabla 7 <i>Indicador para las Variables Dependientes e Independientes</i>	40
Tabla 8 <i>Descripción de Los Tratamientos Empleados y sus Dosificaciones</i>	59
Tabla 9 <i>Relaciones de Mezclas de la Pila de Compost</i>	70
Tabla 10 <i>Relaciones de Mezcla de la Cama de Vermicompost</i>	70
Tabla 11 <i>Relaciones de Mezcla en la Pila de Precompostaje</i>	71
Tabla 12 <i>Materia orgánica recolectada en el periodo de un mes para armado de pilas</i> ...	72
Tabla 13 <i>Promedio de temperatura de las tres tecnologías durante doce semanas</i>	73
Tabla 14 <i>Promedio del pH de las tres tecnologías durante doce semanas</i>	75
Tabla 15 <i>Promedio de la humedad de las tres tecnologías durante doce semanas</i>	77
Tabla 16 <i>Color de suelo en una muestra en Seco de Cerro Colorado</i>	78
Tabla 17 <i>Color de suelo en una muestra en Húmedo de Cerro Colorado</i>	79
Tabla 18 <i>Clase textural del suelo inicial</i>	80
Tabla 19 <i>Caracterización agroquímica inicial del suelo, donde se ejecutaron los experimentos</i>	81
Tabla 20 <i>Caracterización agroquímica inicial del suelo, donde se ejecutaron los experimentos</i>	92
Tabla 21 <i>Altura de la planta con sus 10 repeticiones en 60 días después de la aplicación</i>	105
Tabla 22 <i>Análisis de Varianza con 500 g de los diferentes abonos</i>	106

Tabla 23 Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% en dosis de abono a 500g	107
Tabla 24 Análisis de Varianza a 250g de abono	107
Tabla 25 Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% en dosis de abono a 250g	108
Tabla 26 Longitud de la raíz a los 60 días despues de la aplicacion de los abonos.....	110
Tabla 27 Análisis de Varianza en la longitud de la raiz a 500g	111
Tabla 28 Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 500g	112
Tabla 29 Análisis de Varianza en la longitud de la raiz a 250g	112
Tabla 30 Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 250g	112
Tabla 31 Ancho de la hoja a los 60 días despues de la cosecha	114
Tabla 32 Análisis de Varianza a una dosis de 500g de abono	115
Tabla 33 Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 500g de abono	115
Tabla 34 Análisis de Varianza a 250g de abono	115
Tabla 35 Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 250g de abono	116
Tabla 36 Peso por planta a los 30 días despues de la cosecha.....	117
Tabla 37 Peso por planta a los 45 días	117
Tabla 38 Peso por planta a los 60 días	117
Tabla 39 Inversión en la Elaboracion y Evaluación de las Tecnologías Propuestas en la Investigación.....	120
Tabla 40 Gastos, Ingresos y Ganancia en un Sistema de compostaje con funcionamiento Continuo	121
Tabla 41 Comparativa de las Tecnologías según Precio de Abono	122
Tabla 42 Datos de Climatologicos del Mes de Abril y Mayo	143

Tabla 43 <i>Dirección del Viento</i>	145
Tabla 44 <i>Datos de Radiación Solar del Mes de Abril 2022</i>	147
Tabla 45 <i>Radiación Solar del Mes de Mayo del 2022</i>	148
Tabla 46 <i>Altura de la Planta con sus 10 repeticiones en 30 días</i>	150
Tabla 47 <i>Altura de la Planta con sus 10 repeticiones en 45 días</i>	150
Tabla 48 <i>Tratamientos con una Dosis de 500g de Abono</i>	151
Tabla 49 <i>Análisis de Varianza 500g</i>	151
Tabla 50 <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% en 500g de abono en 45 días</i>	151
Tabla 51 <i>Análisis de Varianza 250g de abono en 45 días</i>	152
Tabla 52 <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% en 250g de abono en 45 días</i>	152
Tabla 53 <i>Longitud de la raíz a los 30 días</i>	152
Tabla 54 <i>Análisis de Varianza con 500g de abono en 30 días</i>	153
Tabla 55 <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%</i> .153	
Tabla 56 <i>Longitud de la raíz a los 45 días</i>	154
Tabla 57 <i>Análisis de Varianza a 500g en 45 días</i>	154
Tabla 58 <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 500g en 45 días</i>	155
Tabla 59 <i>Análisis de Varianza a 250g</i>	155
Tabla 60 <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 250g</i>	155
Tabla 61 <i>Ancho de la hoja a los 45 días</i>	155
Tabla 62 <i>Análisis de Varianza 500g</i>	156
Tabla 63 <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 500g</i>	156
Tabla 64 <i>Análisis de Varianza 250</i>	157

Tabla 65 Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 250

.....157



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Fases de Compostaje</i>	21
Figura 2 <i>Esquema de un proceso de compostaje</i>	22
Figura 3 <i>Esquema de un proceso de compostaje</i>	24
Figura 4 <i>Ciclo Reproductivo de la Eisenia Foetida</i>	27
Figura 5 <i>Componentes del Rendimiento y Fases de Desarrollo</i>	34
Figura 6 <i>Diagrama de flujo del procedimiento para la obtención de abono a base de las tres tecnologías y evaluación del rendimiento del cultivo de trigo</i>	44
Figura 7 <i>Trituración de Residuos Orgánicos</i>	46
Figura 8 <i>Instrumento utilizado para medir la Temperatura</i>	48
Figura 9 <i>Instrumento utilizado para medir el pH</i>	48
Figura 10 <i>Humedecimiento del Abono</i>	49
Figura 11 <i>Rastrillo y Picos, Herramientas para remover el Suelo</i>	58
Figura 12 <i>Dimension de las Unidades Experimentales</i>	58
Figura 13 <i>Croquis Experimental de las Plantaciones de Trigo</i>	59
Figura 14 <i>Sembrío de Trigo con Dosificación de Abonos diferentes.</i>	60
Figura 15 <i>Medición de la Altura, Longitud Radicular y Ancho de la Hoja de la Planta</i>	61
Figura 16 <i>Ubicación del área de estudio</i>	67
Figura 17 <i>Armado de las tres Tecnologías</i>	68
Figura 18 <i>Croquis Experimental de las Pilas de Abono</i>	69
Figura 19 <i>Crecimiento del Trigo</i>	110
Figura 20 <i>Balance de Materia y Energía</i>	124

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1 <i>Normalidad - Dispersión de resultados</i>	42
Gráfica 2 <i>Control de Temperatura en doce Semanas</i>	74
Gráfica 3 <i>pH de las tres Tecnologías durante doce Semanas</i>	76
Gráfica 4 <i>Humedad en % de las tres Tecnologías en doce semanas</i>	77
Gráfica 5 <i>Relación de la T°, H%, Precipitación y Presión Atmosférica del mes de Abril</i> .85	
Gráfica 6 <i>Relación De La T°, H%, Precipitación y Presión Atmosférica del mes de Mayo</i>	86
Gráfica 7 <i>Representación de la Rosa de Vientos de los meses de Abril y Mayo</i>	87
Gráfica 8 <i>Radiación Solar del mes de Abril</i>	89
Gráfica 9 <i>Radiación Solar del mes de Mayo</i>	90
Gráfica 10 <i>Resumen de gráficas del detalle de los tratamientos</i>	91
Gráfica 11 <i>Análisis de pH después de la Cosecha</i>	93
Gráfica 12 <i>Conductividad Eléctrica después de la Cosecha</i>	95
Gráfica 13 <i>Materia Orgánica después de la Cosecha</i>	96
Gráfica 14 <i>Nitrógeno después de la Cosecha</i>	98
Gráfica 15 <i>Fósforo después de la Cosecha</i>	99
Gráfica 16 <i>Potasio después de la Cosecha</i>	101
Gráfica 17 <i>Carbonato de Calcio después de la cosecha</i>	102
Gráfica 18 <i>Cationes Intercambiables después de la Cosecha</i>	103
Gráfica 19 <i>Altura de la planta con el mejor tratamiento</i>	106
Gráfica 20 <i>Longitud radicular de la planta con el mejor tratamiento</i>	111
Gráfica 21 <i>Ancho de las hojas de la planta con el mejor tratamiento</i>	114
Gráfica 22 <i>Comparación de Pesos de las Plantas a 30, 45 y 60 días</i>	118

INTRODUCCION

El incremento de residuos sólidos generados en el Perú origina una situación desfavorable para el correcto desarrollo de las actividades humanas, ya que produce problemas ambientales (García & Villanueva, 2021), la contaminación a los suelos es un tema actual preocupante, sobre todo teniendo en cuenta que las nuevas tecnologías han contribuido a la pérdida del equilibrio del medio ambiente, especialmente al suelo agrícola que es uno de los recursos más importante en el mundo, el cual debe preservarse para garantizar la alimentación de las futuras generaciones. (Ttito, 2017)

El distrito de Cerro Colorado al igual que diversas zonas del país está teniendo problemas relacionados a la falta de disposición adecuada de los residuos sólidos. Mediante el presente trabajo de Investigación se busca dar una propuesta de solución viable, económica y sobretodo efectivo ante este problema en la provincia de Arequipa. La producción de abonos orgánicos, se dan por el aprovechamiento de estos residuos orgánicos y cobra cada día mayor interés como medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos, que ayuda al crecimiento de las plantas y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo. (Ramos & Terry, 2014)

Los residuos sólidos orgánicos producidos en el Mercado Pesquero son desperdiciados, dan mal aspecto e incrementan la proliferación de animales menores y microorganismos patógenos en el ambiente, siendo estos una fuente importante de MO, por ello la presente investigación tiene como finalidad evaluar la efectividad de tres eco tecnologías que es el compost, vermicompost covermicompost, el cual puede ser aprovechado para generar insumos que ayuden a mitigar la contaminación ambiental por mala disposición de residuos orgánicos y por excesivo uso de fertilizantes inorgánicos en el suelo. (Ttito, 2017)



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACION

En el Perú y en Latinoamérica uno de los problemas para el medio ambiente y la sociedad, es la inadecuada gestión de residuos sólidos orgánicos debido a múltiples factores, entre ellos, el crecimiento poblacional, los hábitos de consumo y el aporte de la agricultura e industria por causa del uso indiscriminado de agroquímicos. (Vásquez, 2017)

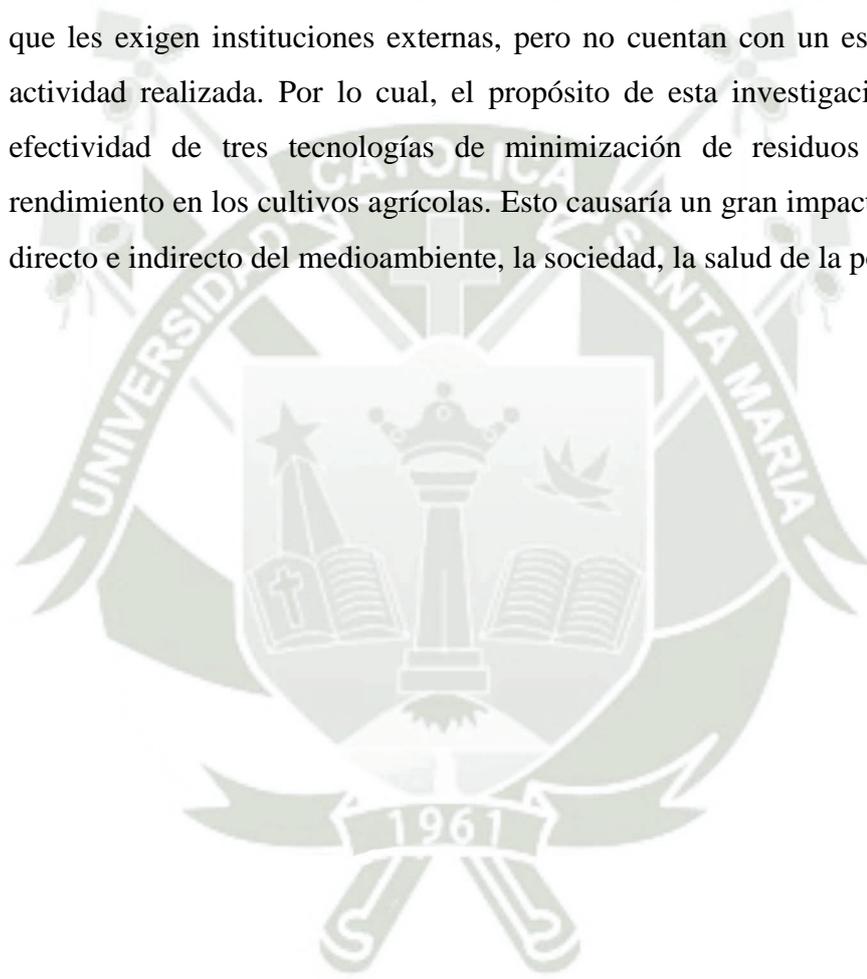
Según el PIGARS 2017-2028, 2028 presentado por la municipalidad provincial de Arequipa, indica que existe una mayor generación de residuos orgánicos (55.1%), a comparación de residuos sanitarios, plásticos, papel, etc. Por lo que, se incentiva su reaprovechamiento a través de diferentes técnicas, ya que, es una valiosa oportunidad tanto para la generación del compost como para explorar nuevas alternativas de negocio. (Municipalidad provincial de Arequipa, 2017)

Además, se debe tener en cuenta, que los residuos orgánicos, se caracterizan por generar gases como el dióxido (CO), metano (CH₄), ácido sulfhídrico (H₂S) y compuestos orgánicos volátiles (como benceno y acetona). Los anteriores son tóxicos, generan malos olores y contribuyen al cambio climático. Mientras tanto, los puntos críticos que se encuentran en las vías o calles del distrito se encuentran cielo abierto, atrayendo y facilitando así, la proliferación de insectos, aves y mamíferos que pueden transmitir enfermedades como cólera, salmonelosis, dengue y amebiasis, entre otras a la población. Se registra una alta producción de desechos orgánicos y los porcentajes de materiales reutilizables tales como papel, cartón y los plásticos (entre el 12 y 13 % respectivamente); dando muestra de una baja separación en la fuente y alta disposición final en el botadero a cielo abierto de la ciudad de Arequipa. (Choque, 2019)

La inadecuada disposición y gestión de residuos sólidos orgánicos que proviene del distrito de Cerro Colorado debido al consumo diario de productos, como frutas, verduras, residuos de comida, de jardín y residuos inorgánicos de materiales de plástico, vidrio, metales generan un impacto negativo en los componentes del suelo, agua y aire. Ya que, son llevados al botadero (quebrada honda) donde son depositados a cielo abierto ocasionando problemas ecológicos y sociales.

En muchas regiones se realizan las prácticas de separación en el origen de los RSU, y en algunas ciudades se colocan contenedores para depositar la basura separada como orgánica, metales, plásticos, etc., pero al no contar con los medios de transporte adecuados para cada uno de ellos, los residuos vuelven a mezclarse y por ende volvemos al problema de la inadecuada disposición. (Suni, 2018)

Así mismo, la municipalidad de Cerro Colorado adopta tecnologías de minimización de residuos sólidos de forma improvisada para cumplir con las políticas ambientales que les exigen instituciones externas, pero no cuentan con un estudio previo a la actividad realizada. Por lo cual, el propósito de esta investigación es evaluar la efectividad de tres tecnologías de minimización de residuos orgánicos y su rendimiento en los cultivos agrícolas. Esto causaría un gran impacto en el beneficio directo e indirecto del medioambiente, la sociedad, la salud de la población.



1.2. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

1.2.1. Ambiental

Las inadecuadas prácticas en el manejo de los residuos sólidos municipales causan un grave impacto sobre el suelo, el agua, la flora y la fauna, por la generación de lixiviados en el proceso de descomposición. Por lo tanto, damos a conocer tecnologías de (compost, vermicompost y Precompostaje) para generar abono de mejor calidad que ayude a reducir el uso de fertilizantes químicos y de esta forma incorporar abonos orgánicos al suelo, generando así una mejora en su estructura y reduciendo los problemas de compactación y erosión. Además, aumentaran la capacidad de retención del agua y el intercambio gaseoso, favoreciendo el desarrollo radical para los cultivos agrícolas. (Ttito, 2017)

1.2.2. Social

El desarrollo de este trabajo de investigación contribuirá a generar mayor información ajustado a la realidad y dinámica poblacional, planteando así, una tecnología eficaz y capaz de replicarse a mayor escala, además, la población no tendrá temor a contagiarse con enfermedades a causa de la mala disposición de los residuos orgánicos, ya que estos serán utilizados para la generación de abonos y de esa manera disponerlos en las áreas verdes y cultivos agrícolas, como también generara puestos de trabajo para la elaboración.

1.2.3. Económica

A nivel económico, el inadecuado tratamiento, control y gestión para los residuos orgánicos, hace que no se tenga un valor agregado y puedan ser recuperados adecuadamente. Por lo tanto, este trabajo nos permitirá aprovechar los residuos orgánicos a través de la elaboración de tres tipos de tecnologías de bajo costo, abarcando así gastos de minimización de residuos y generación de abonos orgánicos naturales. También serán beneficiados los agricultores por el uso del mejor abono, esto generaría mayor ingreso económico en sus bienes, ya que la producción del cultivo podría multiplicarse.

1.2.4. Científico – Técnico

La elaboración de este trabajo es importante ya que, no se centra exclusivamente en la descripción del proceso de compostaje de los residuos orgánicos, sino que busca analizar e incorporar la técnica del compost, vermicompost, co-vermicompost más eficaz evidenciado en el rendimiento de un cultivo agrícola; de esta forma se generaría una contribución y un aporte en conocimiento técnico para desarrollar investigaciones futuras que busquen minimizar la contaminación por uso indiscriminado de fertilizantes químicos y mejorar la eficiencia de diferentes especies de cultivos.

1.2.5. Institucional

El desarrollo de este proyecto tiene como finalidad generar la base científica para el mejoramiento de las técnicas de gestión de la Municipalidad de Cerro Colorado, a través de la Gerencia de Servicios a la Ciudad y Ambiente, de esta forma se tendrá más información disponible y se podrán proponer campañas de segregación, sensibilización y actuación por parte de la población, generando un impacto institucional positivo.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de tres tecnologías de compost, vermicompost y precompostaje a partir del acopio de residuos sólidos orgánicos, para su aprovechamiento como abono en cultivos agrícolas en el Distrito de Cerro Colorado - Arequipa 2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Elaborar unidades experimentales para las tres tecnologías de obtención de abono a partir de residuos orgánicos del Distrito de Cerro Colorado.
- ✓ Obtener los parámetros de madurez de las tres tecnologías de obtención de abono a partir de los residuos orgánicos del Distrito de Cerro Colorado.
- ✓ Evaluar la calidad de macronutrientes antes y después de la dosificación de los tres tipos de abonos en el suelo experimental.
- ✓ Evaluar el desarrollo de los tres tipos de abono en el desarrollo del cultivo de trigo en el Distrito de Cerro Colorado.

1.4. HIPÓTESIS

Dado que se ha demostrado que existe diferentes tecnologías de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la obtención de abono que influye en el desarrollo y crecimiento de diversos cultivos, además, mejora la calidad de nutrientes del suelo; entonces es probable evaluar la efectividad de tres tecnologías de compost, vermicompost y precompostaje a partir del acopio de residuos orgánicos de la Municipalidad del distrito de Cerro Colorado.



CAPÍTULO II:

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el estudio de Quarín, Iglesias, & Castillo, se realizó una caracterización química y física del vermicompost provenientes de residuos orgánicos puros y mixtos de estiércol de corral y residuos de cocina. Así, se realizó un experimento para conocer no solo la heterogeneidad de los residuos, sino, la proporción más adecuada de los insumos iniciales, con el objetivo de mejorar el desarrollo y la calidad final del vermicompost. Según su metodología, se explica que los residuos fueron compostados en 90 días y posteriormente se aplicaron lombrices para acelerar la degradación (*Eisenia Foetida*), en la toma de muestras se aplicó un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Finalmente, se aplicó los siguientes aspectos para determinar la calidad del vermicompost; rendimiento de tamiz, porcentaje de pérdida de peso, nitrógeno potencialmente disponible, fósforo disponible, potasio extraíble, materia orgánica y pH. De esta forma se obtuvo resultados con diferencias muy significativas con los desechos puros y mezclados, es así, que los niveles más altos de N, P, y rendimiento correspondieron al mayor porcentaje de estiércol de corral, y el mayor nivel pH y P en los que tenían mayor porcentaje de residuos de cocina. (Quarín y otros, 1999)

En la siguiente investigación, se evaluó el efecto del compost de residuos sólidos municipales (MSWC) en el rendimiento de un cultivo de maíz (*Zea mays L.*), para ello se tomó como indicadores la concentración de nutrientes y el contenido de N de nitrato. El estudio de campo se llevó a cabo durante los años 1993 y 1994, y se aplicó en dos tipos de suelo; margas limo y un suelo arena franco en Wisconsin, las edades del compost eran de 7, 36 y 270 d a tasas de 22,5, 45 y 90 Mg ha⁻¹, para realizar una comparación del nitrato se utilizaron otros fertilizantes inorgánicos comerciales. En los resultados se puede evidenciar que el uso del compost municipal generó el aumento de la materia seca en dicho cultivo y mayor rendimiento del grano, por otro lado, tuvo un efecto mínimo en los niveles de nutrientes del tejido en toda la planta, con respecto a los niveles de nitrato, estos fueron mayores en las muestras que contenían fertilizantes de N, sobre todo en la temporada de crecimiento. Finalmente, se concluye que la realización del compost es una práctica agronómica y ambientalmente admisible. (Wolkowski, 2003)

Por otro lado, se realizó una investigación experimental sobre los efectos de las actividades enzimáticas del suelo y la diversidad genética bacteriana al aplicar compost de residuos municipales, el experimento tuvo una duración de seis años y se empleó el cultivo (*Triticum turgidum*). Los resultados mostraron un aumento del contenido de C orgánico y de la actividad de la deshidrogenasa, β -glucosidasa, ureasa, nitrato reductasa, fosfatasa, así como una reducción significativa de la proteasa. Se realizó la electroforesis del gel del gradiente de desnaturalización para evaluar las comunidades microbianas, del cual se determinó que no hubo ningún efecto significativo sobre la variación de las bacterias esenciales para la fertilidad del suelo. (Crecchio y otros, 2004)

En Patagonia, se realizó una comparación con respecto a la calidad del producto final del compost y vermicompost de residuos municipales, para ello, se realizaron dos variaciones en el vermicompost (termófilo y no termófilo). También, se evaluaron los efectos en las propiedades biológicas y bioquímicas de las plantas. Los resultados indican que el vermicompost termófilo posee un tamaño adecuado, mayor actividad microbiana, mayor rendimiento y concentraciones más nutritivas que el compost. Sin embargo, este estudio no recomienda generalizar dicho resultado, ya que la calidad depende de los materiales originales y de la tecnología que se aplique. (Tognetti y otros, 2005)

La experiencia de tres países (India, Cuba y Australia), obtuvieron beneficios gracias a la aplicación de sistemas de tratamiento de sus residuos a través del compost y vermicompost para satisfacer la demanda de fertilizantes inorgánicos y generar sistemas agrícolas sostenibles. Se menciona, además, que es una práctica sostenible debido a diversos enfoques, por ejemplo, la reducción en la degradación del suelo, minimización volumen de residuos, etc., sumado a ello también indican que genera un efecto positivo en el crecimiento, rendimiento y aumento de la biomasa en los cultivos (maíz). Entre las razones del efecto anteriormente mencionados, se podría deber a una serie de diversos factores físicos, biológicos y microbianos. Por último, se menciona la importancia de estabilizar el compost, sobre todo las que emplean estiércol, ya que, podrían generar repercusiones como la escorrentía y eutrofización. (Jack & Thies, 2006)

En el siguiente estudio se compara y analiza tres métodos de gestión de residuos sólidos: la incineración, los vertederos y el compostaje. Se menciona que los

vertederos tienen un tiempo de vida limitado, y no llegarían a abastecer la demanda del volumen producido. Además, son muy costosos en construcción y operación generando así que sea poco accesible por parte de la población. La incineración es otra de las alternativas que contribuye a la reducción de la cantidad de desechos, siendo así el segundo método más común, sin embargo, se menciona que las cenizas pueden contener metales pesados o compuestos orgánicos como las dioxinas. El compostaje tiene una ventaja con respecto a los anteriores ya que la mayoría de los residuos de las ciudades de estudio de la India están compuestas de 70-80% de materia orgánica, suciedad y polvo. Por último, el autor concluye que ninguno de los tres métodos está libre de problemas, sin embargo, de los tres métodos, el compostaje sería el más factible desde el punto de vista económico y ambiental. (Narayana, 2009)

En este estudio, se evaluó la estabilidad y la madurez del vermicompost utilizando como sustrato los residuos de varios alimentos y la aplicación de lombrices de tierra (*Eisenia Fetida*). Como variables experimentales se analizaron los parámetros químicos de EC, pH y C: N. Sumado a ello, se realizó un bioensayo de germinación utilizando la semilla del berro. Así, los resultados de las variables fueron EC; 7,5-4,9 mS/cm, pH; 5,6-7,53, 30,13-14,32%, C:N; 12,8-58,4%. El índice de Germinación (GI), demostró que el vermicompost tuvo un comportamiento fitotóxico a la semilla estudiada. Por último, se concluye que las pruebas de estabilidad son independientes a la calidad del vermicompost, es decir no garantiza la calidad y eficiencia de este mismo. (Majlessi y otros, 2012)

El objetivo del trabajo realizado en el Municipio de Coroico Departamento de La Paz-Bolivia, fue evaluar la biotransformación de los residuos orgánicos, de restos de cocina (Rc), pulpa de café (Pc) y cartón (C) mediante métodos de compostaje y vermicompostaje. La cantidad de sustrato inicial estudiado en compostaje fue de 1m³ y vermicompostaje de 0,02m³ llegando a culminar la investigación en 120 días. Los resultados en descomposición se obtienen en menor tiempo mediante el método vermicompostaje en Pc con tiempo de tres meses de un 98.33% seguido por el C y Rc; mientras en compostaje fue el tratamiento con Rc de 3 meses con 3 semanas con un 90.40% de descomposición, seguido por Pc y C. (Paco y otros, 2012)

En el siguiente trabajo experimental, se realizaron técnicas como el compostaje y el vermicompostaje para transformar los residuos sólidos orgánicos en abonos

orgánicos, cuyas características físicas, químicas y biológicas inciden directamente en el mejoramiento del suelo y en el crecimiento de las plantas. El sustrato utilizado para alimentar a las lombrices debe pasar por un periodo previo de compostaje, conocido como precompostaje, este proceso se dio durante 8 semanas antes del transcurso de vermicompostaje. También dan a conocer que el precomposteo de 0 a 2 semanas favorece la reproducción y el de 3 a 7 semanas favorece el crecimiento individual de las lombrices. En síntesis, el mejor tratamiento fue el pre-composteo de 2 semanas, debido a que favorece la reproducción y el aumento del peso promedio de la lombriz. (Durán y otros, 2013)

En este estudio se desarrolla la temática del compost y vermicompost centrándose en la concentración y disponibilidad de metales que estos podrían generar, ya que, ambos son los métodos más utilizados en la gestión de residuos debido a los costos operacionales y a la menor contaminación que generan a comparación de otros métodos como el relleno de tierras y la incineración. Por otro lado, se menciona que, pese a ser el vermicompost una técnica mejorada para estabilizar los residuos, todavía no se ha resuelto la presencia de los metales pesados finales en estos mimos, por lo cual, es un tema que todavía requiere mayor investigación. (Mohee & Soobhany, 2014)

El siguiente estudio tuvo por objeto de evaluar abonos orgánicos provenientes de residuos de cosecha y plazas de mercado de Popayán, utilizando plantas de repollo y lechuga. Se elaboraron pilas de compost separadamente y se analizó cada compost para determinar contenido de nutrientes. Se aplicó compost en dos etapas de cultivo como fertilizante. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, T0: Testigo, sin abono; T1: compost elaborado de pulpa de café, troncho de plátano y gallinaza y T2: compost elaborado con residuos de plazas de mercado. Las pruebas fisicoquímicas del compost cumplieron la norma NTC 5167 y la diferencia radicó en que T1 es fuente de K y P y T2 de N; la aplicación del compost al suelo mejoró pH, M.O y CIC; la ganancia promedio en peso para los cultivos supero el 300%; los análisis microbiológicos cumplieron los parámetros de INVIMA de control y vigilancia de calidad de productos alimenticios. Se concluyó que los materiales utilizados para producción de compost. (Muñoz y otros, 2015)

En este estudio se evaluó el efecto de la lombriz roja californiana en la concentración de macronutrientes (Nitrógeno, fosforo, y potasio) en el compost producido a partir

de los residuos sólidos orgánicos municipales del distrito de El Porvenir El proceso consistió en colocar 10 kg de residuos en cada una de las 3 composteras con diferentes cantidades de lombrices: 50-100-150 y además un grupo control sin tratamiento, con 2 réplicas cada tratamiento. El proceso de compostaje se realizó durante 75 días, durante los cuales se controló el pH (potencial de hidrogeno) a 7,5 y temperatura que se mantuvo desde 18°C hasta 50°C a partir de cual comenzó a disminuir hasta 24°C. En los resultados se mostró que la mayor concentración de macronutrientes fue para las muestras que se trataron con 150 g de lombrices, encontrándose: N (3.92%), P (1.82%) y K (3.92%). Por tanto, se concluye que la lombriz roja californiana presenta efecto en la concentración de macronutrientes en compost. (Vásquez, 2017)

De la misma manera, en este trabajo de investigación, se utilizó abonos orgánicos para la producción de la lechuga variedad salinas abonos humus de lombriz, estiércol de ovino y compost, estos abonos que se encuentran al alcance de los agricultores. El efecto de los tres abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de la lechuga fue el A3 (Humus de lombriz) con 37.6 TM/ha, ocupando como primer lugar de abonos y seguido por el A2 (Estiércol de ovino) que logra alcanzar 37.3 TM/ha, y por último A1 (Compost) alcanzando con un valor de 35 TM/ha. En la altura de la planta, presenta el A3 alcanzando una media de 13.1 cm seguido con el abono A1 que fue 12 cm y por último el A2 alcanzando 12 cm de altura. En la formación de cabeza que destaca el A3 con 98 %, seguido el A2 que dio 94 % y por último A1 que llega alcanzar 93 %, en el cultivo de lechuga variedad salinas con los tres abonos orgánicos. La relación beneficio costo el A2 de 2.7, seguido por el A1 con un valor de 2.6 y por último el A3 alcanzando un valor de 2.5, siendo los tres abonos indicándonos que es rentable. (Choque, 2018)

En la siguiente investigación, se realizó un diseño factorial con compost que diferían en madurez (fresco, intermedio, maduro), los cuales, se agregaron al suelo estéril y vivo para investigar el rol de las características abióticas y bióticas de los compost en la comunidad microbiana y en el crecimiento del trigo. Se encontró, que los cambios en la comunidad microbiana del suelo se debieron a la entrada de microorganismos. Por lo tanto, este estudio informa que los microorganismos asociados al compost son esenciales para modificar la comunidad microbiana, pero pueden no beneficiar el crecimiento de los cultivos. (YujiaLuo y otros, 2022)

En este trabajo se investigó el efecto de los parámetros del extracto de compost generado en el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Para generarlo, se sometió a tres parámetros de procesamiento (proporción de compost en agua, tiempo de aplicación y temperatura del agua) a diferentes niveles. El extracto de compost producido se utilizó para la producción de *Amaranthus* y *Celosia* a través de fertirrigación. Los resultados mostraron que los valores más altos de crecimiento y parámetros de rendimiento se obtuvieron en hortalizas con fertirrigación de extracto de compost en comparación con el control. Los parámetros máximos de crecimiento y rendimiento se dieron con relación agua de 1: 3, remojó durante 72 h a una temperatura del agua de 25 ° C. Por lo tanto, se demostró que el extracto de compost es muy adecuado para la producción en la agricultura y que las dosificaciones pueden variar el desarrollo y crecimiento del cultivo. (Viernes & Akinfemi, 2021)

En este estudio nos habla sobre las condiciones ambientales y microorganismos adecuados para la obtención de humus de calidad y su efecto en el suelo agrícola, el cual indica que pueden utilizar el vermicompostaje con diversas especies de lombrices, para obtener un humus de calidad, las más eficientes y comercializadas son las lombrices rojas, dentro del grupo, especies resaltantes son la *Eusenia andrei* y la *Eusenia foetida*, también llamadas lombrices roja californiana y lombriz tigre. Además, para lograr un desarrollo adecuado de las lombrices hay factores ambientales importantes que interactúan como la temperatura, humedad, estructura del sustrato, pH y conductividad, condiciones ambientales para su obtención de calidad. (Canchari & Soto, 2020)

En el siguiente trabajo de investigación se dió la elaboración de humus de lombriz (*Eisenia Foetida*) a partir de compostaje de residuos sólidos orgánicos municipales en el distrito de San Roque de Cumbaza región San Martín, está basada en la tecnología de techo a dos aguas para mejorar el rendimiento digestivo de las lombrices y obtener un humus de muy buena calidad y cantidad que garantice la demanda de parte de los agricultores, investigación experimental, con una muestra de 500 kg para cada cama compostera, que representa el 25% de la población de estudio, este proceso se realizó durante un periodo de cuatro meses, donde el primer mes se logró una producción de 110 kg, 250 kg, 450 kg y el cuarto mes se produjo 600 kg de humos haciendo un total de 1410 kg de humus de lombriz roja californiana. Como también, muestran las características nutricionales del humus obtenido,

respecto a las concentraciones químicas se obtiene el 33.61% es de materia orgánica, el 1.96% es Nitrógeno total, 0.46% de Fósforo, el 0.77% de Potasio, el 5.63% de Calcio y 0.65% de Magnesio, así mismo, se muestra los parámetros expresados en partes por millón, el fierro con 3456 ppm, el Zinc con 98 ppm y el manganeso con 263.56 ppm, indicando una composición química muy buena para tener las condiciones óptimas de un abono orgánico. (Del Castillo & Díaz, 2021)

Asimismo, en el presente trabajo se determinó la influencia del compost de residuos sólidos orgánicos domiciliarios en el rendimiento del Zea mays “maíz” en el caserío Santa Rosa de Cocayacu, distrito Rioja, departamento San Martín. Para ello, se realizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos y tres repeticiones, con una incorporación de 225, 300 y 375 g. de compost por planta y un testigo (T0), además, se realizó un análisis del fertilizante (compost) obteniendo como resultado, materia orgánica 21,93%, pH 7,47 y N-P-K de 1,70% – 0,15% - 1,11% respectivamente, el procesamiento de datos de las variables se determinó mediante el análisis de varianza y comparaciones múltiples de Tukey al 95% de confiabilidad. Los resultados indican que existe diferencia significativa entre los tratamientos. (Huamanta, 2020)

En este trabajo, se recalca la importancia de aprovechar los residuos orgánicos, para ello, realiza la investigación de crianza de lombrices rojas en diferentes sustratos de desarrollo biológico, en el cual los objetivos propuestos fueron la determinación de la influencia del tipo de sustrato en el incremento de cocones y biomasa de la lombriz roja, la estimación del grado de asociación entre número de lombrices, número de cocones, longitud y biomasa en diferentes tratamientos de sustrato. Así mismo se evaluaron la temperatura, humedad y pH cada dos días, y la del número de lombrices, cocones, longitud y biomasa fue cada 12 días. (Gutiérrez y otros, 2020)

Así mismo, en la misma provincia de Huancayo se evaluó la calidad del compost a partir de la mezcla de 4 tipos de residuos orgánicos: estiércol de vaca, estiércol de oveja, residuos de mercado y restos de cosecha, con la aplicación de 3 dosis de “Microorganismos Eficaces” (EM) al 5 %, con 12 composteras de 0.8 m x 0.6 m, los resultados permitieron determinar que los parámetros: humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, relación C: N, cromo y plomo, se encuentran dentro de los estándares de compost de calidad, según la Norma Técnica Chilena, FAO, IIAP-

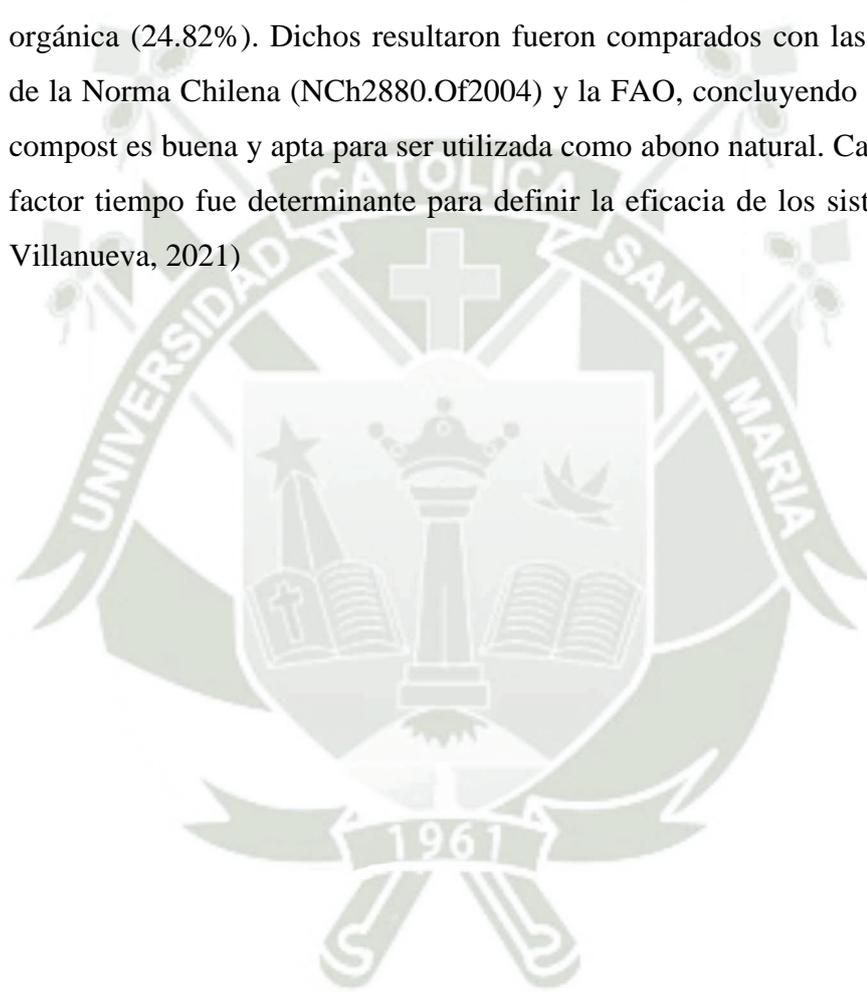
Iquitos y EPA Australia. Y se pudo observar que la aplicación de EM al proceso de compostaje incrementó el contenido de humedad, conductividad eléctrica, calcio, cobre, zinc, relación C:N, cadmio y cromo en el compost obtenido, respecto al compost sin aplicación de EM. (Huaman, 2020)

La siguiente investigación, tuvo como objetivo determinar el efecto de la aplicación de humus de lombriz (HL) y crema de algas marinas (AM) sobre el rendimiento y rentabilidad de frutos de sandía var. Santa Amelia en la Irrigación San Camilo, Arequipa - Perú. Se estudiaron tres niveles de HL: 4 t·ha⁻¹ (HL4); 8 t·ha⁻¹ (HL8); 12 t·ha⁻¹ (HL12); y dos niveles de AM: 2 litros·ha⁻¹ (AM2) y 4 litros·ha⁻¹ (AM4) de cuya combinación surgen 6 tratamientos en diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), con arreglo factorial 3 x 2. El HL fue incorporado al suelo en dosis completa a 30 días de la siembra a pie de planta en forma localizada; AM fue aplicado vía foliar a 30 y 60 días de la siembra. El mayor rendimiento se logró con el tratamiento HL8AM2 (48,62 t·ha⁻¹), con peso promedio de 9,2 kg·fruto⁻¹; sin embargo, la mayor rentabilidad del cultivo se consiguió con HL4AM2 (124%). (Sarmiento y otros, 2019)

En la Estación Experimental Agrícola de Chachapoyas, de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM) de Amazonas (Perú), se ejecutó el estudio de evaluar efectos de algunos sustratos utilizados en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*) para mejorar su producción. Los sustratos utilizados fueron: estiércol de vacuno, estiércol de cuy, estiércol de gallina, pluma y sangre bovina; y se llevó a cabo por el método experimental con nueve tratamientos y tres repeticiones, dispuestos en un diseño completamente al azar durante 60 días. Los resultados infieren que en la alimentación de la lombriz se pueden lograr mejoras tanto, al peso corporal, la densidad poblacional y el contenido proteico de la harina, lo que no se podría afirmar en lo concerniente a la composición química del compost cuyos resultados son inferiores a los logrados en otros trabajos similares. (Chávez y otros, 2019)

En esta investigación, se evaluaron dos sistemas de compostaje, para ello, se realizó la caracterización de los residuos sólidos orgánicos del centro de abastos “Virgen de Copacabana” en Islay, Arequipa. Se realizó un solo tratamiento (60 % de residuos de frutas y verduras y 40% de residuos de poda). El primer sistema de compostaje se realizó a base de pilas y el segundo sistema se elaboró en base a un contenedor

cerrado (compostador). Se evaluaron los parámetros: temperatura, humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, relación carbono-nitrógeno y coliformes termo tolerantes con tres repeticiones. Los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos muestran que, para el sistema cerrado, el pH fue de 7.81, resultó moderadamente salino en C.E (8.36 dS/m) y alto en materia orgánica (26.61 %). El sistema abierto presentó un pH (7.93), moderadamente salino con C.E. (8.96 dS/m) y muy alto en contenido de materia orgánica (24.82%). Dichos resultados fueron comparados con las especificaciones de la Norma Chilena (NCh2880.Of2004) y la FAO, concluyendo que la calidad de compost es buena y apta para ser utilizada como abono natural. Cabe resaltar que el factor tiempo fue determinante para definir la eficacia de los sistemas. (García & Villanueva, 2021)



2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Abonos orgánicos

El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él. Es un proceso controlado y acelerado de descomposición de los residuos, que puede ser aeróbico o anaerobio, dando lugar a un producto estable de alto valor como mejorador del suelo. (Ramos & Terry, 2014)

Tabla 1

Clasificación de los Abonos Orgánicos

Fuente de nutrimentos	Grado de procesamiento	Sólido	Líquidos
Materia orgánica	Sin procesar	Residuos vegetales -Residuos de cosecha -Residuos de poda -Residuos de postcosecha Residuos de animales -Estiercoles frescos -Residuos de mataderos y otros	Efluentes -Pulpa de café -Desechos de origen animal – otros residuos líquidos
	Procesados	Coberturas -Abonos verdes y mulch -Compost -Lombricompuesto -Bocashi -Ácidos Húmicos	-Biofermentos -Té de compost -Ácidos Húmicos -Té de estiércol -Extracto de algas

Fuente: Ramos & Terry, (2014)

2.2.2. Compost

El compost es un abono orgánico que resulta del compostaje, el cual es un proceso biológico de transformación de la materia orgánica a través de diversos métodos y técnicas con microorganismos. También está relacionado al proceso de conversión de residuos orgánicos de origen urbano, industrial, agrícola, forestal etc. y está constituida por materia orgánica estabilizada y no se puede determinar cuáles fueron los residuos iniciales, ya que se alcanza un nivel alto de degradación generando partículas pequeñas y simples. Así, para llevar a cabo este proceso, se requieren ciertas condiciones reguladas de temperatura,

humedad, aireación, etc. debido a que es realizado por una comunidad microbiana variada.

El compost es muy importante ya que se lo considera como un alimento inicial en la cadena trófica, promueve el crecimiento y la actividad biológica de la biota del suelo a través de su sustrato asimilable, por lo que, se los considera un factor clave en la productividad de los agroecosistemas, así como un excelente factor de conservación y protección del recurso suelo. (Huacho, 2019)

2.2.2.1. Pila de Compostaje

Es un sistema dinámico donde se dispone el material a compostar en hileras o pilas, formando una sección triangular, estas son volteadas en repetidos periodos de tiempo a lo largo del proceso. El volteo tiene como principal función oxigenar el material y provocar un elevado grado de mezcla. Para el desarrollo de las dimensiones de la pila se debe tener en cuenta el material y el equipo de volteo. La altura es un parámetro limitante, ya que si el peso es muy excesivo podría generar una compactación, por lo cual, se suele utilizar comúnmente una altura entre 1.2 a 1.8 m, y un ancho de 2.4 a 3.6 m. La longitud de la formación de la pila sólo queda limitada por las dimensiones o la distribución de la planta. (Suni, 2018)

2.2.2.2. Estabilidad Compost

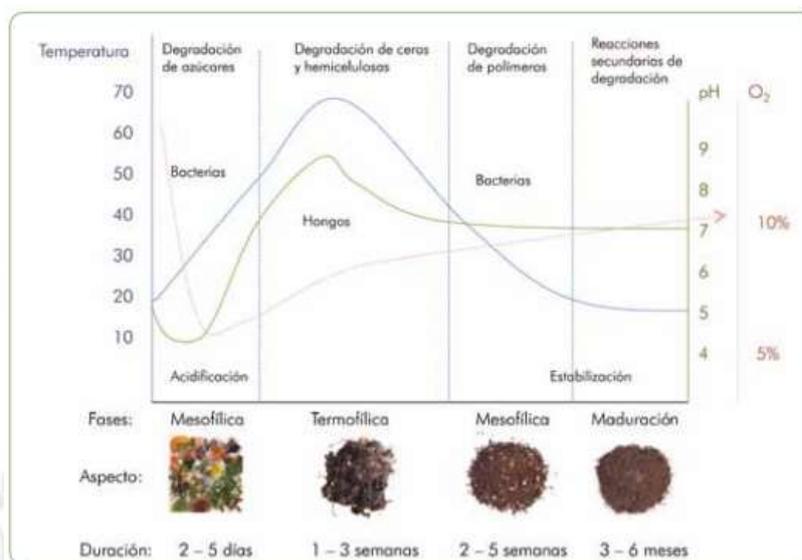
Se relaciona con la disminución de carbono degradable y la actividad microbiana (a mayor estabilidad, menor degradabilidad y actividad microbiológica), mientras que la madurez se refiere a la finalización efectiva del proceso de compostaje en un producto sin sustancias fitotóxicas que puedan afectar el crecimiento vegetal. Los indicadores de estabilidad son la disminución de la temperatura, cambio de olor hacia uno más agradable y cambio de color a oscuro. Ambos términos mencionados son parámetros complementarios fundamentales que ayudan a determinar la calidad de un compost para su utilización como enmienda orgánica. (Torti y otros, 2019)

2.2.2.3. Fases del Compostaje

Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, en:

- Fase Mesófila. El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. (Roman y otros, 2013)
- Fase Termófila o de Higienización. Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella*. (Bueno, 2008)
- Fase de Enfriamiento o Mesófila II. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.
- Fase de Maduración. Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. (Roman y otros, 2013)

Figura 1
Fases de Compostaje



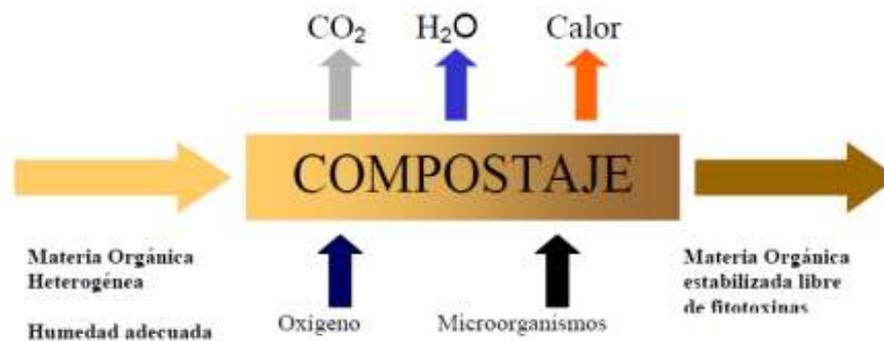
Fuente: Román, Martínez, & Pantoja, (2013)

2.2.2.4. Rutas bioquímicas del proceso de compostaje

Las rutas bioquímicas del vermicompostaje y precompostaje, vienen ser iguales a las rutas del proceso de compostaje, por lo tanto, se describen de la siguiente manera:

Descomposición, mineralización y humificación

La materia orgánica es biotransformada en condiciones aerobias, mediante reacciones de óxido reducción catalizadas por enzimas microbianas. En este proceso, los microorganismos utilizan la materia orgánica como nutriente para su desarrollo, produciendo su descomposición hasta moléculas orgánicas e inorgánicas más sencillas, y la humificación, en las que se crean nuevas macromoléculas a partir de moléculas sencillas formadas en la descomposición, o se transforman de alguna de las moléculas iniciales.

Figura 2*Esquema de un proceso de compostaje***Fuente: Durán & Henríquez, (2009)**

El proceso en conjunto produce calor, CO₂, H₂O y humus, cuya característica más destacable es su mayor resistencia a posteriores procesos de descomposición. Aunque los productos finales de la descomposición aeróbica y mineralización son los mismos (CO₂, H₂O, NO₃⁻¹, SO₄⁻²), la descomposición implica la formación de una serie de compuestos orgánicos intermediarios, que no se producen en la mineralización, por lo que las sustancias húmicas se pueden originar a partir de procesos de descomposición y no de mineralización.

La humificación es un proceso básico durante el compostaje de la materia orgánica, y a medida que pasa el tiempo el porcentaje de sustancias húmicas se incrementa frente al total de materia orgánica (Rivero, 2014).

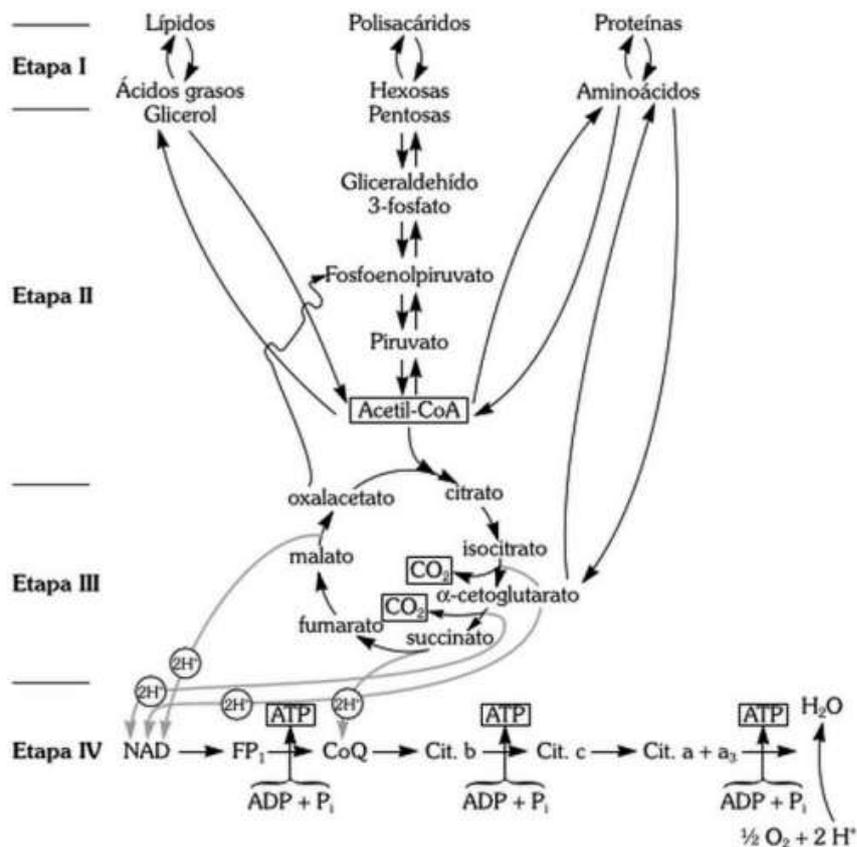
Requerimientos nutricionales

La mayoría de los microorganismos utilizan una serie de macro y micronutrientes en formas químicas sencillas, que pueden atravesar las membranas plasmáticas mediante diferentes mecanismos de transporte. Estos nutrientes deben encontrarse en las formas químicas que son asimilables por los microorganismos, y si esto no sucede, deben ser biotransformados en compuestos metabolizables. Dentro de las rutas catabólicas las diferentes fuentes nitrogenadas, carbonadas, son biodegradadas para obtener la energía necesaria que permita la construcción de polímeros celulares durante el anabolismo. Cuando las fuentes de nutrientes son polímeros de origen vegetal o animal, éstos deben ser degradados por una serie de enzimas extracelulares

que son producidas por un número limitado de microorganismos (Rivero, 2014). Las enzimas secretadas al medio externo que catalizan la hidrólisis de los polímeros como la celulosa, hemicelulosa, lignina, proteínas, son fundamentales para que estas sustancias puedan biodegradarse y biotransformarse durante el compostaje. Una vez producida la hidrólisis de las macromoléculas a sus monómeros, éstos son transportados al interior de los microorganismos, y se produce su metabolización por medio de enzimas intracelulares (Casco & Herrero, 2008). Las enzimas secretadas por estos microorganismos producen la liberación de las fuentes básicas de nutrientes, que permiten el crecimiento de estas especies, así como de otros microorganismos que pueden utilizar esas fuentes básicas y otros nutrientes presentes durante el compostaje, capaces de degradar los materiales presentes en la mezcla, para dar lugar al compost final. La degradación de la celulosa está catalizada por las celulasas que constituyen un sistema enzimático complejo, que participan en diferentes transformaciones durante la hidrólisis del polímero. Se describen tres tipos mayoritarios de actividades enzimáticas de este complejo: endoglucanasas que cortan internamente las cadenas de celulosa en diferentes sitios produciendo oligosacáridos de diferentes tamaños; exoglucanasas que producen una liberación progresiva de glucosa o celobiosa como productos mayoritarios a partir de la celulosa o los oligosacáridos producidos por las endoglucanasas; y Bglucosidasas responsables de catalizar la degradación de la celobiosa y otros oligómeros relativamente pequeños a glucosa (Rivero, 2014). La celulosa y hemicelulosa se encuentran asociadas y embebidas dentro de la lignina, lo que limita la acción de celulasas y hemicelulasas, es decir que la lignina debe ser degradada, lo que implica la necesidad de enzimas ligninolíticas. Otros componentes vegetales como ceras, almidones y sustancias pécticas, también son degradados por diversas enzimas secretadas por microorganismos. Las proteínas son degradadas por proteasas y peptidasas que cortan en diferentes enlaces peptídicos produciendo aminoácidos, que pueden ser utilizados directamente o transformados, y que junto con los nitratos y el amonio presentes son la fuente fundamental de compuestos nitrogenados (Casco & Herrero, 2008).

Figura 3

Esquema de un proceso de compostaje



Fuente: Román, Martínez, & Pantoja, (2013)

2.2.2.5. Calidad del Compost

Parámetros para determinar la calidad de compost. Según Huamán, “muestra la comparación de Parámetros para determinar la calidad de compost de diferentes entidades” (Huaman, 2020).

Tabla 2

Parámetros para determinar la Calidad de Compost

Parámetro	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	Autoridad de Protección Ambiental (EPA)-Australia	Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)-Iquitos	Norma Técnica Chilena 28-80*
CE (ds.m ⁻¹)	-	-	2-4	3 ^A , 8 ^B
pH	6.5-8.6	-	7.0-8.3	5.0-8.5

Materia Orgánica (%9)	≥20	-	-	≥20
Humedad (%)	30-40	-	-	30-45
Nitrógeno total (%)	0.3-1.5	-	0.8-1.5	≥0.5
P2O5(%)	0.1-1.0	-	0.4-1.0	-
K2O(5)	0.3-1.0	-	0.6-1.5	-
CaO (%)	-	-	2-6	-
MgO (%)	-	-	0.2-0.7	-
C:N	10:1-15:1	-	-	≤25 ^A , ≤30 ^B
Cu (ppm)	-	150	-	100 ^A , ≤1000 ^B
Zn (ppm)	-	300	-	200 ^A , ≤2000 ^B
Pb (ppm)	-	150	-	100 ^A , ≤300 ^B
Cd (ppm)	-	1	-	2 ^A , 8 ^B
Cr (ppm)	-	100	-	120 ^A , 600 ^B

*A, B compost de Clase A y B respectivamente.

Fuente: Huamán, (2020)

2.2.3. Precompostaje

Este término es poco empleado, según Karwal & Kaushik hace referencia a un proceso de tratamiento previo al compost el cual es generalmente aplicado a la lombricultura. Este proceso puede durar varias semanas o días antes de introducir las lombrices de tierra, dependiendo de las dimensiones de las pilas, cantidad y tipo de residuos. (Karwal & Kaushik, 2020)

Es conocido también como termocompostaje ya que, comprende un período corto de tratamiento a alta temperatura seguido de un período de temperatura más baja, lo que facilita la reducción de masa, la estabilización de desechos, el pH, la humedad y la reducción de patógenos. Por otro lado, se menciona que las desventajas podrían ser la larga duración del proceso, la aireación frecuente requerida, la pérdida de nutrientes (por ejemplo, gasificación o volatilización de nitrógeno) y un producto final heterogéneo. (Nair y otros, 2006)

Sin embargo, varios estudios han recomendado este proceso, debido a que durante el proceso de descomposición inicial (termofílico) se generan algunos gases tóxicos y calor, que pueden ser letales para las especies de lombrices de tierra durante el proceso de vermicompostaje. Por lo tanto, el precompostaje de varios sustratos orgánicos es un paso primario y crucial antes del vermicompostaje para el funcionamiento efectivo de las especies de lombrices de tierra. (Karwal & Kaushik, 2020)

2.2.4. Vermicompost

El vermicompost o lombricultura es una actividad agropecuaria y consiste en la crianza técnica de lombrices en cautiverio cuyo objetivo inmediato es la producción de humus de lombriz el cual es un abono enteramente orgánico, y adicionalmente en mayor cantidad de lombrices que se denominara Pie de cría o Biomasa de lombrices que constituyen una importante fuente de proteína. (Reyes & Guillén, 2004)

2.2.4.1. Importancia del vermicompost

La importancia de la lombricultura o vermicompost es la producción de humus para la mejora de los suelos y como fuente de nutrición para las plantas. La lombricultura se desarrolla con el manejo de desechos orgánicos, siendo una buena solución para evitar problemas de acumulación de materia orgánica y producir abono de calidad. (Alemán & Reyes, 2017)

2.2.4.2. Descripción de la lombriz roja californiana – *Eisenia Foetida*

Las lombrices rojas californianas desempeñan un papel importante en la formación del suelo, son considerados ingenieros biofísicos del suelo, el color rojo oscuro permite mezclarse dentro de la tierra y los desechos orgánicos. Son organismos invertebrados y colonizadores naturales de material orgánico. (Vélez, 2020)

Tabla 3

Taxonomía de la Eisenia Foetida

Reino	Animal
Phyllum	Annelida
Clase	Oligoqueta
Orden	Haplotaxida

Familia	Lombricidae
Genero	<i>Eisenia</i>
Especie	<i>E. foetida</i>

Fuente: Vélez, (2020).

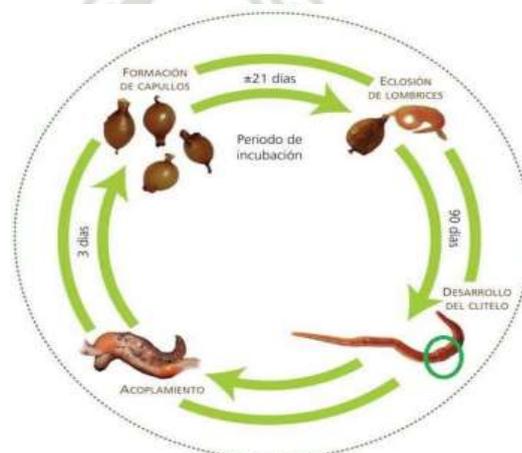
2.2.4.3. Características Generales de la Lombriz roja californiana

La especie (*Eisenia Foetida*) mide entre 6 y 10 cm de largo, tiene 3 a 5 milímetros de diámetro y pesa de 0,24 hasta 1,4 gramos. Se trata de una especie bastante rústica, aunque no soporta la luz solar directa. En general se aparea cada siete días y de la unión se deposita una cápsula con 2 a 20 nuevas lombrices que emergen después de dos a tres semanas. Estos nuevos individuos maduran sexualmente a los dos o tres meses. Las lombrices avanzan excavando el terreno que habitan a medida que comen. Así, reciclan a través de su tracto intestinal la materia orgánica. Esta materia es degradada hasta su último estado de descomposición por efecto de los microorganismos y recibe el nombre de humus. (Poblete, 2010)

2.2.4.4. Reproducción de la *Eisenia Foetida* is a

Las lombrices de tierra *Eisenia Foetida* exhiben un cuerpo relativamente simple. Son hermafroditas incompletas simultáneas con inseminación recíproca capaces de auto fecundarse cada 7 días aproximadamente, lo que las hace fáciles de mantener en condiciones de laboratorio para estudios de reproducción.

Figura 4
Ciclo Reproductivo de la Eisenia Foetida



Fuente: Durán & Henríquez, (2009)

El crecimiento y reproducción de la lombriz *Eisenia Foetida* están directamente relacionados con el tipo de sustrato en el cual vive y se desarrolla. El tipo de sustrato en que crecen las lombrices influye tanto en el peso como en su reproducción, para lo cual parece existir una relación inversa entre ambas variables: lombrices de mayor peso se relacionaron con menores tasas de reproducción. (Durán & Henríquez, 2009)

2.2.4.5. Factores a tener en cuenta en la plantación de Lombriz Roja Californiana

- **Iluminación:** La lombriz es muy sensible a los rayos ultravioletas que le ocasionan la muerte, por ello es recomendable ubicarlas en lugares que haya sombra o en lugares cubiertos.
- **Humedad:** La humedad de los canteros se debe mantener del 75% al 80% ya que está debajo del 70% son desfavorables para la cría y debajo de 55 son niveles de muerte.
- **Temperatura:** La ideal está entre 15-24°C lo más cercano posible a lo corporal de la lombriz que es de 19°C por encima de 30°C resiste bien la temperatura, pero lo hace a costa de una menor producción y descenso en la producción de humus.
- **PH:** Es un factor determinante de una buena plantación de lombricultura es tener un PH comprendido entre 6.5 y 7.5 y siendo los valores óptimos que se encuentren entre 6.8 y 7.2.
- **Aireación:** La lombriz requiere aire para su proceso vital y por lo tanto es necesario remover los canteros o lechos con rastrillo por lo menos cada siete días. (Reyes & Guillén, 2004)

2.2.5. Humus

Es un material similar a la tierra, producido a partir de residuos orgánicos, alto en nutrientes y utilizado comúnmente como mejorador de suelos o sustituto de fertilizantes. (Morales, 2011)

Es la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos en el cual la lombriz excreta 60% para el abono

orgánico y el 40 % son asimilados y se convierte en biomasa de lombriz. (Alemán & Reyes, 2017)

2.2.5.1. Obtención del Humus

Al igual que el compost maduro, el producto final es materia orgánica, pero son las lombrices quienes realizan el proceso con ayuda de los microorganismos; para la obtención de vermicompost, la especie de lombriz que comercialmente más se emplea es *Eisenia Foetida* conocida comúnmente como la lombriz roja californiana, a pesar de ser originaria de Europa. (Vintimilla & Saltos, 2019)

2.2.5.2. Características del Humus

- Material de estructura granular
- Color café oscuro a negruzco
- Inodoro
- Uniforme
- Poroso
- PH neutro. (Vintimilla & Saltos, 2019)

Los análisis químicos que se han hecho del humus de lombriz dan contenidos altos de nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio y micronutrientes. La tabla 4, se muestran los componentes fisicoquímicos del humus de lombriz, obtenidos en análisis realizados a muestras de lombricompost, mencionados por Raxcaco según. (Maddaleno, 2005)

Tabla 4

Componentes Fisicoquímicos del Humus de Lombriz

Componentes fisicoquímicos	Contenido
pH	6.5-7
Textura	Franca arenosa
Capacidad de Intercambio catiónico	52.5%
Conductividad eléctrica	5.4
Humedad	30-60%
Materia orgánica	12-20%
Estructura	Granular agregada
Densidad aparente	1.21.4 gr/cc
Nitrógeno total	1.5-2.5%

Fósforo total	1.075 ppm
Potasio total	6.28 meq/100gr
Calcio	25.01 meq/100 gr
Hierro	146.64 ppm
Zinc	39.68 ppm
Magnesio	21.35 meq/100 gr
Manganeso	74.96 ppm
Boro	1.28 ppm
Cobre	5.4 ppm

Fuente: Maddaleno, (2005).

2.2.6. Fundamento científico del plazo de obtención del abono

Debido a que el compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno) se debe tener en cuenta el tiempo de duración de cada una de las fases. Al iniciar, el material de partida inicia a temperatura ambiente y en pocos días e incluso en horas, la temperatura aumenta hasta los 45°C. por lo que, dura pocos días (entre dos y ocho días). Según Juárez, la siguiente fase, mesófila, puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores debido a que, los microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube y aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos (Juarez, 2018). La siguiente fase, mesofila II, requiere de varias semanas debido a que, las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje se agotan continuando la degradación de polímeros como la celulosa. Según diferentes autores, la fase de enfriamiento demora 4 semanas a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos, (Barrientos Ramos & Rojas Cabrera, 2020).

Para comprobar que el compost ha entrado en fase de maduración, el material, aun húmedo no aumenta de temperatura nuevamente a pesar de que se realice el volteo. Sin embargo, existen también otras pruebas que se realizan para comprobar esta fase: Si se tiene acceso a un laboratorio se puede realizar una prueba de respiración o de autocalentamiento. Si no hay esa posibilidad, se deben tomar varias muestras (mínimo 3 muestras) representativas del tamaño de

la pila para analizar el aspecto y olor del material compostado. Debe estar oscuro, con olor a suelo húmedo, y cuando se realiza la prueba del puño, no debe mostrar exceso de humedad.

2.2.7. Origen y relaciones del Trigo

El trigo se cultiva en mayor área que cualquier otro cultivo en el mundo y es un tercio del total de la producción mundial de arroz y maíz. Adaptándose en ambientes hostiles, se cultiva principalmente en áreas erosionadas por viento siendo muy áridas y frías para el cultivo del arroz y maíz. El trigo (*Triticum aestivum* L.) se originó en el suroeste de Asia. Restos de antiguas cosechas han sido encontrados en Siria, Jordania y Turquía. Esta panta llega al Perú en 1535, la cual se introdujo de manera accidental junto a algunas legumbres por Inés Muñoz, cuñada de Francisco Pizarro. Los primeros granos fueron sembrados en su jardín, y años más tarde se cultivaron en los valles de Jauja y Majes. (Loayza, 2014)

2.2.7.1. Clasificación taxonómica

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Subfamilia: Pooideae
- Tribu: Triticeae
- Género: *Triticum* L.
- Especie: *Triticum aestivum*. (Loayza, 2014)

2.2.7.2. Factores que influyen en los rendimientos del Trigo

Los factores que influyen en los rendimientos del trigo son varios:

- Preparación, tipo de suelo y su fertilidad
- Riego
- Altas temperaturas
- Época de siembra
- Densidad de siembra
- Fertilización
- Control de malezas.

Muchos investigadores han estudiado estos factores en forma individual o de conjunto; por eso merece destacar algunos por su gran afectación en los rendimientos. (Moreno y otros, 2001)

2.2.7.3. Las fases de desarrollo según la escala decimal Zadoks (Z)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, (2001):

El desarrollo es un proceso complejo en el que diferentes órganos crecen, se desarrollan y mueren, siguiendo una secuencia que a veces se superpone. Sin embargo, es más sencillo considerar el desarrollo como una serie de fases tal como en la escala Zadoks. Esta escala tiene 10 fases numeradas de 0 a 9 que describen el cultivo.

Tabla 5

Fases de desarrollo según la escala decimal Zadoks (Z)

Etapa principal	Descripción	Sub-fase	Etapa principal	Descripción	Sub-fase
0	Germinación	<i>0.0-0.9</i>	5	Espigado	<i>5.0-5.9</i>
1	Producción de hojas TP	<i>1.0-1.9</i>	6	Antesis	<i>6.0-6.9</i>
2	Producción de macollos	<i>2.0-2.9</i>	7	Estado lechoso del grano	<i>7.0-7.9</i>
3	Producción de nudos TP (encañado)	<i>3.0-3.9</i>	8	Estado pastoso del grano	<i>8.0-8.9</i>
4	Vaina engrosada	<i>4.0-4.9</i>	9	Madurez	<i>9.0-9.9</i>

Nota: TP = tallo principal Según J.C. Zadoks, T.T. Chang y C.F.

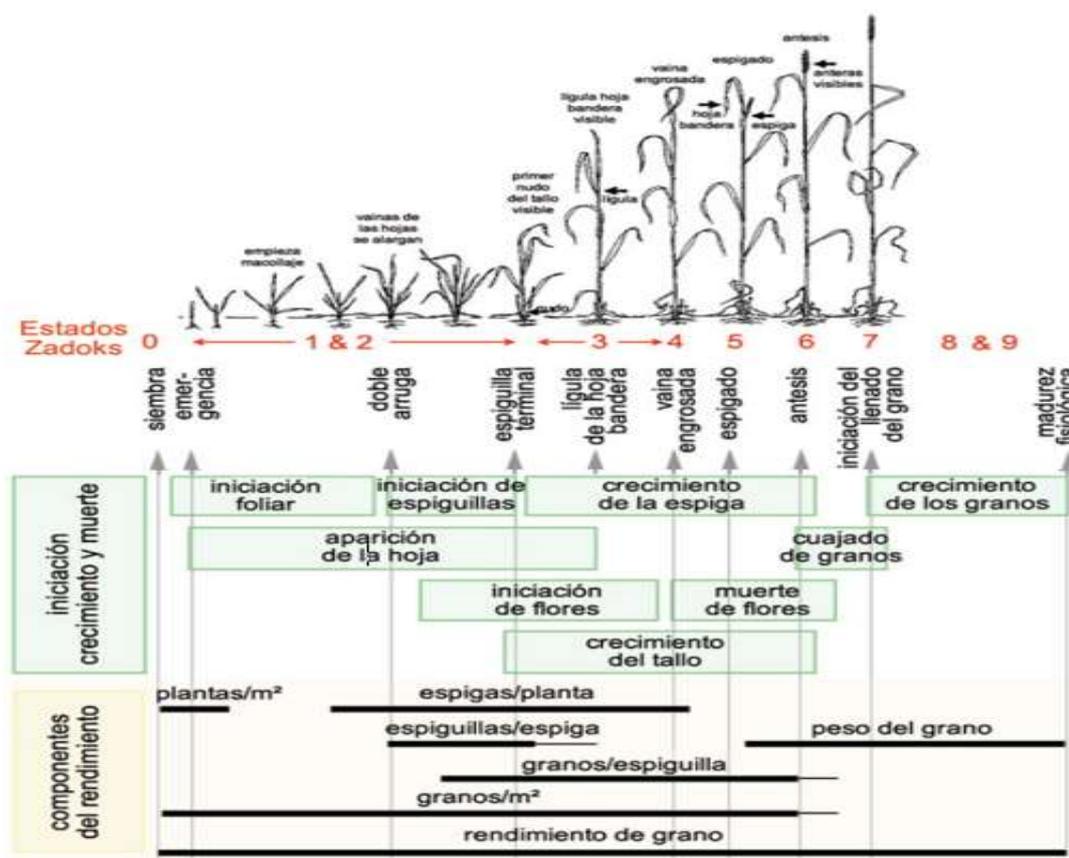
**Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAO, (2001)**

2.2.7.4. Fases en las que se determinan los componentes del rendimiento

La figura siguiente relaciona las fases externas de la escala Zadoks (en rojo) y los dos estados internos observables en el ápice, doble arruga y espiguilla terminal (ver el texto vertical). Muestra el momento en que se inician, crecen y mueren los componentes del tallo (recuadros verdes) y cuándo se forman los componentes del rendimiento (barras). Esta figura ayudará a identificar qué componentes están siendo afectados por las prácticas del agricultor en un determinado momento. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2001)

Figura 5

Componentes del Rendimiento y Fases de Desarrollo



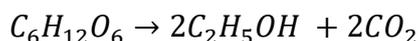
**Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAO, (2001)**

2.2.7 Generación de Metano en vertederos de residuos sólidos

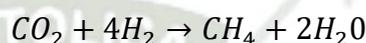
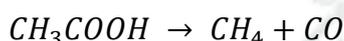
Cuando los desechos orgánicos se entierran en un vertedero, los componentes orgánicos que contienen comienzan una reacción bioquímica. En presencia de la atmósfera, es decir, cerca de la superficie del vertedero, los compuestos orgánicos naturales se oxidan aeróbicamente, una reacción similar a la combustión en la que los productos son dióxido de carbono y vapor de agua. Sin embargo, la principal reacción biológica en los vertederos es la digestión anaerobia, que se produce en tres etapas. Primero, las bacterias fermentadoras hidrolizan compuestos orgánicos complejos en moléculas solubles. En el segundo caso, estas moléculas son convertidas por bacterias acidogénicas en ácidos orgánicos simples, dióxido de carbono e hidrógeno; los ácidos producidos son principalmente ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico y etanol.

Finalmente, en la tercera etapa, las bacterias metanogénicas forman metano al dividir el ácido en metano y dióxido de carbono, o al reducir el dióxido de carbono con hidrógeno. (Nickolas J. y otros 2006). Dos reacciones representativas se muestran a continuación:

Acetogénesis



Metanogénesis



Tratamientos para la generación de Metano

El metano producido se puede capturar, convertir y utilizar como fuente de energía renovable ayudando así a reducir el olor y otros peligros asociados con las emisiones de gases por los residuos sólidos evitando que migre a la atmósfera y contribuya al smog local y al cambio climático global. Para la recolección y el procesamiento, se podrían emplear tuberías verticales y horizontales enterradas en un vertedero de RSU. A continuación, se procesa aplicando las tres etapas del tratamiento, el primario, elimina la humedad a medida que el gas pasa a través de una olla, filtro y soplador. El tratamiento secundario implica el uso de un enfriador posterior u otra eliminación de humedad adicional, seguido de la eliminación y compresión de siloxano / azufre. Después de que las impurezas se eliminan en la etapa de tratamiento secundario, este gas se puede usar para generar electricidad o como combustible. El tratamiento avanzado elimina impurezas adicionales (CO₂, N₂, O₂ y COV) y comprime el material inicial en un gas con alto contenido de Btu que puede usarse como combustible para vehículos o inyectarse en una tubería de gas. El gas residual de cola se envía a una antorcha u oxidante térmico. (EPA, 2021)

2.2.8 MARCO LEGAL

- Ley 28611, indica que toda persona tiene derecho a un ambiente saludable y equilibrado, así como el deber de contribuir a proteger el ambiente. En el Artículo 119, Del manejo de los residuos sólidos, indica lo siguiente: los

residuos sólidos de origen doméstico o comercial son de responsabilidad de los gobiernos locales. (Ministerio del ambiente, 2005)

- Ley N° 27972, , en el Artículo 80°, se establece que las municipalidades provinciales regulan el proceso de disposición final de desechos sólidos, y las municipalidades distritales del servicio de limpieza pública, rellenos sanitarios y el aprovechamiento de residuos. (Sistema Peruano de Información Jurídica, 2003)
- Decreto Supremo N° 012-2009- MINAM, “entre uno de sus lineamientos establece la promoción de la inversión en proyectos de mejora en la recolección, reciclaje y disposición final de los residuos sólidos” (Ministerio del ambiente, 2009).
- Resolución Ministerial N° 282-2003-SA/DM, Reglamento Sanitario De Funcionamiento De Mercados De Abasto Art. 41° “Eliminación de residuos sólidos”: Los residuos sólidos que se generen en cada puesto, se depositarán en recipientes de y con una bolsa de plástico en el interior para facilitar la evacuación de los residuos sólidos. (Ministerio de Salud, 2003)
- Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (D.L. N° 1278) y su Reglamento (D.S. N° 014-2017- MINAM). Busca asegurar la maximización de la eficiencia, y regular la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la minimización de la generación en la fuente, la valorización material y energética, la adecuada disposición final y la sostenibilidad. (Ministerio del ambiente, 2016)
- El DS N° 2020 MINAM modifica la norma anterior y el Reglamento de la Ley N° 29419, el cual regula la Actividad de los Recicladores, Aprobado por D.S. N° 005-2010 MINAM. en el artículo 11.2, indica que los Programas de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos deben incluir: Actividades de promoción para el aprovechamiento de residuos orgánicos y la habilitación de áreas para el compostaje, en alianza con otros actores locales como empresas privadas. (Ministerio de ambiente, 2020)



CAPITULO III

3. METODOLOGIA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACION

La investigación es de tipo experimental debido a que, obtiene datos a través de la experimentación y los compara con variables constantes; tiene un enfoque cuantitativo, porque se basa en muestras representativas de una determinada población, y se usa como herramienta estadística para analizar datos de la efectividad de los tres tipos de tecnologías (compost, vermicompost y precompostaje). Se considera también de tipo correlacional, ya que, compara la efectividad de tres tipos de abono, en el desarrollo del Cultivo de Trigo (*Triticum*) en el Distrito de Cerro Colorado.

3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACION

Por el desarrollo de la investigación, se consideró de nivel explicativo, ya que, presenta una variable independiente, y otra dependiente (Ttito, 2017).

3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizó un estudio experimental con dosificación de 250 y 500 gr de abonos obtenidos de las tres tecnologías, además se usó un abono comercial para comparar y evaluar las variables de desarrollo del cultivo de trigo (*Triticum*), asimismo, se analizó los macronutrientes antes y después de la dosificación de los tres tipos de abonos en el suelo experimental.

3.1.3.1. Factores en Estudio

Factor A: Tratamientos

- C: Compostaje
- Vc: Vermicompost
- CoVe: Precompostaje
- Ac: Abono Comercial

Factor B: Niveles

- Nivel 1: 250 gr/parcela
- Nivel 2: 500 gr/parcela
- 0: Testigo o control

3.1.3.2. Tratamientos estudiados

Con la combinación de los cuatro factores y dos niveles evaluados, se formaron 18 unidades experimentales más un testigo sin la aplicación de compost (Ttito, 2017).

Tabla 6

Tratamientos estudiados

Nivel	250 gramos		500 gramos	
	250 gramos	250 gramos	500 gramos	500 gramos
Compost	C250	C250	C500	C500
Vermicompost	Ve 250	Ve 250	Ve500	Ve500
Precompostaje	CoVe250	CoVe250	CoVe250	CoVe250
Abono comercial	Ac250	Ac250	Ac500	Ac500
Control	T0		T0	

C250: Compost en dosis 250 gr/parcela
 C500: Compost en dosis 500 gr/parcela
 Vc250: Vermicompost en dosis 250 gr/parcela
 Vc500: Vermicompost en dosis 500 gr/parcela
 CoVe250: Precompostaje en dosis 250 gr/parcela

CoVe500: Precompostaje en dosis 500 gr/parcela
 Ac250: Abono comercial en dosis 250 gr/parcela
 Ac500: Abono comercial en dosis 500 gr/parcela
 T0: Control

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3.3. Especificaciones del experimento

- Niveles en el Factor A: 4 (tratamientos) + testigo
- Niveles en el Factor B: 2 (dosis 500, 250 gr)
- Numero de Repeticiones: 2
- Total, de unidades Experimentales: 19

- Distancia entre plantas: 5 cm
- Distancia entre hileras: 5 cm
- Ancho de las parcelas: 20 cm
- Largo de las parcelas: 30 cm
- Área de las parcelas: 600 cm²
- Distancia entre repeticiones: 15 cm
- Distancia entre tratamientos: 15 cm
- Ancho del sitio experimental: 1.5 m
- Largo del sitio experimental: 3.3 m
- Área del sitio experimental: 4.95 m². (Ttito, 2017)

Tabla 7

Indicador para las Variables Dependientes e Independientes

Tipo de variable ¹		Indicador ²	Unidad de medida ³
Independiente: Características de los tipos de tecnologías	Compost	Humedad T PH Residuo orgánico Estiércol pajas	% °c Adimensional Kg Kg
	Vermicompost	Humedad T Ph Residuo estiércol Lombriz	% °c Adimensional Kg kg kg
	Precompostaje	Humedad T Ph Precompost Lombriz	% °c Adimensional Kg Kg
Evaluación de la efectividad de los tres tipos de tecnologías en el rendimiento de los cultivos agrícolas	Calidad de macronutrientes en el suelo	MO	%
		P	mg/kg
		K	mg/kg
		N	mg/kg
	Tipo de Suelo	Color de suelo	-
		Textura de suelo (Arenoso, arcilloso, franco limoso)	%
	Elementos Meteorológicos del área de estudio	Temperatura	°C
Humedad		%	
Precipitación		mm/día	

		Presión Atmosférica	hPa
		Radiación Solar	w/m ²
		Dirección Viento	m/s
	Rendimiento de los tres tipos de abono en el cultivo de trigo (<i>triticum</i>)	Altura de planta	Cm
		Ancho de la hoja	Cm
		Longitud radicular	Cm
		Peso por planta	Gr

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4. ANALISIS ESTADISTICO

Se realizará el análisis de varianza ANOVA de un solo factor en MINITAB, aplicando la Prueba de Significancia de Tukey a un nivel de significancia del 0.005 que indica un riesgo de 5% de concluir que exista una diferencia cuando no hay una diferencia real y un 95% de confiabilidad, para el crecimiento de cultivos agrícolas con sus respectivas dosis de abono.

El método tukey, trabaja con un error α muy cercano declarado por el experimentador, el cual consiste en comparar las diferencias entre medias muestrales con el valor crítico dado por:

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(k, N - k) \sqrt{\frac{CM_E}{n_i}}$$

Fuente: Gutierrez & De la Vara, (2012)

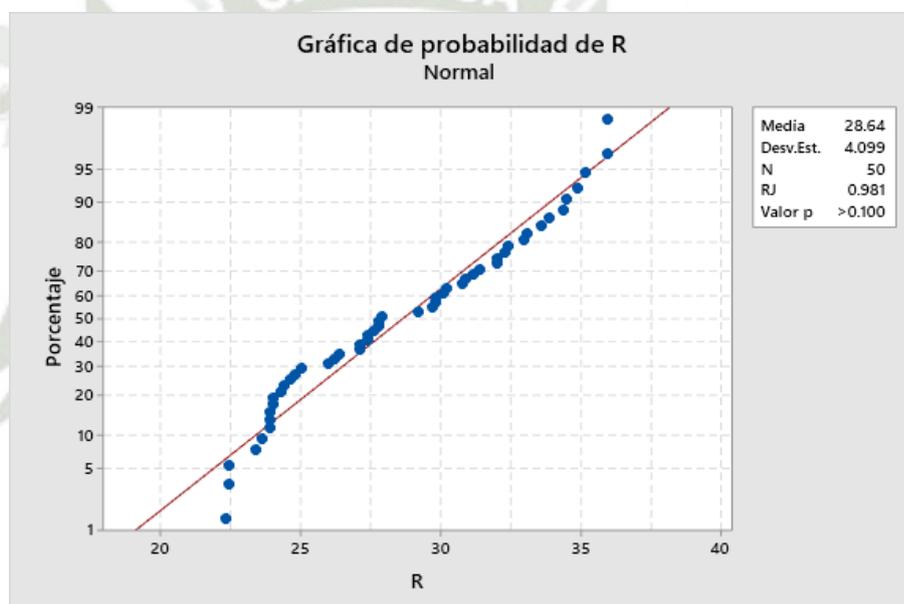
Donde CM_E es el cuadrado medio del error, n es el número de observaciones por tratamiento, k es el número de tratamientos, $N-k$ es igual a los grados de libertad para el error, α es el nivel de significancia prefijado y el estadístico $q_{\alpha}(k, N - k)$ son puntos porcentuales de la distribución del rango estudentizado. (Vintimilla & Saltos, 2019)

En el libro de Análisis y Diseño de Experimentos, nos enseña que el número de tratamientos K es determinado por el investigador y depende del problema particular de que se trata. El número de observaciones por tratamiento (n) debe escogerse con base en la variabilidad que se espera observar en los datos, así como en la diferencia mínima que el experimentador considere que es importante detectar. Con este tipo de consideraciones, por lo general se

recomiendan entre cinco y 30 mediciones en cada tratamiento. Por ejemplo, se usa $n=10$ cuando las mediciones dentro de cada tratamiento tienen un comportamiento consistente (con poca dispersión). En otro extremo, se recomienda $n=30$ cuando las mediciones muestran bastante dispersión. (Gutierrez & De la Vara, 2012).

En nuestro trabajo de investigación se consideró $n=10$, ya que las mediciones dentro de cada tratamiento tienen un comportamiento consistente con poca dispersión, como se puede observar en la gráfica 1

Gráfica 1
Normalidad - Dispersión de resultados



Fuente: Elaboración Propia

Además, para el diseño del tamaño y la forma de las unidades experimentales en el desarrollo de la planta. Es necesario saber, que las unidades experimentales grandes muestran menos variación que las pequeñas. Sin embargo, un aumento en el tamaño de la unidad experimental puede hacer disminuir el número de repeticiones que pueden ser controladas por el experimentador. La unidad experimental debe tener unas dimensiones mínimas para poder realizar el experimento, pero más allá de esas dimensiones no se gana nada aumentando el tamaño y se obtiene mayor precisión aumentando el número de repeticiones. El tamaño de las unidades dependerá también del tipo de experimento, pues uno demostrativo normalmente exigirá mayores parcelas que uno preliminar. En general, en cultivos anuales suelen utilizarse unidades experimentales compuestas de una a seis filas de

cultivo, o aún menos en programas de mejora, en no más de 50 m², de tal manera en este trabajo de investigación cada unidad experimental cuenta una repetición para que pueda ser controlada por el experimentador (Escobar, 2010).

3.1.4.1. Población y muestra

La población para obtener el abono de las tres tecnologías mencionadas es de 12 000 kg aprox. de residuos orgánicos generados en el Terminal Pesquero Río Seco en tres días y la población para evaluar el rendimiento del cultivo es de 540 semillas de trigo.

La muestra de residuos orgánicos está delimitada en función del diseño de camas y pilas, en este caso la dimensión viene a ser el siguiente; 80 cm de largo, 60 cm de ancho y 20 cm. La muestra para evaluar el rendimiento fueron 10 plantaciones de cada unidad experimental de 30 x 20cm.

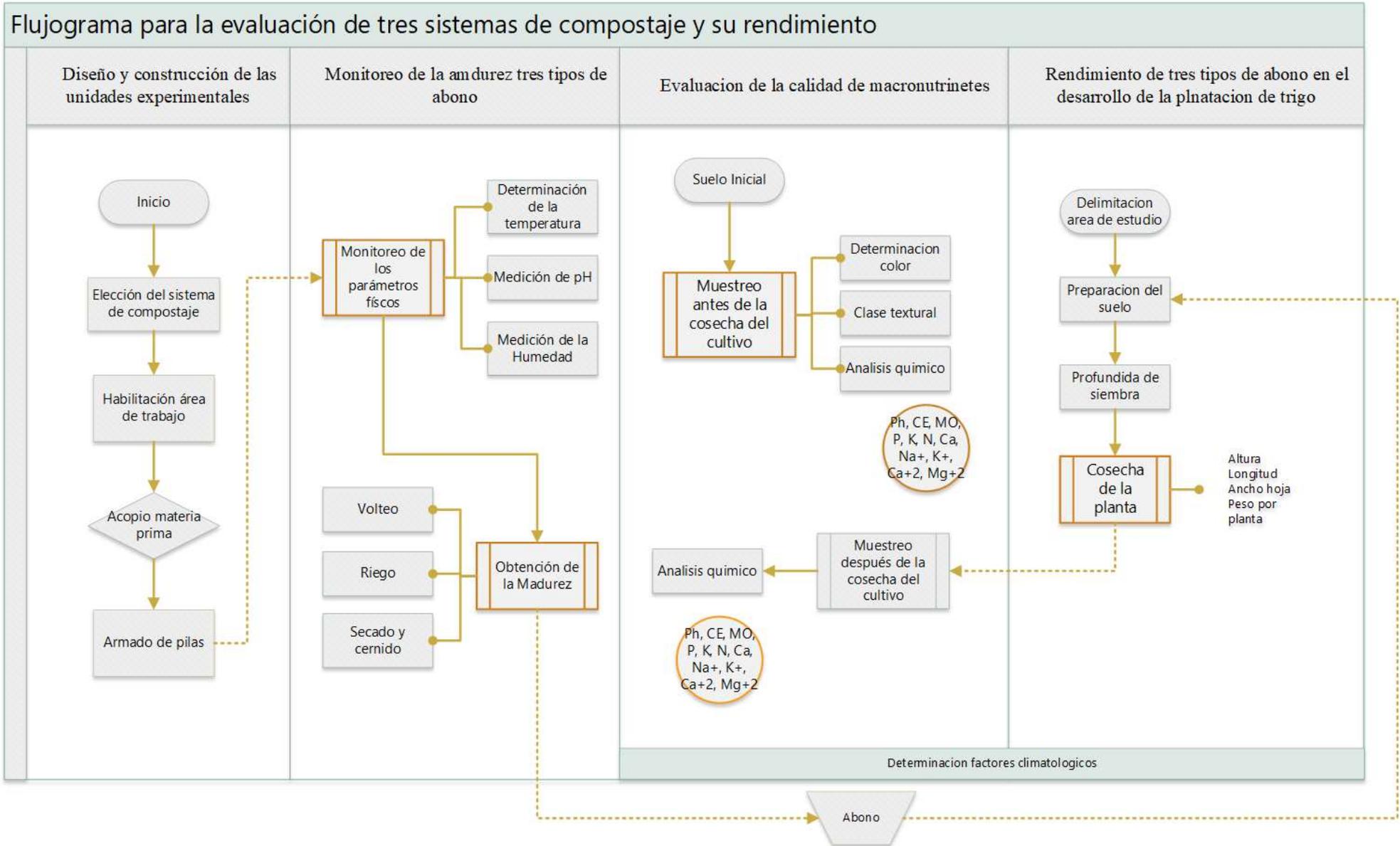
El tipo de muestreo es No probabilístico. Se aplicó la técnica de muestreo por conveniencia, ya que los investigadores seleccionaron las muestras según su criterio, para ello, en el estudio del rendimiento se extrajo 10 plantaciones de trigo de cada parcela experimental y se obtuvieron dos muestras de los cuatro tipos de abono con suelo (post tratamiento) y sus respectivas dosis con un adicional de la parcela testigo, después fueron llevadas al laboratorio del INIA para su análisis respectivo.

3.1.4.2. Flujograma para la evaluación de los tres sistemas de compostaje y rendimiento

En la Figura 4, se presenta secuencialmente el procedimiento, desde la obtención de la materia prima, el monitoreo de los parámetros de compostaje, el análisis inicial del suelo, la plantación del cultivo de trigo y finalmente la evaluación química después de la cosecha.

Figura 6

Diagrama de flujo del procedimiento para la obtención de abono a base de las tres tecnologías y evaluación del rendimiento del cultivo de trigo



3.1.4.3. Elaboración de unidades experimentales para las tres tecnologías de obtención de abono a partir de residuos orgánicos del Distrito de Cerro Colorado.

3.1.4.3.1. Elección del sistema para las tres tecnologías de obtención de abono

Para la realización del compostaje primero se identificó el sistema, según el Manual de FAO, se cuenta con sistemas de pilas, en cajas, composteras abiertas o cerradas. Debido a la naturaleza, volumen y generación de residuos se replicó una pila de compostaje y en el caso de las vermicompost se emplearon modelos de cajas para aislar el material. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2013)

3.1.4.3.2. Habilitación y ubicación del Área de Trabajo

La preparación de las canchas de compostaje se realizó una vez designado el terreno del proyecto de investigación. En esta zona se procedió a retirar la maleza del suelo y limpieza para evitar generar patógenos en el proceso del compostaje. Según Manual de Silbert Voldman & Olivia, indica que debe ser de fácil acceso y un lugar preferiblemente con sombra evitando la exposición al viento y sol permanente para composteras con lombrices. Para resguardar mejor el proceso también se realizó camas con paredes para que el viento no pueda enfriar o alterar la temperatura de las pilas. Debido a que el suelo debe ser firme y evitar que lixiviados entren en el suelo se procederá a colocar un material impermeable (plástico). (Silbert Voldman & Olivia, 2018)

3.1.4.3.3. Acopio y traslado de materia prima

El acopio de la materia prima fue recolectado de las fuentes potenciales de generación de residuos orgánicos en el Distrito de Cerro Colorado. Para ello, se tuvo en cuenta los materiales orgánicos compostables. Siguiendo el manual de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, los materiales aptos fueron los siguientes: Restos de cosecha; plantas del huerto o jardín, ramas trituradas o troceadas procedentes de podas, hojas caídas de árboles y arbustos, césped o pasto. Estiércol de porcino, vacuno, caprino y ovino. Restos orgánicos de cocina

en general (frutas y hortalizas). Cáscaras de frutos secos, naranja, cítricos o piña. Aceites y grasas comestibles (en pequeña cantidad). Virutas de serrín (en capas finas). Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón (no mezclados con plástico). (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2013)

3.1.4.3.4. Pretratamiento

Siguiendo el Manual de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO la actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, por esta razón, se realizó un tratamiento previo a todos los residuos orgánicos recolectados de las principales fuentes de generación, dicho tratamiento consistió en realizar un corte manual generando así, una reducción del tamaño y volumen para ser vertidos de forma uniforme en las pilas de compostaje y camas de vermicompostaje. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2013)

Figura 7
Trituración de Residuos Orgánicos



Fuente: Elaboración Propia

3.1.4.3.5. Armado de Pilas y camas de Vermicompostaje

Para la construcción de las pilas, se colocó una capa de material café o estructurante que actúa como colchón de la mezcla y sobre esta capa de material se comenzó a poner la mezcla de materiales verdes en distintas proporciones, Manual de Parancán y otros, se tuvo en cuenta que la

composición en este orden de capas aplica a cualquier sistema de compostaje que se elija. (Parancán y otros, 2018)

En el Manual de Silbert Voldman & Olivia también indicaría que se debe mantener estas capas alternadas en formato tipo sándwich, comenzando por los “secos y marrones” seguidos de los “verdes y húmedos” teniendo una forma homogénea para asegurar que las temperaturas se eleven y se active el proceso. (Silbert Voldman & Olivia, 2018)

3.1.4.4. Obtención de los parámetros de madurez de las tres tecnologías de obtención de abono a partir de los residuos orgánicos del Distrito de Cerro Colorado.

3.1.4.4.1. Monitoreo de los parámetros físicos

Una vez conformada las nueve pilas con determinadas fracciones de residuos orgánicos, residuos verdes, aserrín y estiércol de caballo, se realizó el respectivo monitoreo de los parámetros físicos de las tres tecnologías (compost, vermicompost y precompostaje), durante un periodo de 90 días hasta su maduración. Este procedimiento se utilizó para los parámetros de la temperatura, pH y humedad.

3.1.4.4.2. Determinación de la temperatura para las tres tecnologías

Para obtener los datos de la temperatura, se empleó un termómetro de suelo para compost. El termómetro fue introducido hasta el núcleo del sustrato hasta que se logre estabilizar la temperatura, la medición fue tomada dos veces por semana por cada repetición de las tres tecnologías y de esa manera establecer el promedio durante los 12 meses de la obtención del abono.

Figura 8

Instrumento utilizado para medir la Temperatura



Fuente: Elaboración Propia

3.1.4.4.3. Medición de pH

Para obtener los datos del pH, se empleó un termómetro de suelo. El termómetro fue introducido hasta el núcleo del sustrato hasta que se logre estabilizar el pH, la medición fue tomada dos veces por semana por cada repetición, fue la misma metodología que se utilizó en la medición de la temperatura

Figura 9

Instrumento utilizado para medir el pH



Fuente: Elaboración Propia

3.1.4.4.4. Medición de la Humedad

Para registrar los datos de humedad se ha empleado el instrumento que se utilizó anteriormente para la temperatura y el pH. Asimismo, para la medición de humedad se añadió el método de la prueba del puño cerrado.

Este método fue utilizado al momento de realizar el riego de las pilas y en cada volteo para la aireación, para ello se debe introducir la mano en la

pila, sacar un puñado de material y abrir la mano, el material debe quedar sin deformarse y sin escurrir agua, de lo contrario se debe iniciar el volteo, por otro lado, si el material se deshace en la mano, entonces se debe de añadir agua. (Ttito, 2017)

3.1.4.4.5. Obtención de la Madurez

- **Volteo:** Se hizo la aireación o “volteo” cada catorce días durante los tres meses que duro el proceso de compostaje y vermicompostaje. Según, Sztern y Pravia indica que el volteo es específicamente la mezcla del compostaje de arriba hacia abajo y de esta manera se puede regular la humedad y la aireación para facilitar el proceso de degradación de la materia. (Sztern & Pravia, 1999)
- **Riego del compost y vermicompost:** El riego se realizó dependiendo de la humedad de las pilas de compost, la cual se verifico con la prueba del puño manteniéndolas en un rango de humedad entre 30 y 40% aproximadamente y para el vermicompostaje se mantuvo en una humedad de 75% al 80% , ya que debajo del 70% son desfavorables para la cría y debajo de 55 son niveles de muerte. Para ello, se utilizó un rociador de agua para realizar el riego de manera uniforme en todas las pilas y camas de las tres tecnologías. (Reyes & Guillén, 2004)

Figura 10

Humedecimiento del Abono



Fuente: Elaboración Propia

- **Secado y Cernido – Cosecha Del Compost:** Para comprobar si el compost se encuentra maduro, se tomó un puñado con las manos y se llegó a comprobar sus propiedades físicas, es decir, el abono tiende a

un olor de bosque, color negruzco, y no se observan residuos orgánicos que se han depositado en las pilas. Una vez que el proceso de compostaje llegue a su término se procedió a realizar el tamizaje con una zaranda. El tamizado se llevó acabo con una malla de 12 mm. (Reyes & Guillén, 2004)

3.1.4.5. Evaluación la calidad de macronutrientes antes y después de la dosificación de los tres tipos de abonos en el suelo experimental.

3.1.4.5.1. Muestreo:

Según el protocolo de muestreo del Ministerio del Ambiente se procedió a la extracción de las submuestras. Para ello, se realizó la eliminación de la cobertura vegetal, y con una pala limpia (libre de óxido y agroquímicos) se procedió a realizar un corte en el suelo en forma de “V” arrojando la primera palada a un costado. En la segunda palada se extrajo el suelo a la profundidad de 30 cm, fue colocado en el balde repitiendo el mismo procedimiento en los 8 puntos seleccionados en zigzag para transferirlo sobre la superficie de un saco limpio donde se realizó el cuarteo para obtener 1 muestra compuesta. De modo similar se realizó el muestreo antes del tratamiento (AT) y después de la cosecha (DC). Estas muestras se enviaron al laboratorio del INIA. Se indicó al laboratorista los parámetros a ser analizados, así como los macronutrientes que son asimilables por la planta: Nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (K), humedad (%), relación carbono/nitrógeno, conductividad eléctrica (mmho/cm) y materia orgánica. (Ttito, 2017)

3.1.4.5.2. Análisis físico del suelo

3.1.4.5.2.1. Determinación Color

Se colocó dos porciones de muestra en dos placas de porcelana y se adicionó agua en una de ellas, hasta que se humedezca, seguidamente se comparó el color con el recuadro de la carta de Munsell, se tomó del ángulo superior derecho la identificación “Hue”, de ordenadas la identificación “Value”, y en abscisas la identificación “Chroma”, después se integró las tres características para dar el nombre en la portada.

Técnica de Color de Munsell

La tabla de colores Munsell para suelos está formado por 199 cuadros coloreados distribuidos según el matiz, el brillo y la saturación del color (hue, value y chroma), las tres variables simples que se combinan para dar todos los colores. La nomenclatura de un color consiste en el nombre del color y la notación Munsell o símbolo del color. La notación Munsell se forma con la notación del matiz seguido del brillo y finalmente de la saturación. El símbolo del matiz es una abreviatura del color del espectro (YR de yellow red) precedido de un numero entre 0 y 10. (Ttito, 2017)

3.1.4.5.2.2. Determinación de la clase textural:

Se tamizó 2mm de la muestra hasta tener un peso de 50gr, después este material fue mezclado en 250 ml de agua destilada en un vaso de precipitados, se agregó 10 ml de hexametafosfato y 10 ml de carbonato de sodio para generar un efecto defloculante de las partículas de suelo. Una vez que el material se encontró dentro de este vaso de precipitados, se homogenizó la mezcla aproximadamente 10 min. Se procedió a colocar en una probeta de 1 000 ml con agua aforada y se vació la solución y se la agitó. Después de ello se tomó la temperatura para realizar la corrección de datos y se colocó el densímetro a los 40 segundos y 2 horas. Se obtuvieron 2 lecturas y se corrigieron según la temperatura, se registraron estos datos y se aplicó las fórmulas de determinación de los porcentajes de arena, limo, arcilla y el triángulo textural.

Técnica de Bouyoucos: Método utilizado para la determinación del análisis de distribución del tamaño de partículas en suelos. La densidad de la suspensión es medida por el hidrómetro a diferentes tiempos, de acuerdo con la velocidad de caída de las partículas, que está en relación con su diámetro. (Ttito, 2017)

3.1.4.5.3. Análisis químico

3.1.4.5.3.1. pH

Se midió 20 mL de suelo en un vaso de 50 mL. Se adicionó 20 mL de agua destilada, solución de 1 N KCl o solución de 0.01 M CaCl₂. Se agitó intermitentemente durante 30 minutos. Se usó una máquina de agitación y se dejó en reposo 15 minutos. Se agitó la suspensión en el vaso y se insertaron los electrodos. Los electrodos fueron sumergidos en el líquido sobrenadante, o en la suspensión que se está agitando. Se registraron los valores de pH en el potenciómetro.

Técnica Suelo-Agua 1:1: Dos diferentes métodos son usados para determinar el pH del suelo. Uno de ellos usa soluciones indicadoras coloreadas, el otro procedimiento usa electrodos unidos a potenciómetros eléctricos. Las soluciones indicadoras son muy usadas en campo, en cambio los métodos potenciométricos son más comunes en el laboratorio donde se obtiene mayor precisión. El método potenciométrico mide el pH a través de dos electrodos que se insertan dentro de la solución o suspensión de suelo. El potenciómetro, mide la diferencia en potencial eléctrico entre los dos electrodos y la convierte en lecturas de pH. (Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 2017)

3.1.4.5.3.2. Conductividad Eléctrica(mS/cm)

Se pesó 20 g de suelo y se transfirió a un vaso de 100 o 200 mL. Se adicionó 100 mL de agua destilada para tener una relación 1:5. Se agitó intermitentemente por 30 minutos en agitador rotativo y se filtró usando papel filtro y embudos. Se recibió el filtrado en frascos y se procedió a realizar la lectura de la CE directamente usando la celda de conductividad y el conductímetro, corregido a 25 °C.

Técnica de lectura en la suspensión suelo-agua 1:2 o 1:5: Consiste en formar un extracto acuoso (extracto de saturación) y se determina mediante un procedimiento conductométrico. Este extracto sirve, también, para determinar los aniones y cationes solubles Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, y CO₃²⁻ ya que, el número hace

referencia a la presencia de solutos inorgánicos disueltos. (Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 2017)

3.1.4.5.3.3. **Materia Orgánica**

En un erlenmeyer de 500 mL se colocó 1.0 g de suelo. En forma paralela se lleva un blanco (sin muestra) para conocer la normalidad del sulfato ferroso. Se adicionó 10 mL de 1 N dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y 20 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Se mezclaron para homogeneizar la solución y se generó calor por la reacción, se dejó en reacción por 1 hora o más. Posterior a ello se adicionó aproximadamente 200 mL de agua destilada y 5 mL de ácido fosfórico concentrado (H_3PO_4) con 0.5 mL del indicador difenil amina sulfúrica o 3 - 4 gotas de ferroin. Se hizo la titulación con 0.5 N de sulfato ferroso amoniacal, con agitación y cuidadosamente hasta el cambio de color de violeta a verde. En el cambio, detener la titulación y titular el blanco.

Técnica Walkey Black: La materia orgánica del suelo es oxidada por una mezcla de $K_2Cr_2O_7$ más H_2SO_4 . El exceso de $K_2Cr_2O_7$ es determinado por titulación con $FeSO_4$ o con $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$. El punto de equivalencia en la reacción es dada por el indicador redox: difenil amina sulfúrica. La materia orgánica se estima asumiendo que ésta contiene 58 % de carbono (factor de Van Bemmelen). (Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 2017)

3.1.4.5.3.4. **Fósforo**

Se pesó 2 g de suelo y se colocó en un frasco de 50 mL. Se adiciona 20 mL del extractante correspondiente y se agitó por 1 minuto. Se filtró a través de papel Whatman, si el filtrado no es claro, refiltrar. Se usó el dilutor dispensador y se colocó simultáneamente 2 mL de alícuota del filtrado y 18 mL de la solución de trabajo. Después de 10 minutos de desarrollo del color se lee % de transmitancia a 660 nm de longitud de onda. El color es estable por dos horas y en forma paralela se preparó una serie de patrones para aplicar la fórmula y obtener el fósforo.

Método de Bray y Kurtz: A través de los años una gran cantidad de investigaciones se han realizado para poder estimar el fósforo disponible en los suelos como base para hacer las recomendaciones de fertilización. En suelos ácidos los compuestos dominantes de fósforo son los de aluminio, fierro y manganeso; mientras que en suelos alcalinos lo son los fosfatos de calcio y magnesio. Esta química del fósforo ha hecho que se desarrolle en diferentes extractantes en el análisis del fósforo disponible. Una vez que el fósforo ha sido extractado, la determinación en la solución se da con un procedimiento de tipo analítico. El Dr. Bray desarrolló diferentes investigaciones sobre extractantes en suelos ácidos. Los más ampliamente conocidos son extractantes ácidos a base de NH_4F y HCl en diferentes concentraciones. (Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 2017)

3.1.4.5.3.5. Potasio

Se pesó 5 g de suelo y se colocó dentro de un tubo de centrífuga de 50 mL. Se adiciona 33 mL de solución acetato de amonio y se agita por 5 minutos en el agitador mecánico. Los tubos deben estar tapados con tapones de jebe o polietileno. No se usó otro tipo porque induce a errores. Se centrifugó hasta que el líquido sobrenadante es claro y se colectó el líquido en un frasco volumétrico de 100 mL. Se filtra para excluir cualquier partícula y se repite el proceso por dos veces más hasta coleccionar el líquido. Se llevó a volumen final de 100 mL y se midió el K extractable en el espectrofotómetro. Finalmente se expresa el contenido de K en el suelo en términos de mg de K extractable/kg.

Técnica de Obtención de Potasio: La obtención de esta fracción es la suma del K soluble en agua más el K cambiante, es extraído mediante la solución de una sal neutra que reemplaza a los cationes presentes en el complejo de cambio, por lo tanto la concentración del catión determinado por este método es referido como cambiante para suelos no calcáreos. (Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 2017)

3.1.4.5.3.6. Nitrógeno

En un balón micro Kjeldahl de 100 mL se colocó 1.0 g de muestra de suelo (TFSA) y se adicionó 1.0 g de muestra catalizadora con 3 mL de H_2SO_4 concentrado. Seguidamente se calentó en la unidad de digestión hasta que el color de la solución sea claro y se dejó enfriar y se adicionó agua destilada para dar volumen (+/- 15 mL). Se llevó a la unidad de destilación y se adicionó por el tubo de seguridad NaOH que contiene fenolftaleína hasta que la solución cambió a color rojo claro (indicación de la neutralización de la acidez). Se inició el proceso de destilación, recibiendo en 10 mL de H_3BO_3 . El tiempo de destilación es de 3 - 5 minutos y se debe titular el destilado con HCl o H_2SO_4 estandarizado.

Técnica de micro-Kjeldahl: Es un método clásico para la determinación del nitrógeno, la muestra sufre un proceso de digestión con una mezcla catalizadora que contiene H_2SO_4 y K_2SO_4 . La digestión se realizó en presencia de calor y se usa un balón de cuello alargado. La presencia del H_2SO_4 cumple con la finalidad de destruir el material carbonáceo, liberando el N en la forma de NH_3 y a la vez captura el NH_3 y forma un compuesto del tipo $(NH_4)_2SO_4$. (Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 2017)

3.1.4.5.3.7. Carbonato de Calcio

En un frasco erlenmeyer de 250 mL se colocó 1 g de suelo que ha sido molido y pasado por tamiz de 0.5 mm, se incluye un blanco (sin muestra) y se lleva en forma paralela. Se adiciono 10 mL de HCl 1N y se agitó para mezclar el contenido. Se dejó toda la noche o se calienta a 50 – 60 °C dejándose en reacción por dos horas. Ocasionalmente se agita. Se adicionó 59 a 100 mL de agua destilada y 2 a 3 gotas del indicador fenolftaleína. Por último, se hizo la titulación con NaOH 1 N con agitación del frasco y termina ante la presencia del color rosado persistente por 30 segundos.

Técnica de Ácido Clorhídrico: Los carbonatos son minerales que están presentes en muchos suelos $CaCO_3$. Estos compuestos se

presentan en los suelos como resultado de la meteorización o son heredados a partir del material parental. Estos minerales reaccionan con el ácido clorhídrico (HCl) o el sulfúrico (H₂SO₄) y el CO₂ generado puede ser medido o calculado en base a la cantidad de HCl o H₂ SO₄ gastado. (Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 2017)

3.1.4.5.3.8. Acidez Intercambiable

En un frasco se colocó 10 g de suelo y se añadió 50 mL de KCl 1 N. Se agitó durante 30 minutos y se filtró a un balón volumétrico de 100 mL. El residuo sólido es lavado con fracciones aproximadamente de 10 mL de KCl. Después de cada lavado, el residuo debe ser drenado completamente. Se completa a volumen de 100 mL y se homogeneiza.

Técnica de cloruro de Potasio: La técnica consiste en lavar la muestra con la solución no buferada de KCl 1 N, que permite la extracción de la acidez cambiante (H⁺ y Al³⁺). Esta acidez es cuantificada por titulación siguiendo el método presentado por Yuang. (Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 2017)

3.1.4.5.3.9. Cationes Cambiables

- Sodio (Na⁺) y Potasio (K⁺)

Se tomó una alícuota de 1 mL del extracto amónico y se adicionó 9 mL de la solución al 0.1 % de lantano. Se lee Ca⁺² y Mg⁺² en el equipo de absorción atómica previa calibración con los estándares respectivos.

- Calcio (Ca⁺²) y Magnesio (Mg⁺²)

Se lee las concentraciones de K⁺ o Na⁺ directamente o en las diluciones. Se calibra el equipo con los estándares respectivos y se aplican las formulas registrándose los datos finales. (Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 2017)

Técnica EDTA Complexometría: Los cationes Ca⁺² y Mg⁺² son medidos por titulación del Ca⁺² y el Mg⁺² con EDTA. Los cationes Na⁺ y K⁺ por espectrofotometría de emisión (fotómetro de llama) o

por absorción (AAS). En la determinación de Ca y Mg es necesario la introducción de lantano (1000 mg/L o 0.1 %) para prevenir la formación de compuestos refractarios de Ca y Mg en la llama. (Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, 2017)

3.1.4.6. Evaluación del desarrollo de los tres tipos de abono en el desarrollo del cultivo de trigo en el Distrito de Cerro Colorado.

3.1.4.6.1. Delimitación del Área para evaluar el rendimiento del abono

El área donde se desarrolló el ensayo de la evaluación del rendimiento del abono en el cultivo del trigo consiste en las siguientes dimensiones:

- Ancho: 1.50 metros.
- Largo: 3.30 metros.
- Área total del ensayo: 4.95m²

3.1.4.6.2. Preparación del suelo

Antes de preparar el suelo para la siembra de la semilla, primeramente, se tuvo que realizar un análisis inicial del suelo y conocer las características químicas del suelo que elegimos para establecer el cultivo, es muy importante ya que de esta forma podremos estimar los nutrientes disponibles y diseñar una estrategia de fertilización y corrección de elementos limitantes para nuestra producción según el Manual de BUENAS PRÁCTICAS para el manejo del Trigo Candeal. (Castillo R. y otros, 2016)

Por consiguiente, el suelo fue removido manualmente con la ayuda de herramientas adecuadas como; los picos, palas y rastrillos. Luego de ello, se formaron las unidades experimentales para la distribución de las plantas y los abonos orgánicos.

Figura 11

Rastrillo y Picos, Herramientas para remover el Suelo



Fuente: Elaboración Propia

Figura 12

Dimension de las Unidades Experimentales



Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se realizaron 18 unidades experimentales, cada una fue de dimensión 30 cm x 20 cm, con calles de 15 cm, como se observa en la figura 9. Se sembraron 30 unidades de semilla trigo por cada parcela empírica, de las cuales se evaluaron diez plantas por cada unidad experimental. Este protocolo se tomó, según el Manual de Castillo R. y otros BUENAS PRÁCTICAS para el manejo del Trigo Candeal donde indica que se debe tener presente que la cantidad óptima de población es de 350 plantas por m². (Castillo R. y otros, 2016)

Seguido, se aplicó la dosificación de las dosis de abonos orgánicos obtenidos de las tres tecnologías, de 250 gramos y 500 gramos de compost, vermicompost y el CO- vermicompost a cada una de las parcelas empíricas con sus respectivas repeticiones, como se muestra en la tabla 7. Además,

se cuenta con la parcela muestra sin ningún contenido de abono con su repetición y otra parcela con abono comercial (SUMARI) con dichas concentraciones presentadas y sus respectivas repeticiones.

Tabla 8

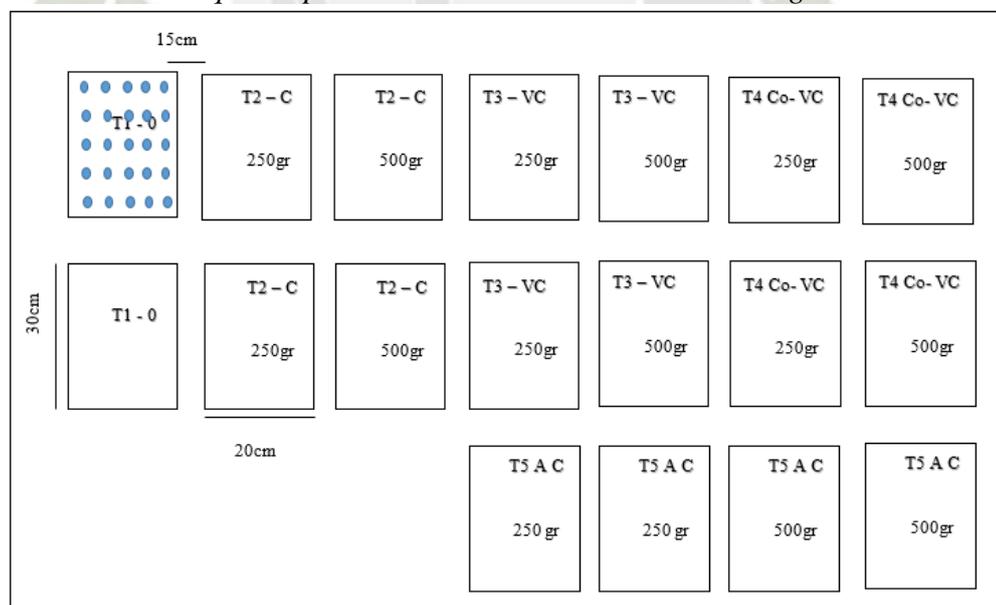
Descripción de Los Tratamientos Empleados y sus Dosificaciones

Tratamientos	Descripción	Dosis 1	Dosis 2
T1	Testigo absolute	0	0
T2	Compost	250gr/parcela cm2	500gr/parcela cm2
T3	Compost+vermi	250gr/parcela cm2	500gr/parcela cm2
T4	Vermicompost	250gr/parcela cm2	500gr/parcela cm2
T5	Abono comercial	250gr/parcela cm2	500gr/parcela cm2

Fuente: Elaboración Propia

Figura 13

Croquis Experimental de las Plantaciones de Trigo



Fuente: Elaboración Propia

3.1.4.6.3. Profundidad de siembra

El Manual de BUENAS PRÁCTICAS para el manejo del Trigo Candeal y Manual de Regadío de trigo de la FAO, dan mención que en los suelos

pesados la semilla debe quedar a menor profundidad que en suelos livianos. Pero, hay que tener cuidado porque si la superficie del suelo está muy seca es conveniente sembrar a mayor profundidad, pero no más de 5 cm. Tomando en cuenta el protocolo, la siembra se realizó en agujeros de 3 a 5 cm aprox de profundidad. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2001)

Figura 14

Sembrío de Trigo con Dosificación de Abonos diferentes.



Fuente: Elaboración Propia

Posterior a la siembra, se planificó la estrategia de control durante tres meses, se tomó en cuenta el riego en sus diferentes etapas de desarrollo, el cultivo exige humedad en el suelo ya que esto asegura una buena germinación. Por ello el riego se realizó de forma interdiaria. De igual manera se extrajo malezas presentes en las unidades experimentales.

3.1.4.6.4. Determinación de los factores climatológicos en el área de estudio

Para determinar los factores climáticos se consideró, la temperatura máxima y mínima, la humedad relativa, precipitación, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, y no menos importante la radiación solar, estos elementos meteorológicos se monitoreo durante el desarrollo del cultivo en dos meses.

Los datos fueron adquiridos con los instrumentos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI.

3.1.4.6.5. Cosecha de la planta para evaluar las variables

La cosecha se realizó a los 30, 45 y 60 días de edad del cultivo, para identificar el efecto de las dosificaciones de abono obtenidos de las tres tecnologías y hacer una comparación con el abono comercial en el desarrollo de las diferentes variables de la planta.

Figura 15

Medición de la Altura, Longitud Radicular y Ancho de la Hoja de la Planta.



Fuente: Elaboración Propia

3.1.4.6.5.1. Altura de planta (cm)

Para la medición de esta variable se seleccionó 10 plantas al azar en la parcela útil a los 30, 45 y 60 días después de la siembra, para lo cual se usará una cinta métrica, considerando desde la base hasta la parte más alta de la planta, para luego promediar y expresar en centímetros. (Chong-Qui Cedeño, 2019)

3.1.4.6.5.2. Longitud radicular (cm)

La longitud radicular se registró inmediatamente después de la cosecha, utilizando una cinta métrica, tomando en consideración desde el cuello de la raíz hasta la parte terminal de la raíz principal en 10 plantas tomadas al azar dentro de la parcela útil. (Chong-Qui Cedeño, 2019)

3.1.4.6.5.3. Ancho de la hoja (cm)

La medición del ancho de la hoja se llevó a cabo a los 30, 45 y 60 días de edad del cultivo, con la ayuda de una cinta métrica se registró la medida del tercio medio de la hoja escogida al azar en 10 plantas dentro de la parcela útil, para finalmente promediar y expresar en centímetros. (Chong-Qui Cedeño, 2019)

3.1.4.6.5.4. Peso por planta (gr)

Para el peso de la planta se llegó a utilizar una balanza digital, colocando 10 plantas extraídas dentro de la parcela útil. Luego se extrajo el promedio para finalmente expresarlo el peso en gramos. (Chong-Qui Cedeño, 2019)

Finalmente, una vez obtenido todos los datos del desarrollo de la planta, los resultados se plasmaron en el programa de Minitab, para discutir la diferencia significativa que existe al aplicar los abonos obtenidos de las tres tecnologías compostaje, vermicompostaje y Precompostaje e incluso el abono comercial y el crecimiento de la planta en la parcela sin ningún tipo de abono.

3.1.4.7. Obtención de Costo Beneficio Ambiental para el desarrollo de las tres tecnologías y su aplicación de los abonos en el cultivo de trigo.

Lo primero que se realizó fue la evaluación de los costos directos para la elaboración de las tres tecnologías de compost, vermicompost y precompostaje en su aprovechamiento como abono en cultivos agrícolas que incluye el detalle de la Tabla 39. Estos costos fueron obtenidos según el diseño experimental propuesto en el trabajo de investigación, donde, se consideró un periodo de 7 meses. Incluye desde la ejecución de actividades, la elaboración de las tres tecnologías, la obtención de abonos hasta el análisis del rendimiento de las plantas.

Posterior a ello, se consideró la cantidad de abono en kg resultante por cada unidad experimental y el costo que tendría en el mercado a través de una cotización en diferentes viveros de la Ciudad de Arequipa. Después se generó los costos y ganancias del producto obtenido, de los gastos totales de inversión y la ganancia obtenida por el precio de la venta.

Finalmente se realizó la evaluación y la discusión del beneficio ambiental que se puede obtener de las tres tecnologías a base de la calidad de abono en el desarrollo de la planta.

3.1.5. INSTRUMENTOS

A continuación, se mencionan todos los instrumentos, materiales e insumos que se utilizarán para la ejecución de este proyecto de investigación:

3.1.5.1. Instrumentos para el acopio y traslado de la materia prima

- Contenedores: se usó para el acopio de residuos orgánicos.
- Vehículo: para el traslado de los residuos orgánicos.
- Sacos: para la descarga del material compostable
- Palas: para descargar los residuos orgánicos
- Bolsas plásticas: se utilizará para acopiar los residuos orgánicos. (Ttito, 2017)

3.1.5.2. Instrumentos para el armado de las pilas de compostaje

- Balanza: se utilizará para hacer el pesaje de los residuos orgánicos, estiércol de ovino y aserrín.
- Pico: para remover el material excedente.
- Rastrillo: para mover los residuos inservibles
- Flexómetro: para medir y delimitar el área para cada pila de compostaje
- Palas: para amontonar los materiales a la pila de compostaje.
- Sacos de Rafia: para realizar el pesaje de los residuos orgánicos, aserrín y estiércol de ovino. (Ttito, 2017)

3.1.5.3. Material experimental para la elaboración del compostaje

- Residuos orgánicos (restos frutas y verduras)
- Residuos Verdes (tallos, hojas, etc)
- Aserrín
- Estiércol de caballo

- Agua. (Ttito, 2017)

3.1.5.4. Instrumentos de monitoreo del compostaje

- 1 pH-metro digital Pen Type PH-009(III) Precisión ± 0.01 . : se usará para medir el potencial de iones hidrogeniones presentes en el material
- 1 termómetro digital tipo espiga Fisherbrand Rango (-50 a 300 °C): se usará para medir la temperatura del compostaje
- Balde de 5 galones: Se empleará para trasladar agua y así humedecer el compost
- Zaranda (para tamizar): Se utilizará la zaranda para tamizar el compost en cuanto finalice el proceso de las 5 pilas de compostaje.
- Bolsas herméticas Ziploc: para realizar la toma de las muestras. (Ttito, 2017)

3.1.5.5. Material experimental para la evaluación del rendimiento del abono

- Los 3 tipos de abono: esto se refiere al compost, vermicompost y co-vermicompost.
- Semilla de trigo: es la planta para evaluar el rendimiento.

3.1.5.6. Instrumentos para evaluar el rendimiento del abono

- Pala: para remover suelo.
- Pico: para remover suelo.
- Rastrillo: para remover la semilla de trigo con el suelo.
- Estacas: para hacer la delimitación de cada parcela
- Flexómetro: para medir y delimitar el área de cada parcela.
- Balanza: para pesar las plantas a evaluar.



CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Unidades experimentales para obtención de abono

4.1.1. Área de estudio

La presente investigación, Evaluación de la efectividad de compost, vermicompost y precompostaje a partir del acopio de residuos sólidos orgánicos, está ubicada en el tercer lote de La Irrigación El Cural, en el Distrito de Cerro Colorado a una elevación de 2370 m.s.n.m, en esta zona se llevó a cabo la construcción, maduración, control y su obtención final de las unidades experimentales de los tres sistemas; compost, vermicompost y precompostaje. En esta misma zona se llevó a cabo la evaluación del suelo antes de la plantación del trigo, el desarrollo del cultivo, obtención del rendimiento y finalmente la toma de muestra de los parámetros después de la cosecha.

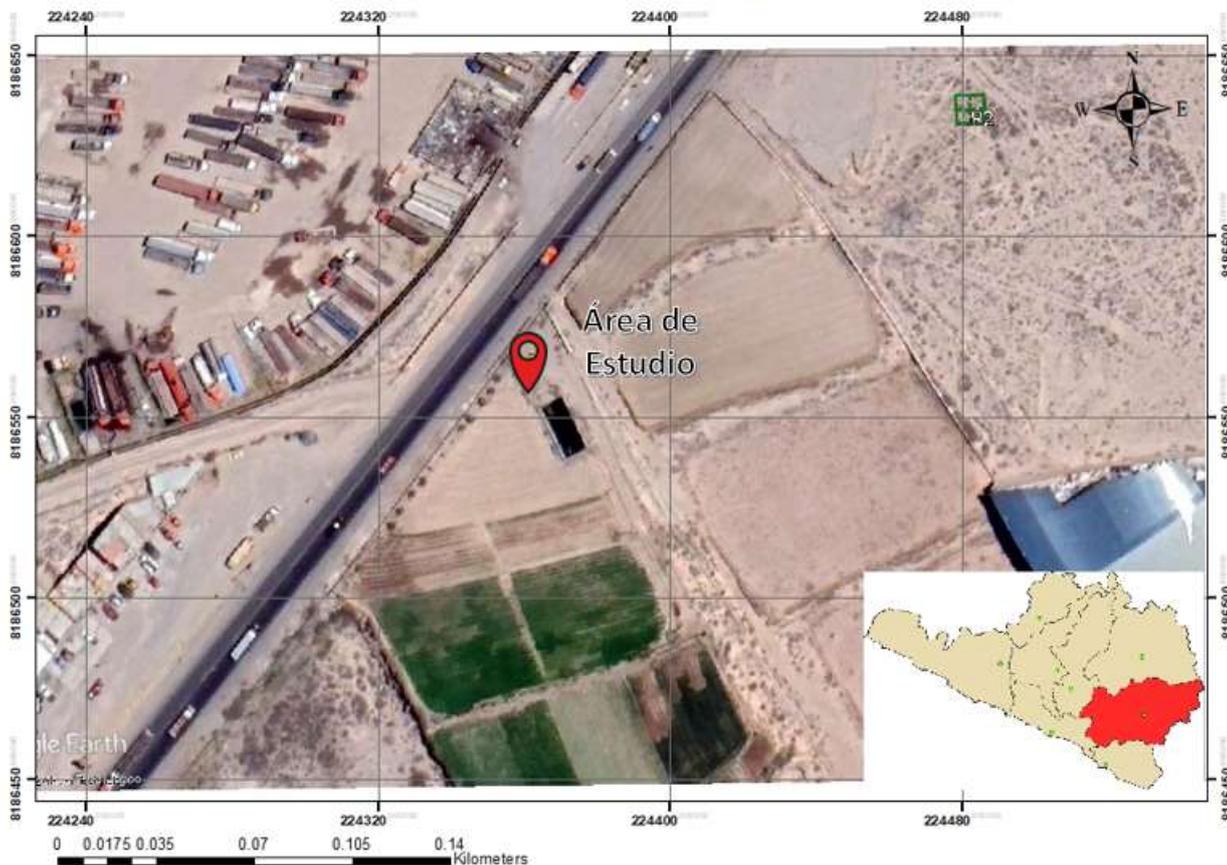
Ubicación política:

- ✓ Región: Arequipa.
- ✓ Provincia: Arequipa
- ✓ Distrito: Cerro Colorado
- ✓ Ubicación Geográfica:
- ✓ Latitud: 16°23'11.54"S
- ✓ Longitud: 71°34'49.97"O. (Carrasco, 2009)

Figura 16

Ubicación del área de estudio

UBICACIÓN EXPERIMENTAL – EL CURAL, CERRO COLORADO AREQUIPA



Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Ubicación geográfica distrito Cerro Colorado

Es uno de los 29 distritos que conforman la provincia de Arequipa, se encuentra a una latitud Sur $16^{\circ}22' 24''$ longitud Oeste $71^{\circ}33' 37''$, con una superficie de 174.90 km. y una altitud de 2406 m.s.n.m. Y como limites tiene a los distritos:

- Al norte: Yura
- Al sur: Sachaca y Yanahuara
- Al este: Cayma
- Al oeste: Uchumayo. (Vélez, 2020)

4.1.3. Diseño de las composteras

Se realizó el armado de 6 pilas de compostaje y 3 camas de vermicompost de las mismas dimensiones.

Figura 17

Armado de las tres Tecnologías



Fuente: Elaboración Propia

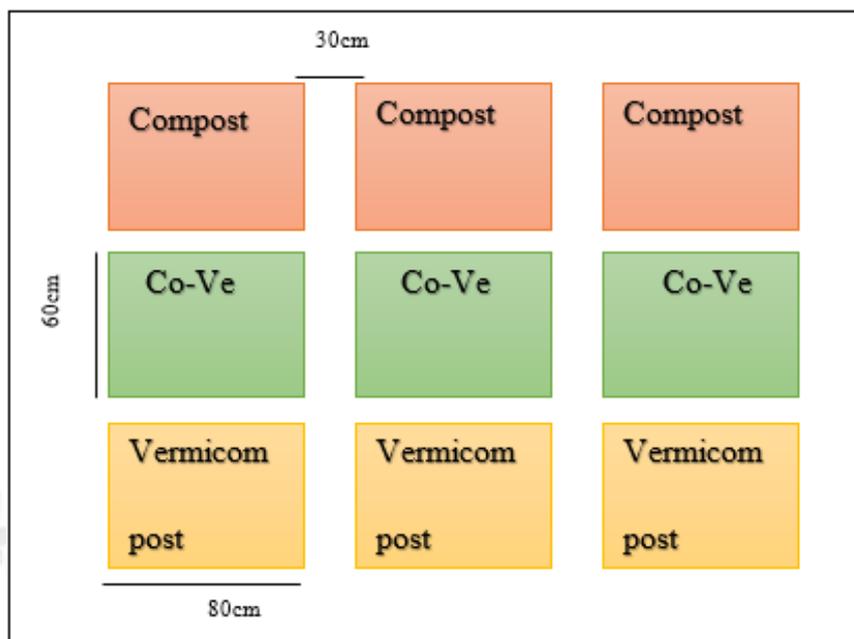
4.1.3.1. Área del compostaje

El área donde se desarrolló el proyecto conjuntamente con sus pilas de compostaje tiene las siguientes dimensiones:

- a. Ancho: 3.00 metros.
- b. Largo: 3.60 metros.
- c. Alto: 0.50 metros.
- d. Área total del ensayo: 10.8 m²

Figura 18

Croquis Experimental de las Pilas de Abono



Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.2. Proporción de material experimental

4.1.3.3. Pila de Compostaje (C)

El armado de la pila de compost se realizó como se visualiza en la tabla N° 9, utilizando los siguientes residuos:

- Residuos Verdes: 16 cm
- Cantidad de residuos orgánicos: 20 cm
- Estiércol de caballo: 8 cm
- Aserrín: 4 cm

Tabla 9

Relaciones de Mezclas de la Pila de Compost

N° de Capas	Residuos Orgánicos (cm)	Residuos Verdes (cm)	Estiércol de caballo (cm)	Aserrín (cm)
1	10	8	4	2
2	10	8	4	2
TOTAL	20	16	8	4

Relación de medida: cm.

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.4. Cama de vermicompostaje (VC)

El armado de la cama de vermicompost se realizó como se visualiza en la tabla N°10, utilizando los siguientes residuos orgánicos e incluyendo las lombrices.

- Cantidad de residuos orgánicos: 20 cm
- Residuos Verdes: 16 cm
- Estiércol de caballo: 8 cm
- Aserrín: 4 cm
- Lombrices: 2 kg

Tabla 10

Relaciones de Mezcla de la Cama de Vermicompost

N° de Capas	Residuos Orgánicos (cm)	Residuos Verdes (cm)	Estiércol de caballo (cm)	Aserrín (cm)	Lombrices (kg)
1	10	8	4	2	2
2	10	8	4	2	-
TOTAL	20	16	8	4	2

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.5. Pila de precompostaje (CO-VE)

El armado de la cama de vermicompost se realizó como se visualiza en la tabla N°11, utilizando los siguientes residuos orgánicos e incluyendo las lombrices en la fase termófila.

- Cantidad de residuos orgánicos: 20 cm
- Residuos verdes: 16 cm
- Estiércol de caballo: 8 cm
- Aserrín: 4 cm
- Lombrices: 2 kg (Fase termofílica)

Tabla 11

Relaciones de Mezcla en la Pila de Precompostaje

N° de Capas	Residuos Orgánicos (cm)	Residuos Verdes (cm)	Estiércol de caballo (cm)	Aserrín (cm)	Lombrices (kg)
1	10	8	4	2	2
2	10	8	4	2	-
TOTAL	20	16	8	4	2

Fuente: Elaboración Propia

Se emplearon estas dosificaciones siguiendo el manual de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO y la conformación de pilas del Vivero Municipal de Cerro Colorado, donde las pilas tienen una dimensión de 15 metros de largo por 2 metros de ancho. Estas pilas son conformadas por material proveniente de distintas fuentes de generación como Mercados, restos de poda de las áreas verdes del distrito y son recogidos por un camión recolector. A continuación, presentamos el siguiente detalle con las cantidades. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2013)

Tabla 12

Materia orgánica recolectada en el periodo de un mes para armado de pilas

Elementos	Cantidad de Recolección	Punto de Recolección
Residuos Verdes	1 t	Áreas Verdes
Residuos Orgánicos	1.5 t	Mercado de Cerro Colorado
Estiércol de caballo	0.7 t	Hipódromo Cerro Colorado
Aserrín	--	---
Lombrices	--	---

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al armado de las pilas de compost, se efectúa de la siguiente forma:

- Residuos Verdes: 10 cm
- Residuos Orgánicos: 20 cm
- Estiércol: 15 cm

Para representar dichas cantidades en el diseño experimental se determinaron las proporciones y se mantuvo esta relación en el armado de las camas de compost y vermicompost. En cuanto a los elementos utilizados, se conoce que los residuos orgánicos son fundamentales por ser fuente de variedad de nutrientes, microorganismos y elementos imprescindibles para que se lleve a cabo el proceso, además de dar estructura y soporte para generar todas las condiciones adecuadas. En el Vivero Municipal, esta se consigue a través de la recolección de frutas y verduras del Mercado de Cerro Colorado.

Los residuos de poda son fundamentales en el proceso de compostaje, , los residuos de poda de árboles tienen un alto valor de nitrógeno con un porcentaje de 2.23% y los residuos de mercado con un 1.82, por lo cual, es un componente fundamental. (Brito y otros, 2016)

Por otro lado, el estiércol de caballo se ha considerado un recurso valioso que debe ser empleado, ya que contiene grandes cantidades de carbono, materia orgánica y muchos valiosos nutrientes minerales menores como Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn y Fe. Los datos indican que un caballo promedio de 450 kg

producirá de 14 a 23 kg de estiércol diario, es decir 8,5 toneladas al año representando un problema ambiental. (Guzmán Anaya, 2021)

En el Vivero Municipal, este elemento es recolectado del Hipódromo de Cerro Colorado debido a su proximidad y cualidades. En cuanto al aserrín, ayuda a mantener un buen equilibrio entre el nitrógeno y el carbono, sin embargo, se debe tener en cuenta que su descomposición es más lenta que la de otros materiales y que se caracterizan por ser absorbentes pudiendo acidificar sino se lo utiliza en pequeñas cantidades. Finalmente, según las lombrices juegan un papel fundamental ya que mejoran la estructura del suelo (Bueno, 2008), genera mayor actividad microbiana posibilitando acelerar los procesos de transformación de forma económica y eficiente. Sin embargo, no se ha aplicado antes en el área de estudio. (Canchari & Soto, 2020)

4.2. Obtención de los parámetros de madurez de los tres tipos de abonos

4.2.1. Control de Temperatura en las tres tecnologías

La temperatura se registró dos veces por semana durante doce semanas para las tres tecnologías con sus respectivas repeticiones.

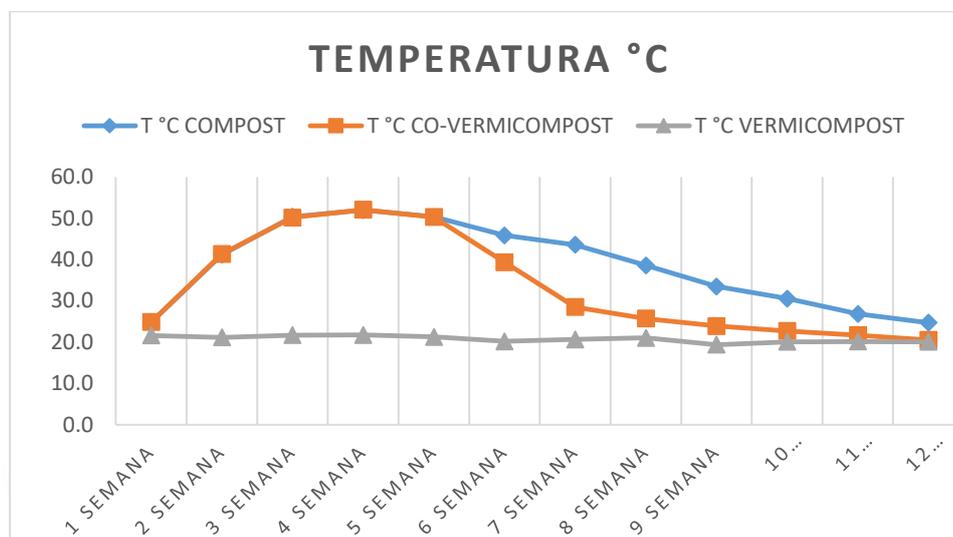
Tabla 13

Promedio de temperatura de las tres tecnologías durante doce semanas.

TEMPERATURA °C			
SEMANAS	COMPOST	PRECOMPOSTAJE	VERMICOMPOST
1 Semana	24.9	24.9	21.7
2 Semana	41.2	41.3	21.2
3 Semana	50.4	50.2	21.7
4 Semana	52.0	52.1	21.8
5 Semana	50.4	50.3	21.3
6 Semana	45.9	39.4	20.2
7 Semana	43.6	28.5	20.7
8 Semana	38.6	25.7	21.1
9 Semana	33.5	23.9	19.4
10 Semana	30.6	22.7	20.1
11 Semana	26.8	21.7	20.2
12 Semana	24.7	20.5	20.1

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 2

Control de Temperatura en doce Semanas**Fuente: Elaboración Propia**

La tabla 13 y la gráfica 2, muestran como varia la Temperatura (°C) durante el proceso de las tres tecnologías propuestas. Para la tecnología de compost y Precompostaje se pauta un promedio de 24.9 °C como temperatura inicial, a partir de la segunda semana se presentó una elevada temperatura de 41.2 °C y 41.3 °C, ocasionando una transición de mesófila a termófila, en la quinta semana presento una temperatura de 52 °C y por último en la tercera fase se obtuvo 24.7 °C., esto es en caso del compost; respecto al Precompostaje a la sexta semana se le añadió las lombrices rojas californianas variando así la temperatura de 39°C a 20°C hasta culminar el proceso de obtención de humus. Según Moreno y Moral, señalan que la temperatura es uno de los factores que influye de forma más crítica sobre la velocidad de descomposición de la materia orgánica durante el compostaje. (Moreno & Moral, 2008)

En tanto, basa tres fases en el proceso de descomposición aeróbica: fase mesófila inicial ($T < 45^{\circ}\text{C}$), donde se producen ácidos orgánicos; fase termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$); y fase mesófila final, considerando el proceso finalizado cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial. (Bueno, 2008)

Sin embargo, para la tecnología vermicompost se muestra una temperatura constante de alrededor de 19°C a 21°C en todo el proceso de obtención del abono. Un vermicompost se humificará en condiciones de temperaturas suaves de 20°C y humedad constante de 40% con una buena aireación y siempre protegido del sol directo (denominado como maduración), este proceso dura un promedio de tres meses indica el autor. (Calderón, 2019)

4.2.2. Control de pH

El pH se registró dos veces a la semana durante doce semanas para las tres tecnologías con sus respectivas repeticiones.

Tabla 14

Promedio del pH de las tres tecnologías durante doce semanas.

SEMANAS	T2 C	T3 COVE	T4 VC
1 Semana	6.3	5.9	7.6
2 Semana	6.8	6.4	7.1
3 Semana	7.5	7.5	7.4
4 Semana	8.3	8.3	8.2
5 Semana	8.2	8.3	7.5
6 Semana	7.9	7.7	7.5
7 Semana	7.7	7.4	7.4
8 Semana	7.5	7.2	7.2
9 Semana	7.4	7.1	7.1
10 Semana	7.3	7.0	7.0
11 Semana	7.2	7.2	7.2
12 Semana	7.1	7.1	7.1

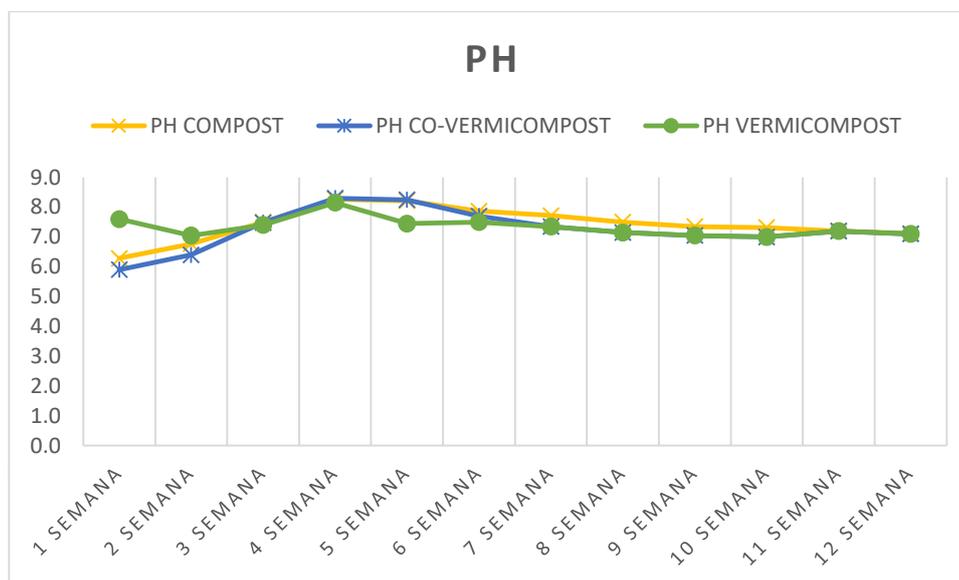
T2 C: Compost

T3 COVE: Covermicompost

T4 VC: Covermicompost

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 3

pH de las tres Tecnologías durante doce Semanas**Fuente: Elaboración Propia**

El pH de la pila de compost depende del material o mezcla de materiales que se va a compostar, el Ph es un buen indicador, al igual que la temperatura, en toda la marcha del proceso, y suele seguir una secuencia regular. En la tabla 14, se muestra que en la semana 4 y 5, el pH incrementa llegando a la alcalinidad alrededor de 8,2 y 8,3 de pH en compost y Precompostaje, posterior a ello se estabiliza a un Ph alrededor de 7. Según Durán, indican que, si en algún momento del Precompostaje se crean condiciones anaerobias, tiene lugar una liberación de ácidos orgánicos de cadena corta y se observa un descenso del pH. (Durán y otros, 2013)

Asimismo, reportan que las lombrices mueren después de ser sometidas a un pH 9.0, pero sobreviven y ganan peso cuando están expuestas a un pH en un rango de 6,0 a 9,0. Mientras Reyes & Guillé señalan que “valores óptimos deben encontrarse en 6.8 y 7.2. Durante el proceso de vermicompost en las 12 semanas mantuvo un pH de 7 a 8.2” (Reyes & Guillén, 2004).

Además, Durán y otro, en su estudio señala que “el pre-compostaje no es necesario cuando las pilas de vermicomposteo tienen menos de 50 cm de altura, lo que permite terminar la vermicomposta en 30 días” (Durán y otros, 2013).

4.2.3. Resultados del control de Humedad

La humedad se determinó dos veces por semana durante todo proceso de degradación en las tres tecnologías mencionadas.

Tabla 15

Promedio de la humedad de las tres tecnologías durante doce semanas.

SEMANAS	T2 C	T3 COVE	T4 VC
1 Semana	61.8	61.8	81.8
2 Semana	61.5	61.7	81.7
3 Semana	60.8	60.8	80.9
4 Semana	60.8	61.1	81.1
5 Semana	60.5	62.2	79.2
6 Semana	58.0	72.9	73.9
7 Semana	55.7	80.8	70.8
8 Semana	49.9	79.3	70.8
9 Semana	48.1	72.0	70.0
10 Semana	44.8	55.3	55.3
11 Semana	37.6	40.2	39.7
12 Semana	29.2	31.0	33.5

T2 C: Compost

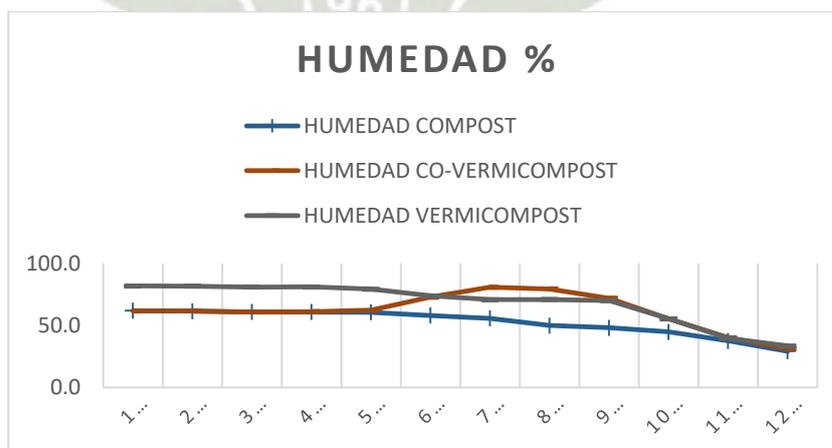
T3 COVE: Precompostaje

T4 VC: Precompostaje

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 4

Humedad en % de las tres Tecnologías en doce semanas



Fuente: Elaboración Propia

La tabla 15 y la gráfica 4. indican que la tecnología de compostaje y Precompostaje de la primera semana hasta la quinta semana se muestra una humedad relativa semejante de 61.8 a 62.2 %, una vez integrada las lombrices después de precompostaje fue incrementado la humedad llegando a un 80.8 %. Al finalizar la maduración del abono el compost llego a una humedad de 29.2% mientras el vermicompost a 31%. Sin embargo, el vermicompost mantiene una humedad constate desde la primera hasta la novena semana, de 81.8 a 70 %. Finalmente llegando a 33.5 % para extraer el abono a obtener. Por otro lado, Macaulay indica que la humedad es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción. Debe estar entre el 70 y 80%. Una humedad superior al 85 % hace que las lombrices entren en un período de latencia y se afecta la producción de vermicompost y la reproducción. Debajo de 70 % de humedad es una condición desfavorable. Niveles de humedad inferiores al 55 % son mortales para las lombrices. (Macaulay, 2007)

4.3. Evaluación de la calidad de macronutrientes asimilables por el cultivo

4.3.1. Caracterización de los parámetros Físicos, Químicos antes de la cosecha (AC)

4.3.1.1. Análisis Físico del suelo

Los resultados presentados corresponden al suelo inicial, es decir, antes de la adición de los tres tipos de abonos y antes de la cosecha de trigo.

4.3.1.1.1. Color del Suelo

Tabla 16

Color de suelo en una muestra en Seco de Cerro Colorado

	Matiz	Value	Chroma	Color de Suelo
	5YR	8	4	5YR 8/4 Rosa

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17

Color de suelo en una muestra en Húmedo de Cerro Colorado

	Matiz	Value	Chroma	Color de Suelo
	5YR	7	6	5YR 7/6 amarillo rojizo

Fuente: Elaboración Propia

Se puede evidenciar diversos colores que presentan este suelo. Los colores que predominan son de color rosa (5YR 8/4) en la muestra en seco y amarillo rojizo (5YR 7/6) en la muestra en húmedo, tal como se puede apreciar en la tabla 16 y 17.

A partir de estos resultados de la muestra de suelo, se notan que los tonos predominantes son los colores claros, el cual esto nos indica que existe bajos contenidos de materia orgánica, una escasa presencia de minerales ferromagnesianos y de manganeso. Según Juárez, la coloración de los suelos define los factores de formación del suelo como la roca madre, la vegetación natural y el clima. Asimismo, este autor indica que el potencial productivo de un suelo no sólo depende de la cantidad y balance de los nutrientes esenciales para las plantas, sino también de sus propiedades físicas, las cuales muchas veces no se toman en cuenta, como es el caso del color del suelo. Por ello se puede mencionar, que el color es un indicador indirecto de la presencia de algunos componentes del suelo que inciden en su fertilidad, estado físico y estado químico. (Juárez, 2018)

4.3.1.1.2. Clase Textural

En la tabla 18, se observan los resultados de textura clasificándose para el suelo en la clase textural Franco Arenoso según el Método del triángulo Textural porque presenta un 65.77% de arena con un 24.99 % en limo y 9.24 % de arcilla. Según, Barrientos Ramos & Rojas Cabrera indica que estos suelos se caracterizan por tener baja fertilidad y estar relacionados a problemas de falta de materia orgánica y a la mala aireación provocando una mínima adhesividad (consistencia) y baja retención de humedad,

debido a la rápida infiltración o velocidad con que el agua penetra por la superficie, siendo siempre mayor en suelos de textura gruesa que en suelos de textura fina como la mayoría de suelos en Perú que se caracterizan por una baja porosidad y baja retención de humedad que incurren negativamente en la productividad y no producir a menos que se agregue materia orgánica o fertilizantes químicos. (Barrientos Ramos & Rojas Cabrera, 2020)

Poseen poca retención de agua y son de fácil erosión, dificultando la germinación de semillas y la formación de cultivos. Sin embargo, menciona que son productivos cuando son manejados correctamente como el buen drenaje, con pendientes moderadas, de profundidad promedia y un contenido medio de nutrientes como materia orgánica o fertilizantes. En cuanto a textura, el trigo se da muy bien en suelos francos arcillosos o arcilla poco densa. Los suelos arenosos son poco fértiles, y las arcillas densas por sus condiciones físicas son difíciles de trabajar. (Martinez, 1976)

Tabla 18

Clase textural del suelo inicial

Análisis de Textura					
Clase	Dosis	Arena	Arcilla	Lomo	Clase Textural
Resultado inicial	0 gr	65.77 %	9.24 %	24.99 %	Franco Arenoso

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1.2. Análisis Químico del suelo

Tabla 19

Caracterización agroquímica inicial del suelo, donde se ejecutaron los experimentos

Elementos de ensayo							Cationes Cambiables				
pH	CE	MO	P	K	N	CaC O ₃	Ac I	Na+	K+	Ca+2	Mg+2
uni d	mS/cm	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g
7.60	0.47	0.36	41.04	192.49	0.02	0.05	3.559	0.087=	0.272=	2.400=	0.600=
								0.002%	0.01064%	0.04809%	0.00729%
<p>*Leyenda</p> <p><i>Ph: Potencial de hidrógeno</i> <i>C. E: Conductividad Eléctrica</i> <i>P: Fosforo</i> <i>K: Potasio</i> <i>N: Nitrógeno</i></p>							<p><i>CAC₀₃: Carbonato de Calcio</i> <i>Ac I: Acidez Intercambiable</i> <i>Na+: Sodio disponible</i> <i>K+: Potasio disponible</i> <i>Ca+2: Calcio disponible</i> <i>Mg+2: Magnesio disponible</i></p>				

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 19, se observan los análisis del suelo en la zona del CURAL en Cerro Colorado, en el cual se obtuvo un pH de 7,60 referente a la Tabla de Clasificación de suelos según Ttito su grado de Acidez este se encuentra dentro del rango de 7.4 a 8.1, que corresponde a un suelo ligeramente alcalino, por lo tanto, posee mejor asimilación de nutrientes y mayor actividad microbiana que son necesarias para incrementar la fertilidad del suelo debido a que se encuentra muy cerca a la neutralidad. (Ttito, 2017)

Según More, los cultivos presentan en general un mejor desarrollo a valores cercanos a la neutralidad, ya que en estas condiciones los elementos están más disponibles y hay un mayor equilibrio. Se debe considerar que el pH influye en la mineralización de nitrógeno, en la solubilidad del aluminio y solubilidad del calcio, magnesio y potasio, así como en otras propiedades del suelo. (More, 2018)

4.3.1.2.1. PH

El pH es importante ya que influye de modo notorio en la absorción de nutrientes por la raíz. Para las plantas, el pH ideal de una solución de nutrientes se da en un rango entre 5 y 6. Cuando el pH es superior a 6, se dificulta la absorción de los elementos como el boro, cobre y fosfatos. Cuando el pH desciende en exceso, es decir, por debajo de 5, la planta tiene

problemas para capturar otro tipo de sustancias. El principal obstáculo se da en la absorción de molibdeno, pero con un pH bajo también se obstaculiza la asimilación de nitrógeno y azufre. A valores escasos de pH puede producirse una intoxicación por manganeso y aluminio, debido a que la planta los absorbe con mayor facilidad (Bleiswijk, 2018).

4.3.1.2.2. Conductividad Eléctrica

La CE es de 0.47 dS/m lo que indica una concentración baja de electrolitos. Según la Tabla de Clasificación del suelo y su efecto en general sobre los cultivos a partir de la CE, se encuentra dentro de los rangos 1-2 dS/m que corresponden a un suelo muy bajo en sales, por lo tanto, solo algunos cultivos sensibles pueden verse restringidos en cuanto a su rendimiento. (Ttito, 2017)

Niveles altos provocarían la disminución del rendimiento de los cultivos ya que, influyen en la presión osmótica, con evidentes repercusiones sobre la vegetación, interfiriendo en el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Además, afecta cada aspecto de la fisiología de la planta y su metabolismo. La alta concentración de sales le ocasiona un desequilibrio iónico y estrés osmótico. Un fuerte estrés salino rompe la homeostasis del potencial hídrico y la distribución de iones. Los efectos de las sales en las plantas se presentan cuando son sometidas a elevadas concentraciones de una sal, lo que afecta la retención del agua, y de los efectos iónicos que esto ocasiona, muy específicamente sobre el citoplasma y las membranas de las células. El estrés salino rompe la homeostasis iónica de las plantas al provocar un exceso tóxico de sodio (Na^+) en el citoplasma y una deficiencia de iones como el potasio (K^+). (Mata y otros, 2014)

4.3.1.2.3. Carbonato de Calcio

Por otra parte, el valor del % CaCO_3 muestra que está presente en el suelo en un 0.29%. Por lo cual, los niveles se consideran muy bajos. Según Gonzales los carbonatos son importantes porque influyen en las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo, aportan elementos como calcio, magnesio y otros nutrientes. El tamaño de las partículas es fundamental, porque determina la eficacia de su reacción con el pH del

suelo ya que posee mayor espacio para las reacciones químicas. Unos de los factores más importantes del suelo en el que influye el carbonato de calcio es el pH, ya que neutraliza la acidez del suelo. También interviene en la reducción de la concentración de Al en el suelo, suelos más porosos y oxigenados, por eso existe el aumento de la disponibilidad de P, K, Mg y mejora en procesos de nitrificación. Por otro lado, los carbonatos de calcio en las plantas resultan de gran importancia pues aportan en la nutrición vegetal, porque mejoran el crecimiento y formación de las raíces, neutraliza las sustancias tóxicas que puedan producirse en las plantas. Disminuye la concentración de aluminio y así se evitará que las plantas tengan problemas en la división celular en sus raíces, es por eso por lo que muchas veces en los suelos ácidos el sistema radicular crece con dificultades y no se desarrolla correctamente. También, el carbonato de calcio en muchos casos inhibe en la absorción de Cd y otros metales pesados en las plántulas. En suelos ácidos, se usa mayormente el carbonato de calcio ya que lo neutralizará, brindará calcio para nutrir las diferentes plantas y se precipitará en el suelo como carbonato de cadmio. (Gonzales, 2017)

4.3.1.2.4. **Materia Orgánica**

“El % MO muestra que el suelo con 0.36 % se encuentra clasificado como bajo según la Tabla de Interpretación de MO, fósforo y potasio lo que indica un suelo pobre” (Ttito, 2017).

La materia orgánica desempeña un papel importante sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; siendo el componente responsable del crecimiento de las plantas y microorganismos, al influir en el movimiento (infiltración) y almacenamiento del agua, influye en la formación y estabilización de los agregados, garantiza mejor aireación, y de ser una fuente de nutrientes. El aporte de la materia orgánica al suelo es importante para la fertilidad, y resulta de vital importancia en la actividad de los microorganismos para que las formas orgánicas de los nutrientes pasen a las formas minerales. (Ticona, 2018)

4.3.1.2.5. Fósforo

En cuanto al Fosforo tiene un 41.04 ppm comparando con la Tabla de interpretación de MO, Fosforo y Potasio, tuvo valores >14 ppm significaría el suelo inicial es rico en fosforo, según este sería un factor de ventaja ya que, el fosforo es un nutriente esencial para las plantas y animales por su intervención en numerosas reacciones que implican almacenamiento y liberación de energía. (Ttito, 2017)

Es uno de los nutrientes más estudiados en el mundo por la disciplina fertilidad de suelos Para el Potasio con 192.49 ppm comparado con la Tabla de Interpretación de MO, fosforo y potasio, este se encuentra entre 100-240 ppm clasificado como adecuado para fines agrícolas. (Morón, 2014)

4.3.1.2.6. Potasio

El potasio (K) al igual que el fósforo es un elemento nutritivo esencial para los vegetales, las cuales necesitan cantidades elevadas de este nutriente siendo semejante al requerimiento de nitrógeno. Se lo encuentra en todos sus órganos movilizándose fácilmente de una parte a otra de la planta. El K cumple un rol importante en la activación de un número de enzimas, que actúan en diversos procesos metabólicos tales como fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos; también tiene incidencia en el balance de agua y en el crecimiento meristemático. Al participar de estos procesos metabólicos el K actúa favoreciendo el crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos. (Elvira, 2007)

4.3.1.2.7. Saturación de cationes

Respecto al % de Saturación de Cationes en el suelo se muestra un 0.04809% de Ca^{+2} y 0.01064% para K^{+} considerando los valores de la Tabla de Interpretación del Porcentaje de Saturación de Cationes, son adecuados para suelos agrícolas sin embargo el Mg^{+2} presenta 0.00729% superior al rango de 10-15% pudiendo generar problemas de antagonismo, en el caso de Na^{+} con 0.002% se le clasifico como un suelo salino indicando que no es el catión predominante, no obstante el suelo no muestra presencia de Al^{+3} . (Ttito, 2017)

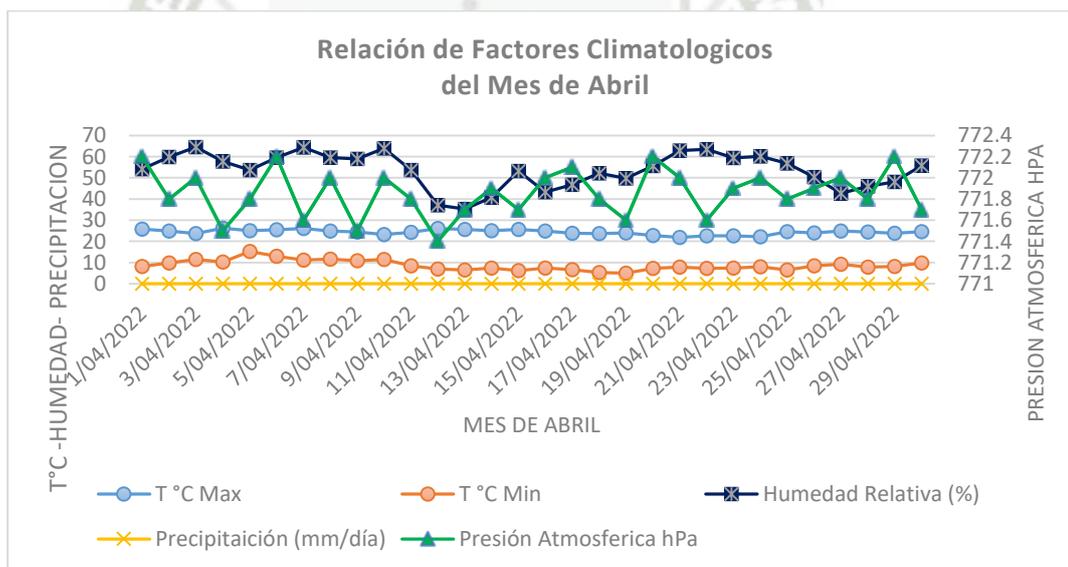
4.3.2. Evaluación de factores climaticos durante de la cosecha (AC)

El periodo de ejecución fue del 01 de abril al 31 de mayo del año 2022. El proceso se inició con la habilitación del área experimental y con la preparación de las dosificaciones de abono en cada unidad, continúo con la siembra de las semillas de trigo por cuadrante. Después, se realizó el seguimiento y monitoreo de las plantas sembradas y culminó con la cosecha de las plantaciones. A continuación, se presentan los valores de los factores climatológicos (ver gráfica 5, 6, 7, 8 y 9) durante este periodo de tiempo.

4.3.2.1. Relación de la Temperatura, humedad, precipitación y presión atmosférica

Gráfica 5

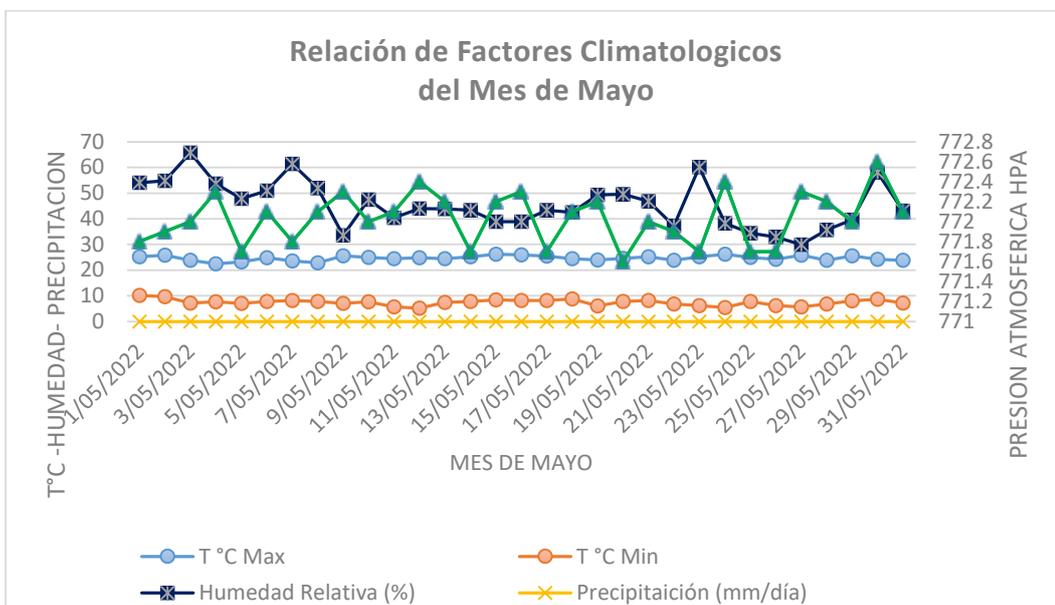
Relación de la T°, H%, Precipitacion y Presion Atmosferica del mes de Abril



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 6

Relacion De La T°, H%, Precipitacion y Presion Atmosferica del mes de Mayo



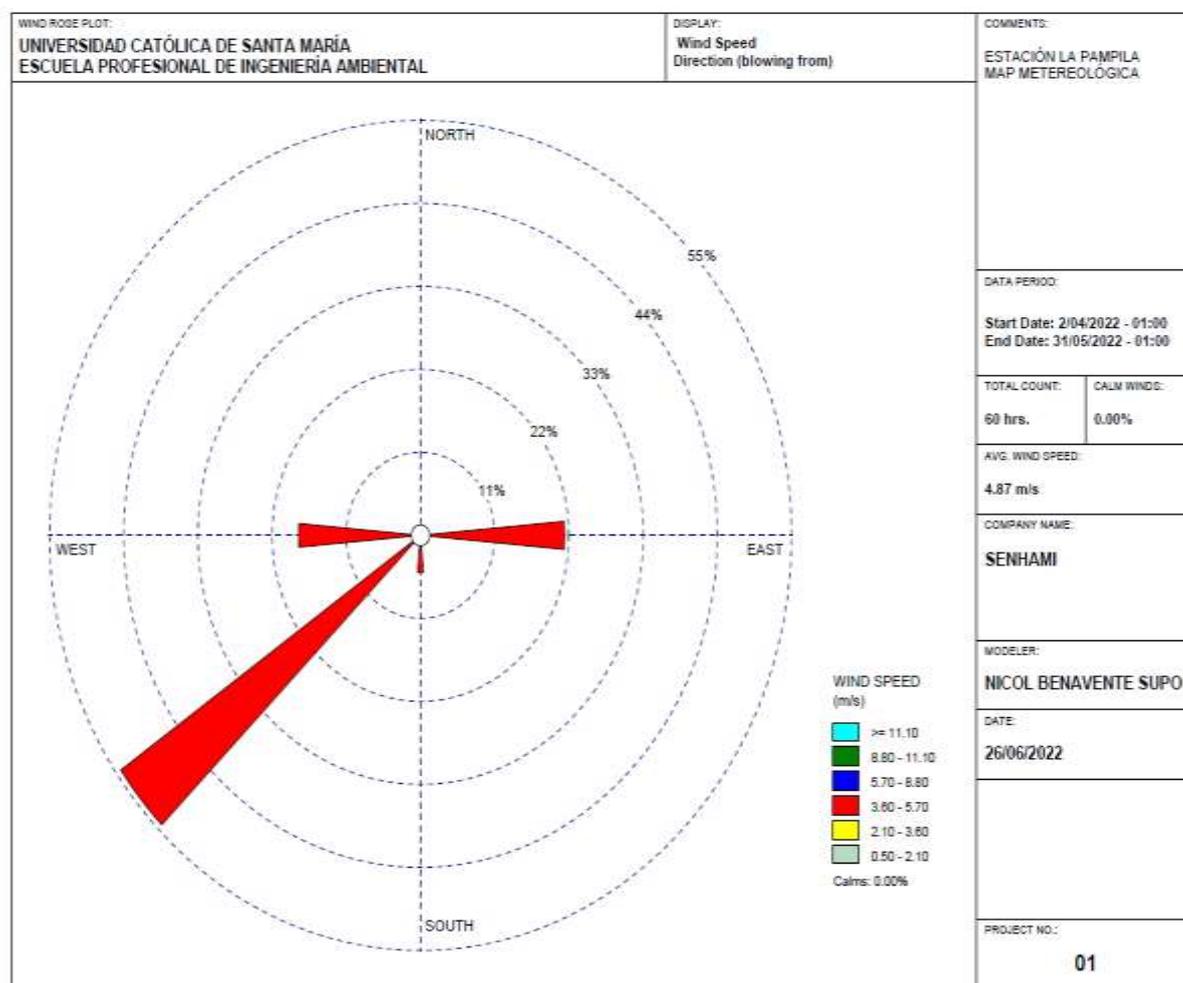
Fuente: Elaboración Propia

Los factores climáticos son importantes para el desarrollo del cultivo. Para germinar el grano de trigo necesita una temperatura óptima de 20-25°C, pero puede germinar desde los 3-4°C hasta los 30-32°C. En nuestro estudio durante el crecimiento de la planta se presentó una T max de 26.2°C y T min de 5 °C, mientras la humedad del ambiente se mostró un 65.7 %. El aire es necesario para activar los procesos de oxidación, por tanto, la capa superficial del terreno debe estar suave; la humedad del trigo no debe sobrepasar el 11%, cuando se sobrepasa este porcentaje de humedad la conservación del grano se hace difícil. Asimismo, la temperatura, diferencia de presión de vapor (la que puede tener efecto en la apertura estomática y transpiración), pero las plantas también pueden responder a los efectos directos e indirectos del mismo. (Infoagro, 2020)

4.3.2.2. Dirección del Viento

Gráfica 7

Representación de la Rosa de Vientos de los meses de Abril y Mayo



Nota: Se utilizó el programa WR PLOT.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica 6, se muestra la rosa de vientos con los datos de la tabla 40 que se encuentra en anexos, indica que existe una frecuencia del 55% de vientos hacia el Suroeste con una velocidad de 3.60 a 5.70 m/s, un 11% de frecuencia hacia el este y menos del 11% hacia el oeste con una velocidad de 3.60 a 5.70 m/s. Ya que, todas las velocidades registran un valor de 4 a 5 m/s se consideran dos tipos de viento según la Escala de Beaufort; la primera es Bonancible, es decir de brisa moderada y es caracterizado por levantar polvo, papeles y agitación en las copas de los árboles; la segunda es Brisa Fresca, y

se caracteriza por generar pequeños movimientos de los árboles y ondulaciones en las superficies de lagos. Estos valores indicarían que se registraron vientos moderadamente leves, pero con dirección predominante al oeste durante el tiempo de realización de la investigación. Según, el viento influye de forma directa e indirecta en el crecimiento de las plantas, el balance térmico de la hoja, la tasa de transpiración, la absorción de energía, resistencia estomática y fotosíntesis. (Golberg, 2010)

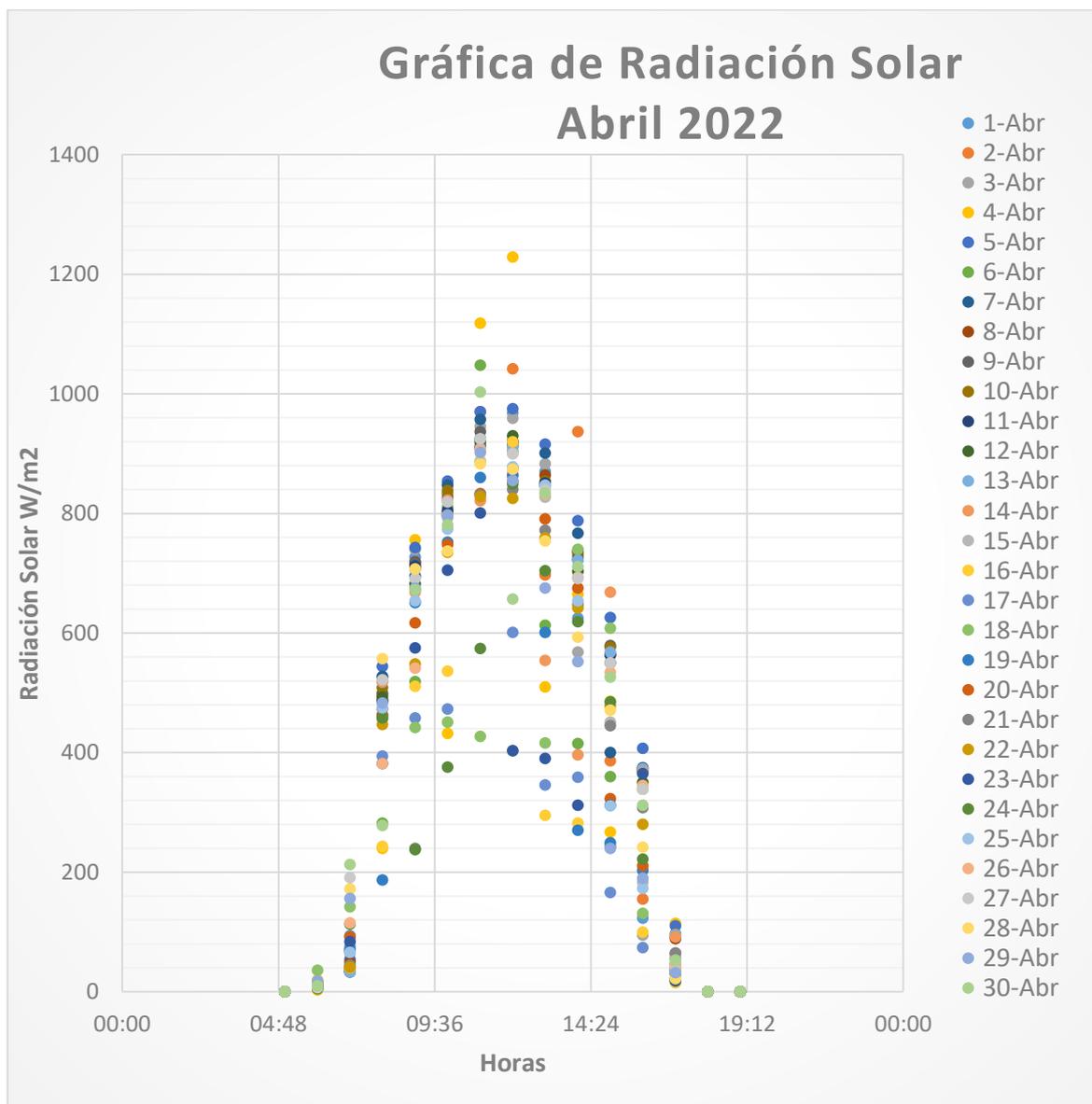
Otros autores indican que induce a cambios en las condiciones atmosféricas alrededor de las hojas, alteración en el patrón de crecimiento y aplazar el desarrollo de la planta, según los autores el viento puede causar diversos tipos de lesiones como zonas blanquecinas, necrosis, plegado, rasgado, alteración de las ceras epicuticulares entre otras. (Kin & Ledent, 2002)

El autor Golberg menciona que en vientos de 7,4 m/s se genera una disminución del crecimiento de en los órganos de las plantas y de la elongación foliar en plántulas de maíz, siendo así el efecto adverso más conocido reduciendo el crecimiento en la altura del tallo e incremento del diámetro. Sin embargo, los valores de viento registrados no indicarían que existe un efecto adverso sobre las plantas ya que las velocidades promedio registradas indican de 4 a 5 m/s siendo considerado un valor óptimo para el desarrollo y crecimiento de las plantas de maíz durante el periodo de experimento. (Golberg, 2010)

4.3.2.3. Radiación Solar

Gráfica 8

Radiación Solar del mes de Abril

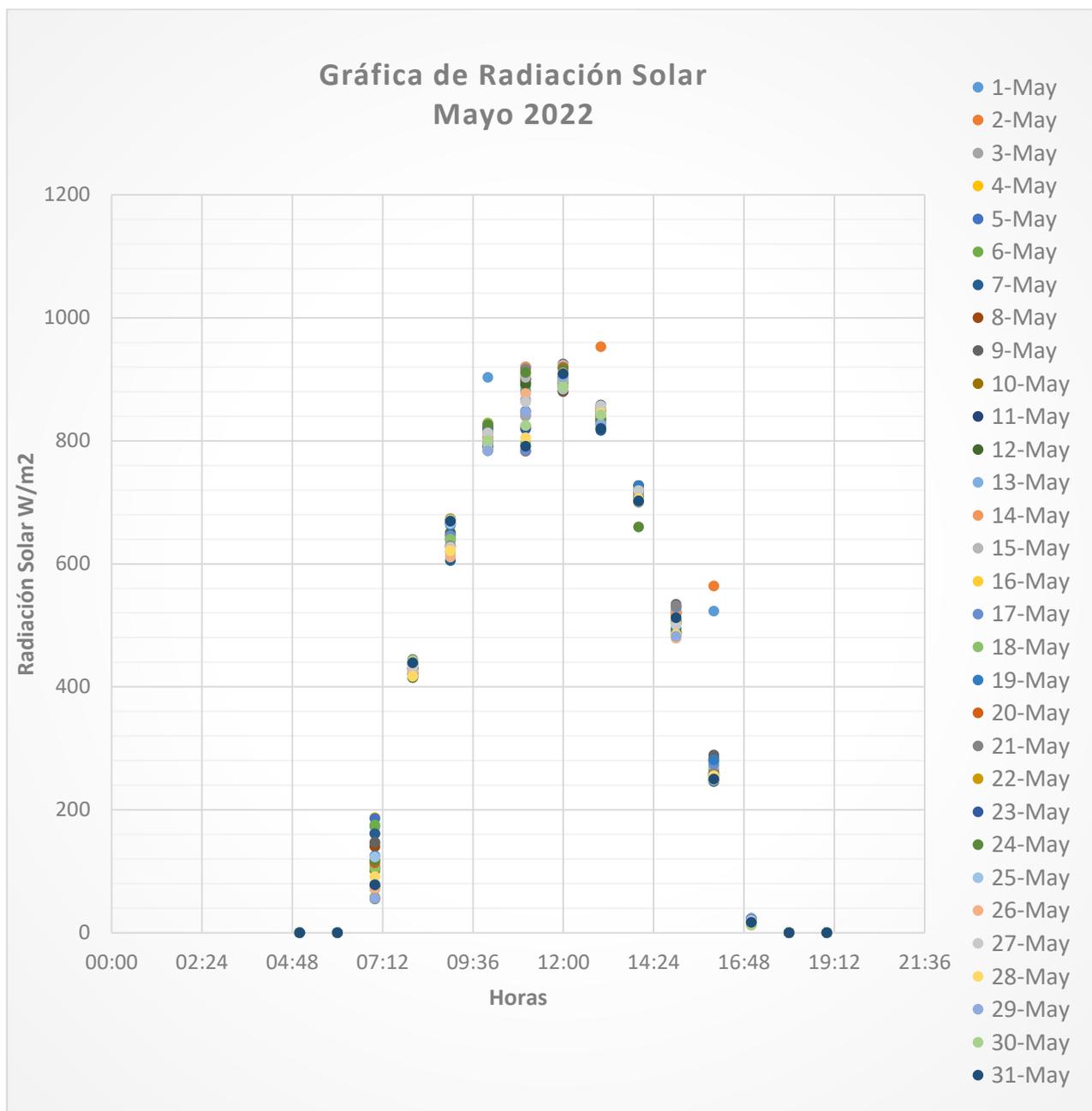


Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico, los valores más altos se registran de 10:00 am a 14:00 pm y los valores picos a las 12:00 am. Los días con mayor radiación corresponden a 2; 4 y 6 de abril, los días con menor radiación 23; 17 y 30. Como promedio se tienen valores de 522 w/m2 a media mañana, 925 w/m2 a medio día, 691 w/m2 media tarde.

Gráfica 9

Radiación Solar del mes de Mayo



Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico 7 y 8, los valores más altos se registran de 10:00 am a 14:00 pm y los valores picos a las 12:00 am. Los días con mayor radiación corresponden a 24; 30 y 31 de mayo, los días con menor radiación 14; 22 y 25. Como promedio se tienen valores de 813 w/m² a media mañana, 909 w/m² a medio día, 719 w/m² media tarde.

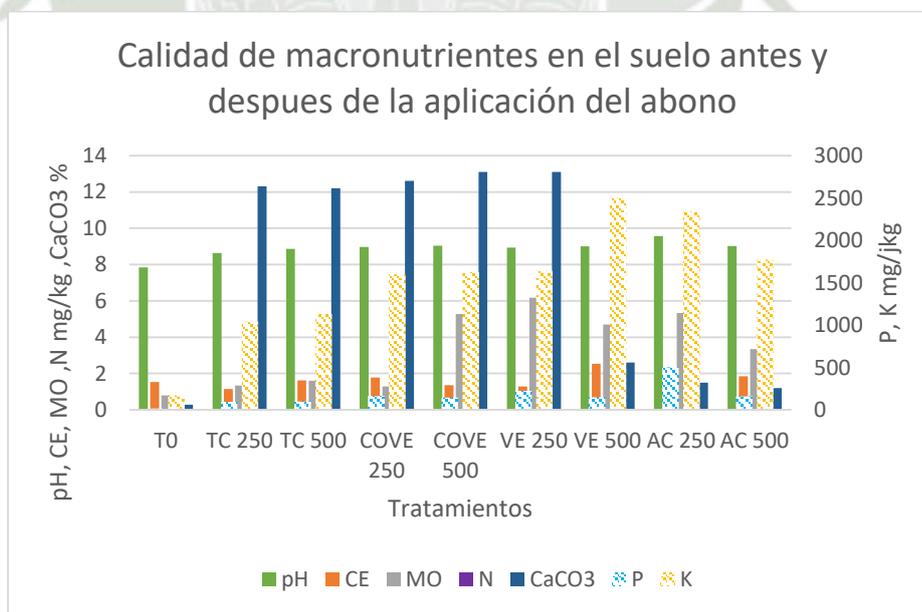
Según, Chambi señala que “Arequipa tiene una elevada radiación solar por encontrarse entre 850 y 950 watt por metro cuadrado y estos valores podrían influir sobre el crecimiento de los cultivos” (Chambi, 2018), ya que, según, Carrasco indica que “la radiación UV tendría un impacto en la morfología de las plantas a través de la disminución del crecimiento, de la fotosíntesis y de la producción de biomasa” (Carrasco, 2009), según Jiménez también sostiene que “el calor intensifica la respiración de las plantas con relación con la fotosíntesis, lo que puede provocar una paralización del crecimiento pudiendo haber generado un efecto adverso en el crecimiento de las plantas de trigo” (Jiménez, 2020).

4.3.3. Caracterización de los parámetros Físicos, Químicos después de la cosecha (AC)

En la Tabla 19, se presentan los resultados de los parámetros físicos y químicos del suelo antes de la cosecha y en la tabla 20 después de dos meses realizada la plantación del trigo sobre las unidades experimentales.

Gráfica 10

Resumen de graficas del detalle de los tratamientos



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20

Caracterización agroquímica inicial del suelo, donde se ejecutaron los experimentos

	Dosis	pH	Conduct	M.O	P	K	N	CaCO3	Na+	K+	Ca+2	Mg+2
Tratamiento	Gr	unid	mS/cm	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g
T0	0	7.85	1.53	0.79	16.8	170.1	0.02	0.29	2.07 0.04759%	0.565 0.02209%	3.91 0.078	0.79 0.0096%
C1	250	8.63	1.14	1.34	95.00	1041.57	0.07	12.30	3.29 0.07564%	2.25 0.08798%	9.56 0.19157%	4.83 0.0587%
C2	500	8.87	1.61	1.60	98.40	1130.73	0.09	12.20	4.21 0.09679%	2.85 0.11144%	8.68 0.17394%	3.99 0.04849%
CoVe1	250	8.96	1.78	1.28	160.60	1599.11	0.13	12.60	4.28 0.0984%	3.93 0.15366%	8.73 0.17494%	3.21 0.03901%
CoVe2	500	9.03	1.35	5.28	142.20	1624.41	0.11	13.10	3.97 0.09127%	3.87 0.15132%	12.00 0.24047%	2.43 0.02953%
Vc1	250	8.93	1.29	6.18	221.00	1640.78	0.15	13.10	4.20 0.09656%	4.30 0.16813%	13.52 0.27093%	4.02 0.04885%
Vc2	500	9.01	2.53	4.70	148.80	2499.06	0.22	2.60	10.49 0.24116%	7.55 0.2952%	12.30 0.24648%	1.59 0.01932%
Ac1	250	9.56	1.31	5.33	500.00	2334.83	0.25	1.50	1.58 0.03632%	6.40 0.25024%	12.65 0.25349%	7.99 0.0971%
Ac2	500	9.02	1.85	3.34	159.20	1771.70	0.23	1.20	3.82 0.08782%	4.31 0.16852%	8.71 0.17454%	3.20 0.03889%
<p>*Leyenda <i>C1: Compost en dosis 250 gr/parcela</i> <i>C2: Compost en dosis 500 gr/parcela</i> <i>Vc1: Vermicompost en dosis 250 gr/parcela</i> <i>Vc2: Vermicompost en dosis 500 gr/parcela</i></p>								<p><i>CoVe1: Precompostaje en dosis 250 gr/parcela</i> <i>CoVe2: Precompostaje en dosis 500 gr/parcela</i> <i>Ac1: Abono comercial en dosis 250 gr/parcela</i> <i>Ac2: Abono comercial en dosis 500 gr/parcela</i> <i>T0: Testigo</i></p>				

Fuente: Elaboración Propia

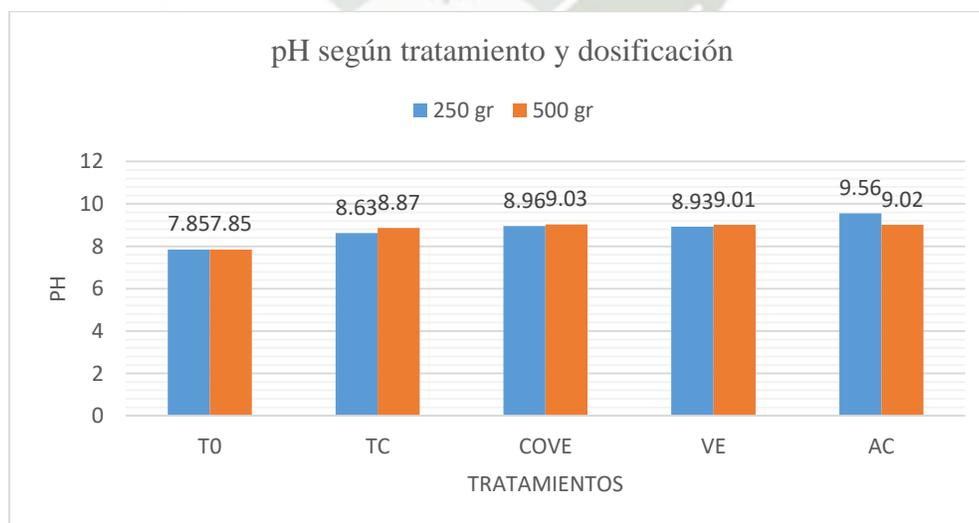
Para comprender e interpretar estos resultados de los análisis de fertilidad, es recomendable valerse de valores guía sobre las cantidades adecuadas para cada uno de los parámetros que podemos encontrar en el suelo. Además, no solo se trata de comparar lo que resulta de nuestro análisis con los valores guía, sino también es importante comprender como cada parámetro influye y afecta a la fertilidad del suelo.

En este apartado, se mostrará los principales hallazgos y características relacionadas con cada parámetro obtenido en el campo, facilitando así la interpretación del informe de resultados de nuestras muestras. Para tal fin, se utilizará la tabla general de interpretación de análisis de los suelos agrícolas (McKean, 1993) y adaptada, donde se establecen 3 rangos para cada parámetro: BAJO, MEDIO y ALTO. Para los valores de pH (Potencial Hidrógeno) se han establecido 5 rangos con sus valores y tipo de suelo agrícola. Los 3 primeros serían característicos de valores BAJOS de pH, el cuarto de MEDIOS y el quinto de ALTOS. (Ttito, 2017)

4.3.3.1. pH

Gráfica 11

Análisis de pH despues de la Cosecha



Fuente: Elaboración Propia

Nota:

T0: Tratamiento sin dosificación

TC: Compost

COVE: Precompostaje

VE: Vermicompost

AC: Abono Comercial

En el gráfico 10, se puede observar que los rangos de pH de las muestras se encuentran entre 7.85 a 9.56, por lo cual, según el Gobierno Autónomo de Provincia de Orellana esto indicaría que los valores son muy altos, es decir el suelo es muy Alcalino lo cual generaría la disminución de disponibilidad de P, Cu, Fe, Zn. Según las muestras de suelo se encuentran entre moderadamente alcalino a fuertemente alcalino, el tratamiento inicial T0 con 7.85 se encuentra en Moderadamente alcalino, y las muestras TC 250, TC 500, COVE 250, COVE 500, VE 250, VE 500, AC 250, AC 500 se encuentra en Fuertemente alcalino. (Villarreal, 1988)

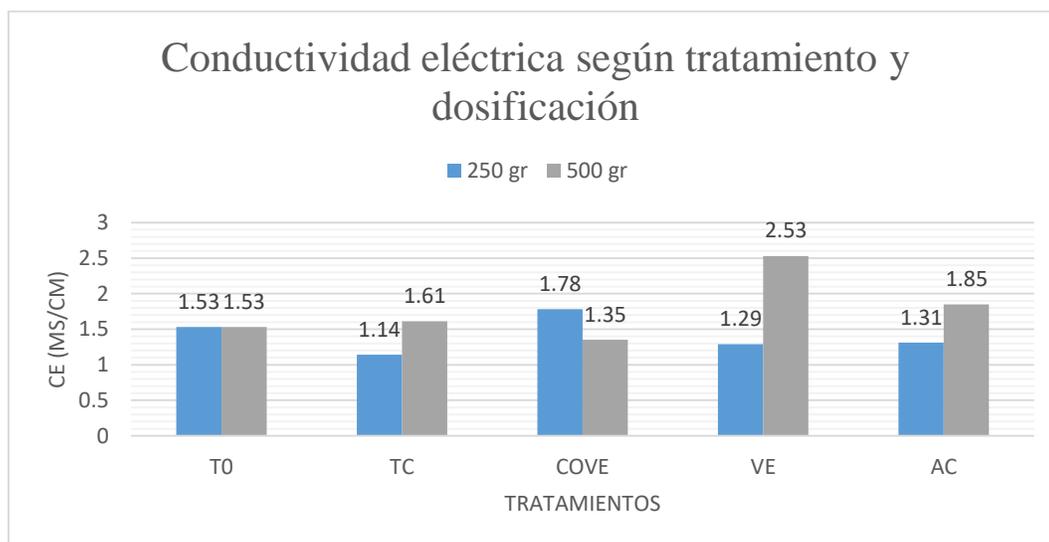
También indica que las plantas tienen necesidades específicas de pH, por lo que, muchas veces es necesario alterarlo para poder realizar cultivos exitosos. En el caso del cultivo de Trigo, este crece a un pH de 5.5 a 8.0. El pH influye en la asimilabilidad de los nutrimentos. Por otro lado, el Gobierno Autónomo de Provincia de Orellana, indica que el pH es un indicador de la presencia o ausencia de nutrientes en el suelo y de su posible absorción. Los valores entre 5.5 y 7 son los preferibles para la producción agrícola, ya que son aptos para la mayoría de los cultivos y permiten una buena absorción del fósforo. Valores superiores a 7 se traducen en una gran dificultad para el desarrollo de la mayoría de los cultivos. (Gobierno Autónomo de Provincia de Orellana, 2016)

Por encima de 7 los suelos son considerados básicos o alcalinos. Generalmente por saturación de calcio, se imposibilita la presencia de otros elementos como, por ejemplo, el hierro. Según, Tito referente a la “Tabla de Clasificación de Suelo según el grado de Acidez, categoriza a estos datos como de Ligeramente alcalino a fuertemente alcalino” (Tito, 2017).

4.3.3.2. Conductividad Eléctrica

Gráfica 12

Conductividad Eléctrica después de la Cosecha



Fuente: Elaboración Propia

Nota:

- T0: Tratamiento sin dosificación
- TC: Compost
- COVE: Precompostaje
- VE: Vermicompost
- AC: Abono Comercial

Los rangos de Conductividad Eléctrica se encuentran entre 1.14 a 2.53 ms/cm, según Villarroel la salinidad es uno de los problemas más frecuentes en suelos y según la clasificación en suelo: agua 1:1, T0; TC 250; TC 500; COVE 250; COVE 500; VE 250 y AC 250, corresponderían a suelos Débilmente salinos el cual se caracteriza por generar condiciones óptimas en la cual, prosperan la mayoría de los cultivos. Sin embargo, VE 500 y AC 500 se caracterizarían por ser suelos Fuertemente salinos generando así condiciones donde solo los cultivos tolerantes pueden rendir de forma satisfactoria. (Villarroel, 1988)

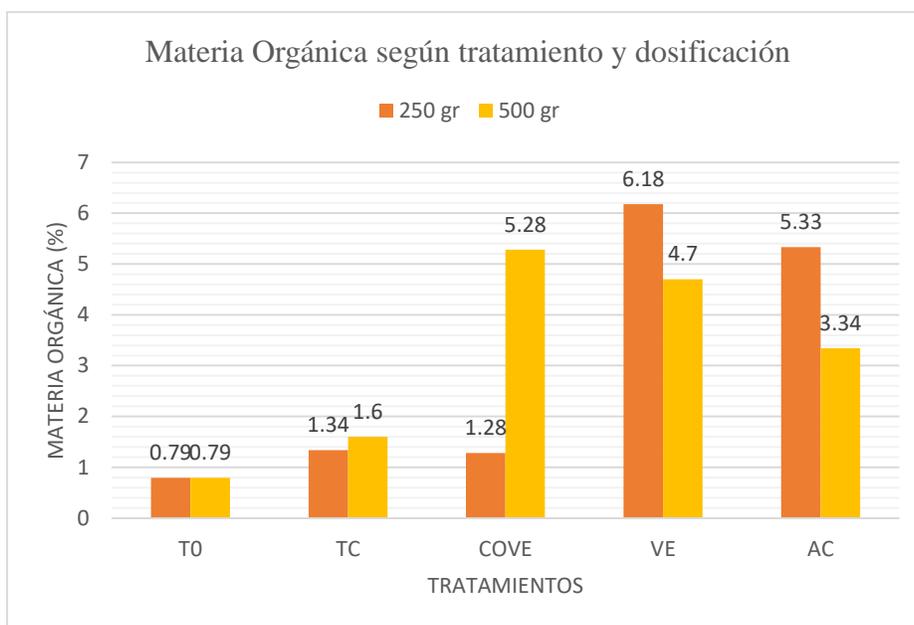
Según Ttito indica que los valores de 1 a 2 corresponden a suelos muy bajo en sales y pocos cultivos pueden verse restringidos por rendimiento. Sin embargo, el

tratamiento de VE 500 correspondería a un suelo Moderadamente salino generando así que algunos cultivos puedan verse afectados. (Ttito, 2017)

4.3.3.3. Materia Orgánica

Gráfica 13

Materia Orgánica después de la Cosecha



Fuente: Elaboración Propia

Nota:

- T0: Tratamiento sin dosificación
- TC: Compost
- COVE: Precompostaje
- VE: Vermicompost
- AC: Abono Comercial

Como se puede apreciar en la tabla 20 de la parte de superior, los valores obtenidos por el método Walkley y Black oscilan entre 0.79 a 6.18, la materia orgánica es variable, según Villarroel, esto se debe a que puede haber desde trazas en los suelos desérticos hasta un 90 - 95 % en los turbosos. Los horizontes A de suelos explotados agrícolamente presentan por lo general valores entre 0.1 % y 10 % de materia orgánica, cuyo contenido decrece con la profundidad en el perfil del suelo. (Villarroel, 1988)

Según la clasificación de suelos Villarroel indicaría que T0 presenta muy baja cantidad de MO; los tratamientos de TC 250; TC 500; COVE 250 tienen valores bajos y AC 500 presenta niveles Moderados, los tratamientos COVE 500; VE 250, VE 500 y AC 250 tienen un porcentaje de materia orgánica Muy Altos. (Villarroel, 1988)

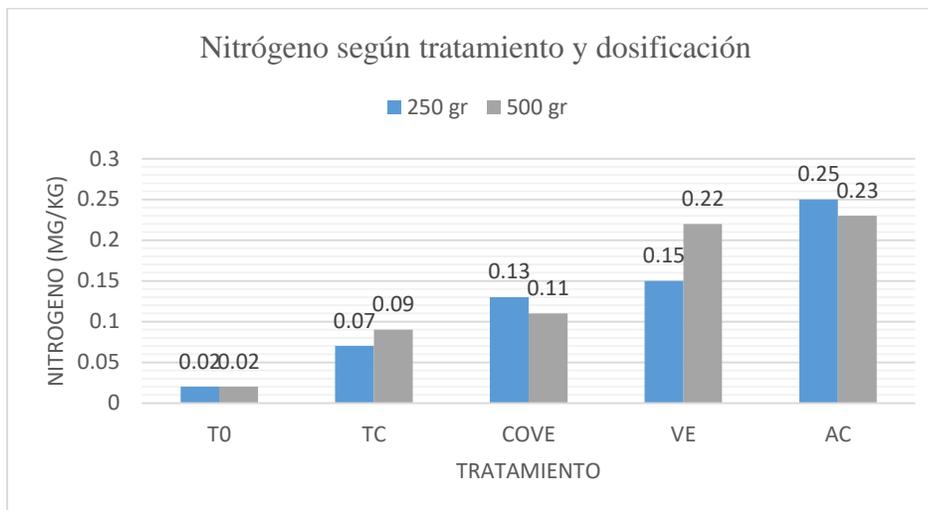
Por otro lado, Gobierno Autónomo de Provincia de Orellana indica que “todos los valores son categorizados como bajos debido a que consideran valores mayores a 6.9 como medios y mayores a 11% como altos” (Gobierno Autónomo de Provincia de Orellana, 2016).

Según Tito menciona que los tratamientos T0; TC 250; TC 500; COVE 250 tienen valores bajos de materia orgánica; AC 500 presenta contenido Medio y los tratamientos COVE 500, VE 250, VE 500 y AC 250 se categorizan en niveles Altos. Es importante considerar que el contenido de materia orgánica tiene efecto directo sobre la fertilidad. Su coloración oscura permite una mayor absorción de la radiación y regulación de la temperatura del suelo y de los procesos que tienen lugar en él. Sus características de densidad facilitan la retención de humedad y evitan la resequedad del terreno, favoreciendo el desarrollo de organismos y solubilizando los nutrientes para su crecimiento. Además, actúa como regulador de pH, una de las principales amenazas para los organismos, por lo cual, es una variable importante en el rendimiento y cultivos de suelos agrícolas. (Tito, 2017)

4.3.3.4. Nitrógeno

Gráfica 14

Nitrógeno después de la Cosecha



Fuente: Elaboración Propia

Nota:

- T0: Tratamiento sin dosificación
- TC: Compost
- COVE: Covermicompost
- VE: Vermicompost
- AC: Abono Comercial

Según Gobierno Autónomo de Provincia de Orellana, indica que la presencia de nitrógeno es importante para el desarrollo y fotosíntesis, usualmente se presentan en los compuestos de amonio y nitratos los cuales son los más asimilables. Según los resultados obtenidos, T0 contiene muy baja cantidad de nitrógeno, TC 250; TC 500; COVE 250; COVE 500 y VE 250 presentan niveles bajos y los tratamientos VE 500; AC 250; AC 500 presentan niveles de nitrógeno altos según la clasificación. (Villarroel, 1988)

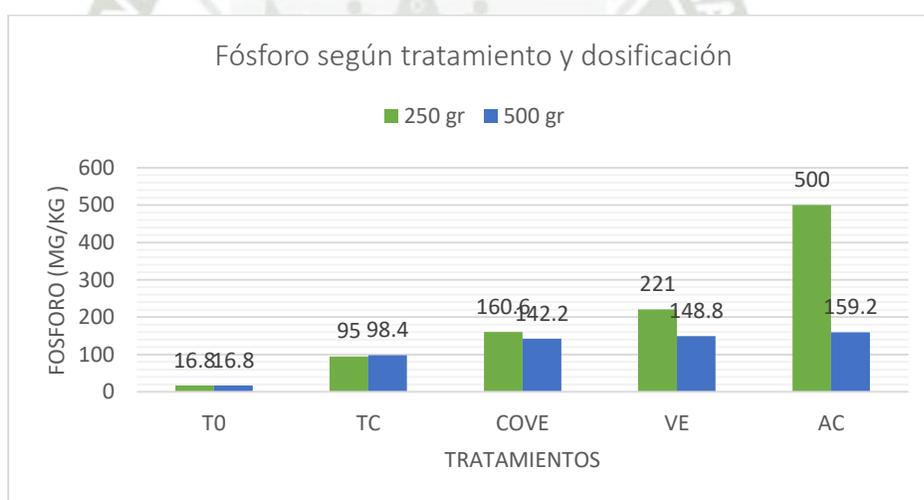
Por otro lado, Gobierno Autónomo de Provincia de Orellana, menciona que “los tratamientos T0; TC 250; TC 500; COVE 250; COVE 500 y VE 250 tienen valores bajos y VE 500; AC 250; AC 500 tienen valores medios” (Gobierno Autónomo de Provincia de Orellana, 2016).

Según Ttito, indica que T0; TC 250; TC 500 tienen valores bajos. Los tratamientos de COVE 500; VE 250 son valores medios y VE 500; AC 250; AC 500 contienen alto contenido de nitrógeno. Sin embargo, se debe considerar, que un exceso de nitrógeno genera que las especies tienden a crecer más, algo negativo ya que lo hacen a expensas de retrasar las etapas de fructificación y maduración. Esto se debe a que los tejidos de las plantas se comportan durante más tiempo como tiernos y son más blandos, pudiendo crecer más, pero provocando un mayor riesgo a contraer enfermedades. El resultado final suele ser un menor rendimiento de la cosecha. Y el déficit de nitrógeno, suele provocar la detención del crecimiento de las especies. (Ttito, 2017)

4.3.3.5. Fósforo

Gráfica 15

Fósforo después de la Cosecha



Fuente: Elaboración Propia

Nota:

- T0: Tratamiento sin dosificación
- TC: Compost
- COVE: Precompostaje
- VE: Vermicompost
- AC: Abono Comercial

Respecto a clasificación e interpretación de los análisis de P en laboratorio obtenido por el método AS-11, por el procedimiento de Olsen y colaboradores realizado por

INIA, nos muestran que este método se emplea de manera general en suelos con pH = 6.5 o mayores, porque se ha podido encontrar que el pH es un factor fundamental en la interpretación de los datos obtenidos por este método. (Villarroel, 1988)

En nuestros resultados de muestras de suelos se dieron Ph mayores 7.85 y en efecto la variación de P fue notoria en cada tratamiento, El contenido de Fósforo varía de 16.8 mg/kg en el tratamiento inicial 0 gr de abono a 500 mg/kg del tratamiento con el abono comercial a 250 g. Por otro lado, este elemento es el encargado de transferir la energía a las células de la planta y su presencia es muy importante durante toda la etapa de crecimiento y desarrollo de las raíces, especialmente en la maduración de los frutos y semillas, aportando también capacidad de resistencia a las enfermedades y a las altas temperaturas. (Gobierno Autónomo de Provincia de Orellana, 2016)

Asimismo, si el elemento no está presente, existe ineficiente floración y las raíces son pocas desarrolladas, como también provoca resequeidad en los brotes y una coloración pálida en los tonos verdosos y color castaño en las hojas.

Mientras en la interpretación según la Tabla de MO, Fosforo y Potasio valores >14 ppm significaría el suelo inicial es rico en fosforo, según este sería un factor de ventaja ya que, el fosforo es un nutriente esencial para las plantas y animales por su intervención en numerosas reacciones que implican almacenamiento y liberación de energía. Es uno de los nutrientes más estudiados en el mundo por la disciplina fertilidad de suelos. Para el Potasio con 170 ppm comparado con la Tabla de Interpretación de MO, fosforo y potasio, este se encuentra entre 100-240 ppm clasificado como adecuado para fines agrícolas. (Morón, 2014)

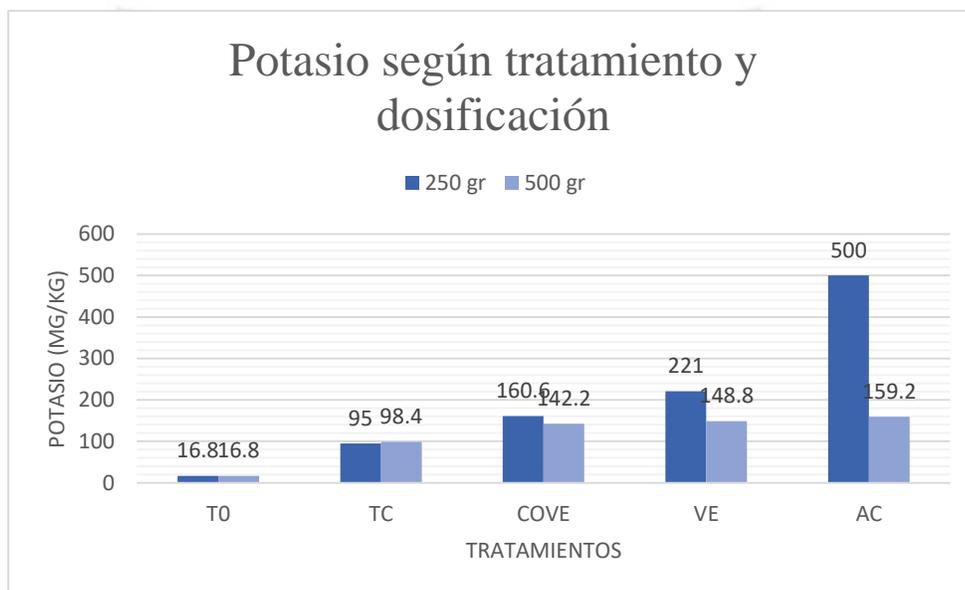
4.3.3.6. Potasio

El potasio (K) al igual que el fósforo es un elemento nutritivo esencial para los vegetales, las cuales necesitan cantidades elevadas de este nutriente siendo semejante al requerimiento de nitrógeno. Se lo encuentra en todos sus órganos movilizándose fácilmente de una parte a otra de la planta. El K cumple un rol importante en la activación de un número de enzimas, que actúan en diversos procesos metabólicos tales como fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos;

también tiene incidencia en el balance de agua y en el crecimiento meristemático. Al participar de estos procesos metabólicos el K actúa favoreciendo el crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos. (Elvira, 2007)

Gráfica 16

Potasio despues de la Cosecha



Fuente: Elaboración Propia

Nota:

- T0: Tratamiento sin dosificación
- TC: Compost
- COVE: Precompostaje
- VE: Vermicompost
- AC: Abono Comercial

4.3.3.7. CaCO₃

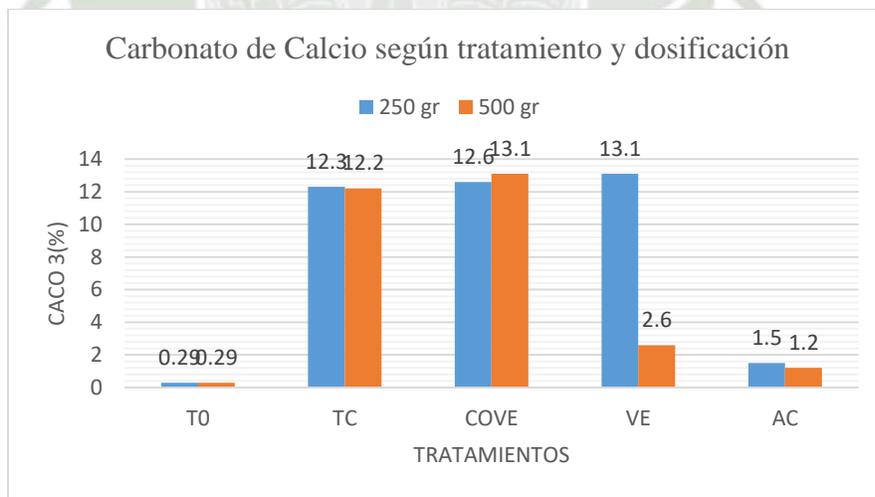
Por otra parte, el valor del % CaCO₃ muestra que está presente en el suelo en un 0.29%. Por lo cual, los niveles se consideran muy bajos. Según Gonzales los carbonatos son importantes porque influyen en las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo, aportan elementos como calcio, magnesio y otros nutrientes. El tamaño de las partículas es fundamental, porque determina la eficacia de su reacción con el pH del suelo ya que posee mayor espacio para las reacciones químicas. Unos de los factores más importantes del suelo en el que influye el carbonato de calcio es

el pH, ya que neutraliza la acidez del suelo. También interviene en la reducción de la concentración de Al en el suelo, suelos más porosos y oxigenados, por eso existe el aumento de la disponibilidad de P, K, Mg y mejora en procesos de nitrificación.

Po otro lado, los carbonatos de calcio en las plantas resultan de gran importancia pues aportan en la nutrición vegetal, porque mejoran el crecimiento y formación de las raíces, neutraliza las sustancias toxicas que puedan producirse en las plantas. Disminuye la concentración de aluminio y así se evitará que las plantas tengan problemas en la división celular en sus raíces, es por eso por lo que muchas veces en los suelos ácidos el sistema radicular crece con dificultades y no se desarrolla correctamente. También, el carbonato de calcio en muchos casos inhibe en la absorción de Cd y otros metales pesados en las plántulas. En suelos ácidos, se usa mayormente el carbonato de calcio ya que lo neutralizará, brindará calcio para nutrir las diferentes plantas y se precipitará en el suelo como carbonato de cadmio. (Gonzales, 2017)

Gráfica 17

Carbonato de Calcio después de la cosecha



Fuente: Elaboración Propia

Nota:

T0: Tratamiento sin dosificación

TC: Compost

COVE: Precompostaje

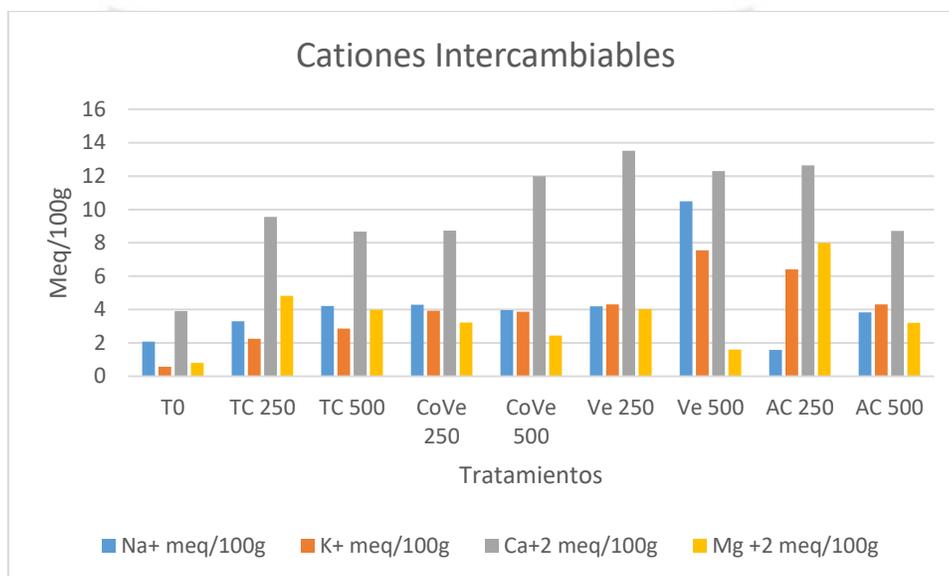
VE: Vermicompost

AC: Abono Comercial

4.3.3.8. Cationes Intercambiables

Gráfica 18

Cationes Intercambiables despues de la Cosecha



Fuente: Elaboración Propia

Nota:

T0: Tratamiento sin dosificación
 TC: Compost
 COVE: Precompostaje
 VE: Vermicompost
 AC: Abono Comercial

Para la explicación de los resultados de los cationes intercambiables por la planta se tomarán en cuenta el Manual práctico de interpretación de análisis de suelos en laboratorio elaborado por Jorge Villarroel:

En los niveles de sodio intercambiable en los suelos de nuestro estudio se mostró que mayoría se encuentra en los rangos >2.00 el cual representa muy alto, en excepción del tratamiento con el abono comercial, este presenta un Na+ de 1.58 meq/100g que se clasifica como alto.

En cambio, para el Ca²⁺, la muestra inicial tiende a 3.91 meq/100g considerándose como bajo, el abono que posee mayor cantidad de Ca²⁺ es el vermicompost con una dosis de 250 g con un nivel de 13.52 meq/100g considerándose como alto, seguido están el Abono comercial con dosis 250 g con 12.3 meq/100g y el Precompostaje con 12, posterior a ello todos los demás tratamientos están considerandos en nivel moderado.

El potasio intercambiable inicial es de 0.565 meq/100g el cual se encuentra en el rango 0.51 - 0.75 y este indica moderado, al añadir los abonos orgánicos obtenidas de las diferentes tecnologías con distintas dosis se muestran >1.00 esto indica que el K⁺ se encuentra en muy altas condiciones.

En caso del magnesio intercambiable, la muestra inicial consta de 0.79 meq/100g está clasificado en el nivel bajo, el siguiente resultado más bajo tenemos de Vermicompostaje con 500g abono tenemos 1.59 considerado moderado, el penúltimo y ultimo resultado con mayor nivel de clasificación de Mg²⁺ se tiene al TC 250g de 4.83 considerado moderado y el mayor se presentó el Abono comercial de 7.99 meq/100g considerado alto.

4.4. Rendimiento de los tres tipos de abono en el desarrollo del cultivo de trigo

Para evaluar el desarrollo de la planta, como la altura, el tamaño de la hoja y la longitud de la raíz se consideraron 12 semanas, debido que la planta de trigo permanece en el periodo vegetativo que va desde la siembra hasta el comienzo del encañado. En otras palabras, el trigo se encuentra en la producción de macollamiento, esta acción generalmente comienza cuando la planta tiene entre 3 a 4 hojas (Infoagro, 2020). Una planta de trigo produce normalmente entre 7-8 hojas en el tallo principal (ciclo de crecimiento corto) antes de que la elongación del tallo se produzca. Además, es el tiempo donde se puede controlar las malezas y existe una buena gestión de nitrógeno (y otros nutrientes).

Para determinar el crecimiento de la planta, se monitoreo en tres ocasiones. La primera se dio a los 30 días, el segundo y tercero fueron después de 45 y 60 días. Se tomaron en cuenta la altura de la planta, la longitud de la raíz y el tamaño de la hoja. Posterior a ello, se detonó los resultados para diferenciar el desarrollo de la planta con dosis de 250 g y 500 g, como también hacer una comparación con un abono comercial AC y el crecimiento de la planta

en un tratamiento control, los datos obtenidos durante el desarrollo de la planta se plasmaron al software de MINITAB, y de esa manera obtendremos resultados del análisis de varianza con un solo factor para ver si existe diferencia significativa.

4.4.1. Altura de la planta despues de la cosecha

Tabla 21

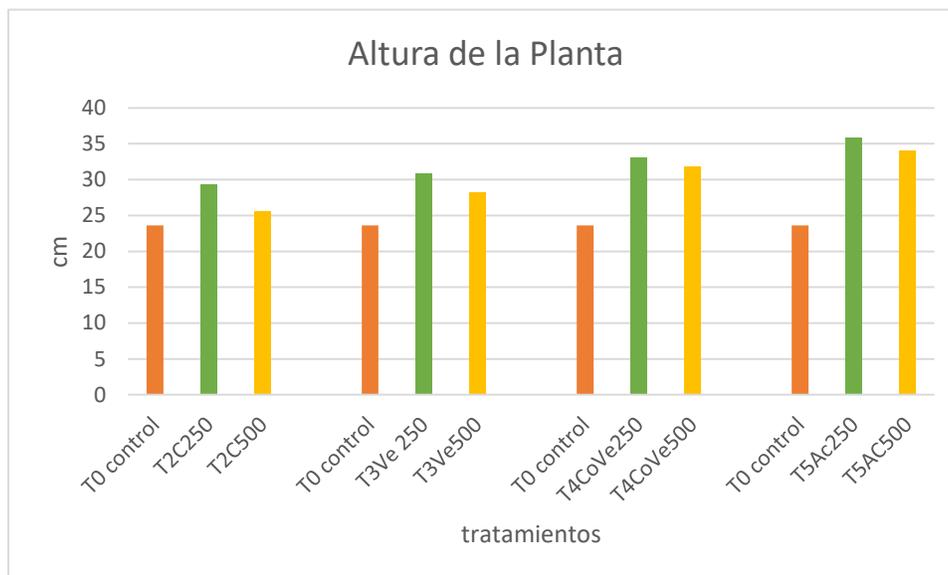
Altura de la planta con sus 10 repeticiones en 60 dias despues de la aplicacion

T0 control	T2 C 250	T2 C 500	T3 VE 250	T3 VE 500	T4 COVE 250	T4 COVE 500	T5 AC 250	T5 AC 500
Cm	Cm	Cm	cm	Cm	Cm	cm	cm	cm
22.4	28.8	27.8	31.5	27.9	34.3	30.2	34.5	34.9
23.4	29.2	27.6	32.9	29.7	30	32.4	36.1	32.3
23.6	29.7	26.4	29.7	29.8	32.4	33.9	33.3	32
24.4	28.2	26	29.2	29.8	35.9	31.2	35.7	32
24.3	28.8	24.8	31.6	29.2	35.9	31.4	37.7	34.4
23.9	28.6	23.9	31.1	27.1	33	33.1	35.8	35.2
25	30	27.4	30.8	27.4	30	30.9	36.9	33
22.3	29.8	24	29.6	27.8	31	30.8	37.5	36
22.4	29.3	24.6	30.1	27.1	35.7	30.1	33.4	34.5
24	30.1	23.9	32.1	26.2	33.2	33.6	37.8	36
23.6	29.3	25.6	30.9	28.2	33.1	31.8	35.9	34.0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 19

Altura de la planta con el mejor tratamiento



Fuente: Elaboración Propia

Según la gráfica 18, la mayor altura de la planta se obtuvo con el abono comercial de 250g y 500g, posteriormente se observa la mayor altura con el Precompostaje e 250g y 500g.

4.4.1.1. Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 500g de abono para la altura de la planta

Tabla 22

Análisis de Varianza con 500 g de los diferentes abonos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	736.85	184.213	95.87	0.000
Error	45	86.47	1.922		
Total	49	823.32			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% en dosis de abono a 500g

Factor	N	Media	Agrupación
T5 AC	10	34.030	A
T4 COVE	10	31.760	B
T3 VE	10	28.200	C
T2 C	10	25.640	D
T1 CONTROL	10	23.570	E

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 23, se muestran los resultados en 60 días, describiendo las medias de las 10 muestras de las plantas de trigo por cada tratamiento y la agrupación en cual pertenecen. Según la agrupación, las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Los factores; AC,COVE,VE,C, Control, no comparten una letra en común, cada uno se encuentra en un grupo diferente, lo que se dice que abono comercial (AC 500g) posee una media significativamente mayor que todas las anteriores y mucha mayor que T1control.

4.4.1.2. Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 250 g de abono para la altura de la planta

Tabla 24

Análisis de Varianza a 250g de abono

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	855.16	213.791	98.05	0.000
Error	45	98.11	2.180		
Total	49	953.28			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% en dosis de abono a 250g

Factor	N	Media	Agrupación
T5 AC	10	35.870	A
T4 COVE	10	33.140	B
T3 VE	10	30.860	C
T2 C	10	29.250	C
T1 CONTROL	10	23.570	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración Propia

En caso para la dosis de 250g los resultados en 60 días, Los factores; AC,COVE,VE,C, Control, no comparten una letra en común, cada uno se encuentra en un grupo diferente, lo que se dice que abono comercial (AC 500g) posee una media significativamente mayor que todas las anteriores y mucha mayor que T1control. Sin embargo, existe una similitud en el crecimiento de la planta con los abonos T3 VE y T2 C, ya que comparten una misma letra en la tabla 25.

En el seguimiento que se hizo a partir de 30, 45 y 60 días de la altura de la planta, se mostró que el suelo con dimensiones 20 cm de ancho x 30 cm de largo, con el abono comercial a una dosis de 250 g desarrollo mejor el crecimiento del trigo. Así mismo se observó en la tabla 19, los resultados del suelo con AC 250, llega contener 5.33 de MO, 500 mg/kg de fosforo, 2334.83 potasio, 0.25 nitrógeno, 1.50 % CaCO₃ y cationes intercambiables 1.58 Na, 6.40 k, 12, 65 Ca⁺² y 7.99 de Mg⁺² siendo el mejor que todos los abonos, seguido de ello los tratamientos AC 500, COVE 250; VE 250, tienen un porcentaje de materia orgánica Muy Alto, al igual que los demás parámetros contienen niveles relativamente altos, los cuales son resultados muy óptimos para la planta.

Según Moreno y otros “para que el trigo pueda crecer y desarrollarse necesita la presencia de 15 elementos químicos esenciales: nueve de ellos son asimilables en grandes cantidades, que son el carbono, hidrogeno, oxigeno, nitrógeno, magnesio, fosforo, potasio, calcio y azufre” (Moreno y otros, 2001).

También menciona que para el manejo agronómico del trigo se debe tomar en cuenta la fertilización, destacándose como nutrientes principales al nitrógeno y al fósforo. Este autor indica que el nitrógeno es de vital importancia para la nutrición de la planta y su suministro puede ser controlado por el hombre y las cantidades excesivas de nitrógeno pueden variar ciertas condiciones, prolongar el período de crecimiento y retrasar la madurez. En este caso los suelos como T0 contiene muy baja cantidad de nitrógeno, TC 250; TC 500; COVE 250; COVE 500 y VE 250 presentan niveles bajos y los tratamientos VE 500; AC 250; AC 500 presentan niveles de nitrógeno altos según la clasificación. (Villaruel, 1988)



4.4.2. Longitud radicular de la planta despues de la cosecha

Figura 19

Crecimiento del Trigo



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26

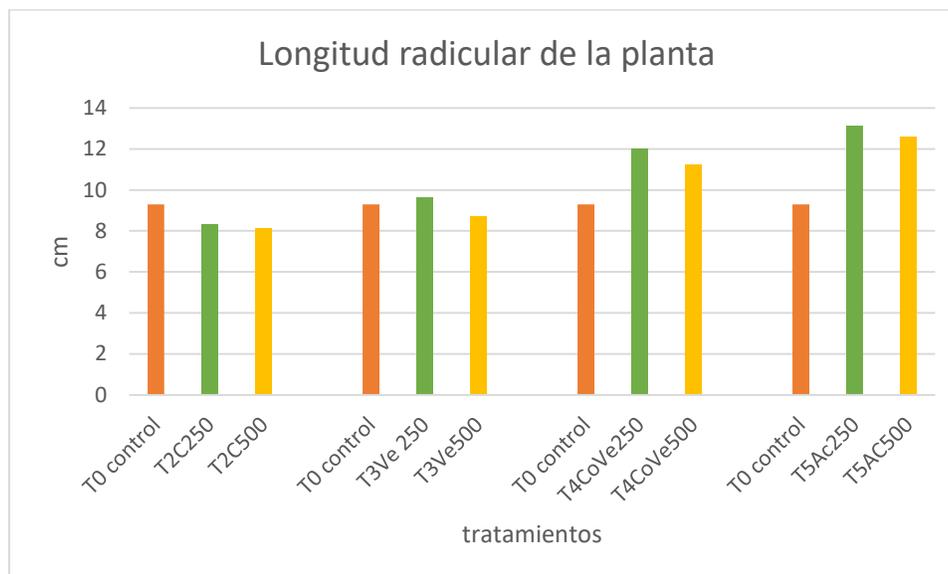
Longitud de la raíz a los 60 días despues de la aplicacion de los abonos

T1 Control	T2 C 250	T2 C 500	T3 VE 250	T3 VE 500	T4 COVE 250	T4 COVE 500	T5 AC 250	T5 AC 500
Und	cm	Cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
8.4	8.1	7.9	9.5	8.5	11.4	10.2	13.2	12.4
8.9	8.1	8.4	10.4	8.4	12.8	10.8	13.8	12.0
9.2	8.0	7.7	7.3	8.9	12.1	10.6	13.2	12.2
8.3	8.3	8.3	7.9	8.6	11.1	12.0	13.6	12.2
10.4	8.3	7.8	10.9	8.5	11.6	11.9	13.8	12.6
9.7	8.3	7.9	10.1	9.1	12.5	11.8	12.9	13.4
8.7	8.1	7.8	8.5	8.6	13.0	10.3	12.0	13.0
10.3	8.2	8.8	9.9	8.9	12.1	13.0	13.6	13.7
10.4	9.0	7.6	11.0	8.6	11.1	11.4	12.8	12.3
8.9	8.8	8.8	10.8	8.7	12.3	10.4	12.4	12.2
9.3	8.3	8.1	9.6	8.7	12.0	11.2	13.1	12.6

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 20

Longitud radicular de la planta con el mejor tratamiento



Según la gráfica 19, la mayor longitud radicular de la planta se obtuvo con el abono comercial de 250g y 500g, posteriormente se observa la mayor altura con el Precompostaje e 250g y 500g

4.4.2.1. Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 500g de abono para la longitud radicular de la planta

Tabla 27

Análisis de Varianza en la longitud de la raíz a 500g

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	141.12	35.2792	83.57	0.000
Error	45	19.00	0.4221		
Total	49	160.11			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 500g

Factor	N	Media	Agrupación		
T5 AC	10	12.600	A		
T4 COVE	10	11.240	B		
T1 CONTROL	10	9.320	C		
T3 VE	10	8.6800	C D		
T2 C	10	8.100	D		

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 28, se dan los resultados del crecimiento de la raíz en 60 días, utilizando el método tukey con una confianza de 95% nos ayuda interpretar los efectos que se dan. Los tratamientos T5AC se encuentra el grupo A y T2C y T3VE en el grupo D estos dos últimos tratamientos comparten una letra en común, lo que indica que no son estadísticamente significativas, mientras que el tratamiento T5AC posee una media significativamente mayor que T2C y existe la diferencia del tamaño radicular .

4.4.2.2. Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 250g de abono para la longitud radicular de la planta

Tabla 29

Análisis de Varianza en la longitud de la raíz a 250g

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	160.67	40.1665	60.34	0.000
Error	45	29.95	0.6656		
Total	49	190.62			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 250g

Factor	N	Media	Agrupación		
T5 AC	10	13.130	A		
T4 COVE	10	12.000	B		
T3 VE	10	9.630	C		
T1 CONTROL	10	9.320	C D		
T2 C	10	8.320	D		

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera sucede en los resultados de la tabla 30, con la única diferencia que se utilizó abono a 250g y el tamaño de la raíz fue un poco más grande a

comparación al utilizar abono a 500g. Lo que preside que el mayor tamaño de raíz se muestra con el abono comercial a 250 g, y crecimiento permaneció en los 30, 45 y 60 días.

Las plantas en la figura 17, fueron sembradas en el mismo día y a una misma profundidad que no excede los 5 cm. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, las semillas sembradas más superficialmente son más grandes que aquellas que emergen desde una mayor profundidad: tienen más hojas (15 vs. 5), que son más cortas y anchas, y tienen más hojas en el tallo principal (5 vs. 3) y más macollos (4 vs. 1). A largo plazo, estas diferencias se reflejarán en el número de espigas y en el rendimiento. Sin embargo, la diferencia de la longitud de las raíces fue relativamente variable, la planta que se desarrolló en el suelo con T5AC y 250g de abono tuvo 13.1 cm de longitud de raíz considerándose la más larga, a comparación con la planta desarrollado en el suelo sin ninguna dosis de abono T1 que fue de 9.3 cm y las raíces que presentan dimensiones cortas fueron con las dosis del compost a 250 y 500 g durante los 60 días. En mención el suelo con AC250 presenta 6.40 meq/100g de Potasio asimilable por la planta el cual este resultado supera a todos los demás tratamientos. En el documento de INFOAGRO, da conocer que el potasio interviene en la formación de almidón y en el desarrollo de las raíces. Reduce la transpiración, por lo que aumenta la resistencia a la sequía, de esta manera contribuye a la formación de un buen sistema radicular, proporcionando una mayor resistencia al frío e incluso la extracción de potasio es máxima durante el periodo del encañado. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2001)

Mientras, Moreno y otros, indican “que las raíces seminales se vuelvan funcionales, ya que el agua y nutrientes provienen del suelo circulante. También mencionan que las raíces adventicias comienzan su desarrollo alrededor de dos semanas después de la emergencia de la planta” (Moreno y otros, 2001).

4.4.3. Ancho de la hoja despues de la cosecha

Tabla 31

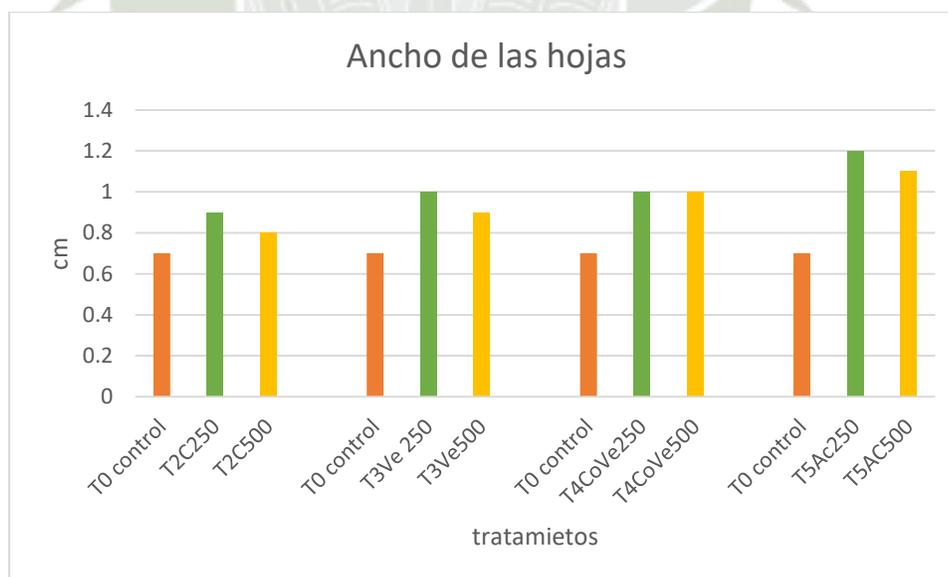
Ancho de la hoja a los 60 días despues de la cosecha

T1 Control	T2 C 250	T2 C 500	T3 VE 250	T3 VE 500	T4 COVE 250	T4 COVE 500	T5 AC 250	T5 AC 500
Und	Cm	cm	Cm	Cm	cm	Cm	cm	Cm
0.6	0.8	0.8	1.1	0.9	1.0	1.1	1.0	1.1
0.7	0.9	0.7	1.0	0.9	1.0	1.0	1.2	1.2
0.8	0.8	0.8	1.1	0.9	0.9	1.0	1.0	1.2
0.7	1.0	1.0	0.8	1.0	0.9	1.0	1.3	1.1
0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	1.3	1.2
0.7	1.0	0.8	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
0.6	0.9	1.0	0.9	0.8	1.1	0.9	1.3	1.1
0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.1
0.8	1.0	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.3
0.6	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
0.7	0.9	0.8	1.0	0.9	1.0	1.0	1.2	1.1

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 21

Ancho de las hojas de la planta con el mejor tratamiento



Según la gráfica 20, el ancho de las hojas de la planta se obtuvo con el abono comercial de 250g y 500g, posteriormente se observa la mayor altura con el Precompostaje e 250g y 500g.

4.4.3.1. Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 500 g de abono para el tamaño de la hoja de la planta

Tabla 32

Análisis de Varianza a una dosis de 500g de abono

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	1.0688	0.267200	36.22	0.000
Error	45	0.3320	0.007378		
Total	49	1.4008			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 500g de abono

Factor	N	Media	Agrupación		
T5 AC	10	1.1500	A		
T4 COVE	10	0.9900		B	
T3 VE	10	0.9400		B	C
T2 C	10	0.8500			C
T1 CONTROL	10	0.7100			D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración Propia

Se utilizó el método tukey, el cual nos ayudó interpretar los resultados en el tamaño de las hojas de la planta en 60 días en la tabla 31. Los tratamientos T5AC, T4 COVE y T1 control no comparten ninguna letra, esto prevalece que son significativamente diferente. Además, el mayor tamaño de la hoja se muestra con el abono comercial a 500 g, y el menor tamaño planta sin ningún tipo de abono o el control, el segundo mejor abono es COVE.

4.4.3.2. Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 250 g de abono para el tamaño de la hoja de la planta

Tabla 34

Análisis de Varianza a 250g de abono

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	1.0992	0.274800	30.61	0.000
Error	45	0.4040	0.008978		
Total	49	1.5032			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 250g de abono

Factor	N	Media	Agrupación
T5 AC	10	1.1700	A
T4 COVE	10	0.9900	B
T3 VE	10	0.9500	B
T2 C	10	0.9000	B
T1	10	0.7100	C
CONTROL			

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la tabla 35, con la aplicación del abono a 250 g existe una similitud en el crecimiento de la planta, esto se observa por el dato de las medias que presentan los tratamientos COVE, VE y C, encontrados en la agrupación B. Mientras el T5 AC y T1 control, existe una diferencia significativa representando que T5 es el mejor de los abonos.

En nuestros resultados se mostró que cada planta contuvo de 4 a 6 hojas. En el crecimiento de las hojas de la planta durante los 30, 45 y 60 días fueron incrementando de tamaño de un promedio de 0.2 cm en dos semanas. El suelo con que presentaron mayor cantidad de Ca⁺² intercambiable por la planta fueron con los siguientes abonos; Ve 500g presenta 13.52 meq/100g, seguido de ello está el AC 250 con de 12.65 meq/100g, Ve250g con 12.30 meq/100g y posteriormente se encuentra el CoVe 500 con 12 meq/100g de Ca⁺². Infoagro, señala que el calcio es indispensable para el desarrollo del trigo, pues influye en la formación y madurez de los granos; aunque no influye tanto en la producción como el nitrógeno, fósforo y potasio. La carencia de este elemento se percibe cuando las hojas jóvenes se vuelven amarillentas, secas y corchosas; y espigas pequeñas e incompletas. De la misma forma sucede con la deficiencia en potasio se manifiesta por el crecimiento dislocado, los ápices amarillentos y la torsión de las hojas. Además, reduce la formación de almidón en el grano y una disminución en la superficie de las hojas. Lo bueno en el desarrollo de la planta no se observó estas características, ya que los suelos de estudio estuvieron con un contenido alto en potasio y calcio. (Infoagro, 2020)

4.4.4. Peso por planta después de la cosecha

Para determinar el peso de la planta, se realizó una sumatoria de las diez muestras de plantación por cada tratamiento. Se hizo durante los 30, 45 y 60 días de crecimiento del cultivo.

4.4.4.1. Peso por planta a los 30 días después de la aplicación

Tabla 36

Peso por planta a los 30 días después de la cosecha

Tratamiento	T2 C	T2 C	T3 VE	T3 VE	T4 COVE	T4 COVE	T5 AC	T5 AC
0 gr	250 gr	500 gr	250 gr	500 gr	250 gr	500 gr	250 gr	500 gr
15.0	17.2	14.3	18.5	17.6	24.3	24.7	26.8	25.4

Fuente: Elaboración Propia

4.4.4.2. Peso por planta a los 45 días después de la aplicación

Tabla 37

Peso por planta a los 45 días

Tratamiento	T2 C	T2 C	T3 VE	T3 VE	T4 COVE	T4 COVE	T5 AC	T5 AC
0 gr	250 gr	500 gr	250 gr	500 gr	250gr	500 gr	250 gr	500 gr
16.7	28.1	26.9	27.6	26.1	32.4	35.8	45.4	38.7

Fuente: Elaboración Propia

4.4.4.3. Peso por planta a los 60 días después de la aplicación

Tabla 38

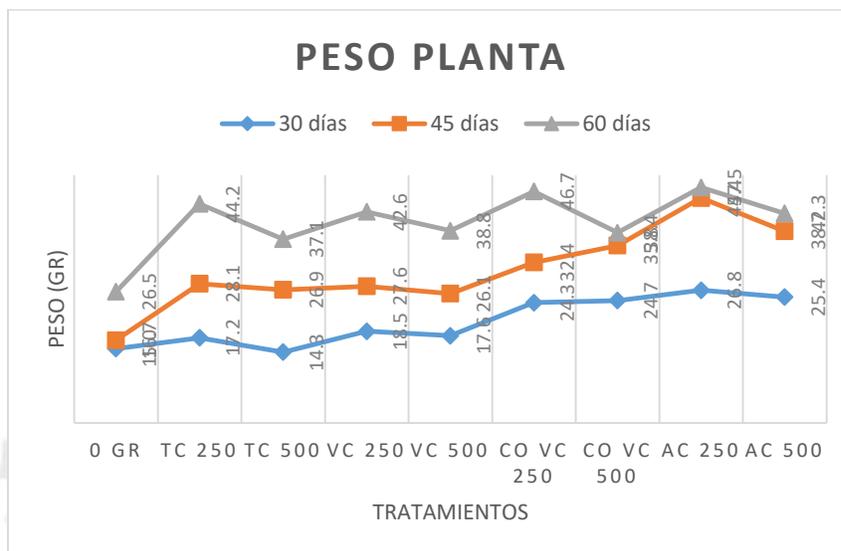
Peso por planta a los 60 días

Tratamiento	T2 C	T2 C	T3 VE	T3 VE	T4 COVE	T4 COVE	T5 AC	T5 AC
0 gr	250 gr	500 gr	250 gr	500 gr	250 gr	500 gr	250 gr	500 gr
26.5	44.2	37.1	42.6	38.8	46.7	38.4	47.5	42.3

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 22

Comparacion de Pesos de las Plantas a 30, 45 y 60 días



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados se obtuvieron sumando los pesos de las 10 muestras de plantas por cada tratamiento, según la gráfica 22, el primer seguimiento se dio a los 30 días, mostrando el mejor peso de 26.8 g con la muestra con el T5 AC250g y la menor con 14.3 g con el tratamiento de T2C500g, mientras a los 45 días, mantiene el mayor el mismo tratamiento ahora con 45.4 gr y existe una diferencia en el menor peso que viene ser de 16.7g en la unidad experimental sin abono. En cambio, en los 60 días, el tratamiento con T5AC 250g aumento en 2 gr aprox del anterior peso que es de 47.5g, seguido de ello tenemos al T4CoVe250gr con un peso de 46.7g, es mínima la diferencia de pesos. También se notó el peso menor en los 60 días visto en la unidad experimental sin abono en la prueba de testigo con 26.5 g. entonces podemos resumir que el peso está relacionado con el crecimiento y la biomasa de las plantas siendo este un valor de rendimiento fundamental ya que a mayores nutrientes asimilados por la planta la cantidad de biomasa es mayor, es decir la cantidad de hojas, el tallo y el sistema radicular, esto parámetros nos indicaran la calidad del suelo ya mezclados con los abonos obtenidas de las tecnologías propuestas. Por otro lado, se evidencia que la unidad experimental con abono comercial a 250 g tuvo un mayor rendimiento y esto es debido a la calidad y propiedades del abono como se

mostró en los resultados de la tabla 20, la misma idea muestra el autor Mejía & Reyes indicando que el mayor volumen y el rendimiento deben ser valorados con la calidad, además menciona que el factor tiempo es un elemento que tiene un impacto negativo en términos de una producción eficiente. (Mejía & Reyes, 2020)

Con estos resultados se puede evidenciar que los tratamientos con un mayor rendimiento en la biomasa de la planta, altura, raíz, y ancho de la hoja fueron el abono comercial y precompostaje con una dosis de 250 gr/parcela, ya que contaban con una mayor cantidad de nutrientes en la unidad experimental como N, K, Na, Mg lo cual generaría un mejor desarrollo radicular y niveles adecuado para el crecimiento de la planta debido a la asimilación de los nutrientes presentes en el suelo. Los niveles más bajos en el rendimiento de trigo corresponden al compostaje y al tratamiento de suelo inicial sin ninguna dosificación, mostrándose de esta forma, el cambio positivo que tuvo la preparación del suelo con sustratos de abono en la fertilización del suelo.

Los resultados obtenidos de la investigación fueron significativos ya que, se realizaron muy pocas investigaciones experimentales y comparativas entre estos tres tipos de tratamiento. Algunos estudios llevados en otros países por (Fernando Fornes y otros, 2012) en su trabajo *Composting vs vermicomposting: A comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes* o a (C. Tognetti, 2013) en su investigación: *Composting vs. Vermicomposting: A Comparison of End Product Quality*, los cuales demostraron la creciente preocupación por analizar las tecnologías de minimización de residuos sólidos partiendo desde tratamientos químicos, físicos y la importancia de establecer tratamientos biológicos que fuese combinados. Estos últimos se los considera como los más factibles de utilizar debido a la sencillez de la técnica y a la poca generación de costos. En estos trabajos también se observa que los procesos combinados con la fase termofílica generan un abono de mayor calidad en menor tiempo y además también con menor cantidad de patógenos y elementos contaminantes.

4.5. Análisis Costo-Beneficio Ambiental

Los costos directos para realizar la Evaluación de la efectividad de tres tecnologías de compost, vermicompost y precompostaje en su aprovechamiento como abono en cultivos agrícolas se incluye en el detalle de la Tabla 39. Estos costos fueron obtenidos según el diseño experimental propuesto en el trabajo de investigación, donde, se considera un periodo de 7 meses. Incluye desde la ejecución de actividades, la elaboración de las tres tecnologías, la obtención de abonos hasta el análisis del rendimiento de las plantas.

Tabla 39

Inversión en la Elaboración y Evaluación de las Tecnologías Propuestas en la Investigación

DETALLE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTOS UNITARIOS	TOTAL
Gastos de materiales y otras actividades en la elaboración de las tres tecnologías	Camas de lombriz (madera)	und	06	S/.30.0	S/. 180.0
	Lombrices	kg	12	S/. 60.0	S/.720.0
	Estiércol	kg	90	S/. 2.0	S/.180.0
	Residuos Orgánicos	kg	1000 aprox	0	0.0
	Aserrin	kg	20	S/ 1.0	S/20.0
	Agua	M3	2.1	S/.50.0	S/.105.0
	Transporte	Gal	5	S/20.0	S/.100.0
	Personal	Und	4	S/.45.0	S/.180.0
	Seguimiento de Parámetros en las tres tecnologías	pH, H, T	Mes	3	S/.30.0
Análisis del suelo experimental antes y después introducir el abono	Macronutrientes	und	19	S/.60.0	S/.1140.0
Gastos de operación	Siembra de la planta	kg/cm ²	3	S/.3.0	S/. 9.0

	Abono comercial	kg	2	S/.5	S/.10.0
	Bolsa ciplot	paq	1	S/ 12	12.00
	Riego	M3	2.1	S/ 50.0	105.0
Seguimiento de parametros metereologicos	Radiacion solar, dirección y velocidad del viento, presión atmosferica	Mes	2	S/.100	200.0
Gastos extras	Otros	Mes	7	S/.50	S/.350.0
INVERSION SOLO PARA EL COMPOSTAJE				S/.1283	S/.4749.0
INVERSION SOLO PARA PRECOMPOSTAJE				S/.1733	
INVERSION SOLO PARA VERMICOMPOSTAJE <				S/.1733	
TOTAL DE INVERSION PARA LAS TRES TECNOLOGIAS EN CONJUNTO					S/.3296.00

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar, el gasto total para elaborar el trabajo de investigación fue de S/. 3296.00 soles. Sin embargo, el resultado fue obtenido, considerando el análisis físicoquímico de todos los parámetros, su evaluación en el laboratorio y la implementación de la tecnología. Posteriormente, los ingresos netos de la venta de los abonos corresponden a la ejecución y funcionamiento continuo de las tecnologías evaluadas sin tomar en cuenta el análisis de laboratorio y experimentación extra.

En este caso se obtuvo 50 kg de abono por unidad experimental, por lo que, el gasto continuo para la elaboración de las tres tecnologías con sus repeticiones es de S/. 341.00 soles aproximadamente. Entonces, la ganancia en el abono de las unidades experimentales de compost es de S/259.00 soles, mientras el precompostaje y vermicompostaje es de S/. 409.00 soles aproximadamente.

Tabla 40

Gastos, Ingresos y Ganancia en un Sistema de compostaje con funcionamiento Continuo

TECNOLOGIA	Gasto total de inversion (3 unidades)	Abono obtenido por cada unidad experimental	Costo por kilogramo	Ingreso unidad experimental	Ingreso total	Ganancia
Compostaje	S/. 341.00	50 kg	S/ 4.00	S/ 200.00	S/ 600.00	S/ 259.00
Precompostaje	S/. 341.00	50 kg	S/ 5.00	S/ 250.00	S/ 750.00	S/. 409.00
Vermicompostaje	S/. 341.00	50 kg	S/ 5.00	S/ 250.00	S/ 750.00	S/. 409.00

Fuente: Elaboración Propia

4.5.1. Beneficio Ambiental

Tabla 41

Comparativa de las Tecnologías según Precio de Abono

TECNOLOGIA	Total de inversión	Dosis de tratamiento	Precio del abono	Altura de la planta	Longitud radicular	Ancho de la hoja	Peso de la planta
Compostaje	S/.1283	250g	S/.1.00	29.3	8.3	0.9	44.2
		500g	S/.2.00	25.6	8.1	0.8	37.1
Precompostaje	S/.1733	250g	S/.1.30	33.1	12	1	42.6
		500g	S/.2.50	31.8	11.2	1	38.4
Vermicompostaje	S/.1733	250g	S/.1.30	30.9	9.6	1	46.7
		500g	S/.2.50	28.5	8.7	0.9	38.4

Fuente: Elaboración Propia

El costo de los abonos comerciales en diferentes viveros de la Ciudad de Arequipa se encuentra con un valor de S/.5.00 en el caso de compost y el vermicompost a S/.6.00. Con la propuesta de la evaluación de las tres tecnologías se piensa vender el producto obtenido a un costo menor, es decir el kilogramo de compost a S/.4.00, del vermicompost y precompost a S/.5.00.

El beneficio ambiental que se puede obtener de las tres tecnologías a base de la calidad de abono en el desarrollo de la planta es muy notorio. En la tabla 41, se observa que el precompost a 250 g tiende a tener semejante desarrollo de la planta con el abono del vermicompost, además, se puede intuir que el precompostaje a 250 gr, es el mejor abono para el rendimiento de la planta las características evaluadas. Por lo que, es recomendable adquirir el precompost a pesar de que tengan el mismo costo que vermicompost, la única diferencia se encuentra en los resultados del crecimiento de la planta.

4.5.2. Balance de Materia y Energía del proceso de Compostaje

Respecto a la figura 18, de balance de masa del proceso de las tres tecnologías, nos da a entender que el peso promedio de las bolsas de abono obtenido de las tres tecnologías es de 50 kg aproximadamente por unidad, y se encuentra mencionado en la tabla N°40, con este valor se determinó que con un total de 1000kg de residuos sólidos genera aproximadamente 450 kg de abono orgánico.

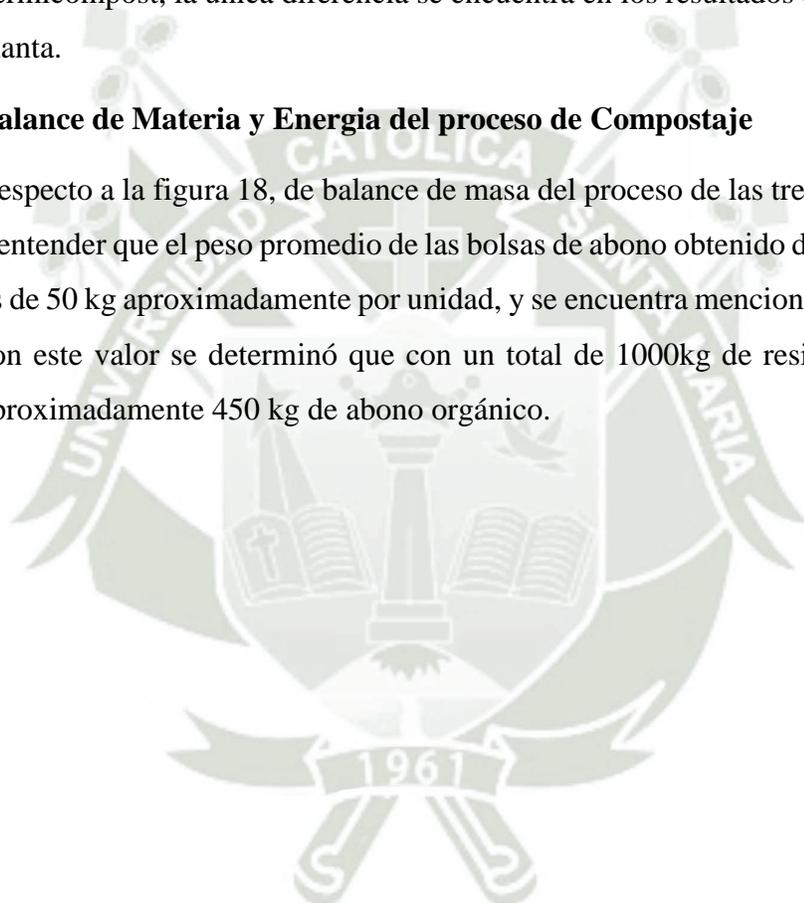
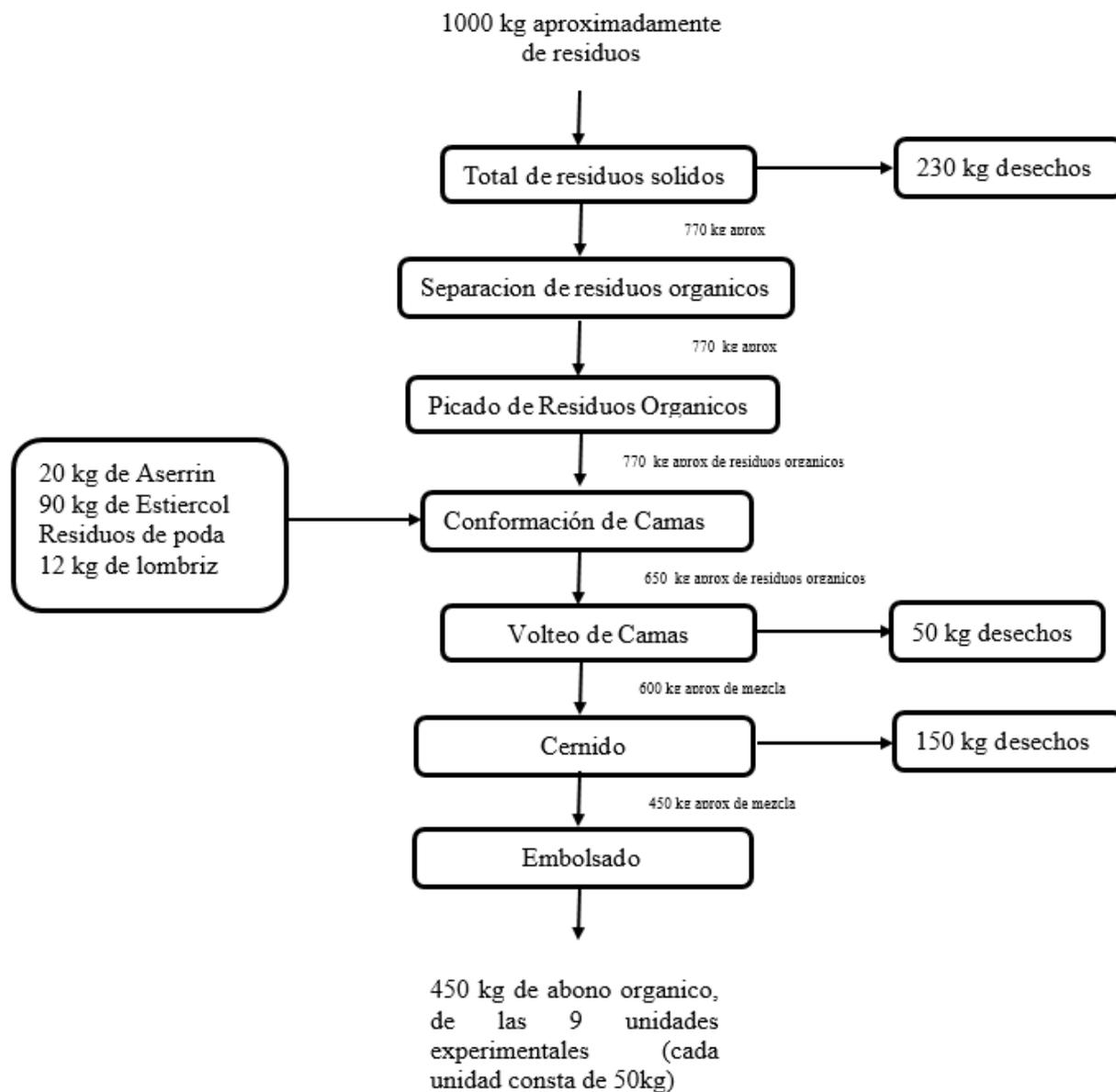


Figura 20

Balace de Materia y Energia



CONCLUSIONES

- PRIMERO.** Se elaboró tres pilas por tratamiento; compost, vermicompost y precompost con dimensiones 50x 60x80 cm, siendo un total de 9 unidades experimentales. Evidenciándose que el mejor sistema es a base de pilas de precompostaje, debido a la descomposición de residuos orgánicos y su posterior degradación con la ayuda de las lombrices. Por lo tanto, la elaboración de este abono es eficaz y con propiedades semejantes a un abono comercial adquirido de viveros.
- SEGUNDO.** Referente a la temperatura, el pH y la humedad, estos fueron muy variados durante todo el proceso de aplicación de las tecnologías para la obtención de abono. El compost y precompost tuvieron resultados similares hasta la fase mesoflica a 52 °C, posterior a ello, el precompost llegó a una T de 20.5 °C y una humedad 31%, ya que se añadieron las lombrices. En caso del vermicompost la T 21.5 °C, pH alrededor de 7 y humedad del 79% de promedio, hasta retirar el humus producido llegando a la humedad de 33.5%.
- TERCERO.** La adición de compost, vermicompost y precompost provocó cambios significativos favorecedores en los parámetros químicos del suelo; pH, conductividad eléctrica, M.O, P, K, N, CaCO₃ y los parámetros asimilables por la planta como; Na⁺, K⁺, Ca⁺² y Mg⁺², de esta forma también mejoró la calidad del suelo.
- CUARTO.** Hubo diferencia significativa entre los diferentes tratamientos con respecto a las variables evaluadas en el crecimiento de la planta, evidencian que la aplicación de abonos orgánicos (Precompostaje con dosis de 250g y abono comercial a 250g), son una buena alternativa de fertilización viable para alcanzar niveles de calidad óptimos y sin contaminar el ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Implementar un tratamiento de precompost en el vivero Municipal de Cerro Colorado, y así mejorar la calidad de los macronutrientes del abono obtenido del compostaje de sus residuos orgánicos.
2. Realizar una evaluación agronomica de la aplicación de las tres tecnologías de compostaje en terrenos degradados debido a un mal manejo agrícola o monocultivos, para conocer de esta forma cómo influye en el rendimiento de un cultivo en particular las enmiendas producidas.
3. Hacer estudios de abonos orgánicos cómo tratamientos para suelos contaminados por hidrocarburos, por ello debemos fomentar a la Municipalidad de Cerro Colorado y demas, que a través de la venta de compost certificado sera empleado exclusivamente para remediación de suelos contaminados.
4. La amplia gama de parámetros qué se evaluaron en los vermicompost y compost, remarcaron y denotaron que se necesita y se debe usar diversas estructuras y herramientas que permitan categorizar clasificar estos materiales.
5. Elaborar un análisis de los tratamientos aplicables que aborden los lixiviados (poseen una alta demanda química y biológica, contaminantes orgánicos, metales pesados, etc.) por lo que se debe aislar el compostaje con material impermeable para evitar la infiltracion, y una vez se tenga el líquido evaluar que tratamiento (biológico aerobio, anaeróbico, biorreactores, físico químicos, de adsorción, etc) es factible de aplicar en la municipalidad.
6. Replicar la investigación experimental en otras épocas del año, ya que, se realizó la siembra y cosecha de las plántulas de trigo en verano, siendo lo ideal realizar la siembra en otoño o primavera ya que, hay un mayor crecimiento del trigo debido a la época de lluvia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemán, A. A., & Reyes, A. C. (2017). *Utilización del humus Lombriz Roja Californiana (EISENIA FOETIDA) como alternativa amigable al medio ambiente para el cultivo del café, finca Santa Dolores, Municipio el Crucero, enero junio 2016. [Tesis Licenciado]*. Retrieved from Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua : <https://core.ac.uk/download/pdf/84460624.pdf>
- Barrientos Ramos, L. A., & Rojas Cabrera, D. E. (2020, junio). *Efecto del compost de residuos orgánicos y estiércol vacuno en suelo franco arenoso de la Asociación Vivienda La Bloquetera - Villa María del Triunfo*. Retrieved from Universidad Peruana Unión: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3286/Leonor_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=4
- Bleiswijk, B. I. (2018). *La influencia del pH en el cultivo*. Retrieved from Anthura: <https://www.anthura.nl/growing-advise/la-influencia-del-ph-en-el-cultivo/?lang=es#:~:text=Absorci%C3%B3n%20de%20nutrientes%20por%20la,franja%20entre%205%20y%206>
- Brito , H., Viteri, R., Guevara, L., Villacrés, M., Jara, J., Jiménez, S., . . . Parra, C. (2016). *Obtención de compost a partir de Residuos Sólidos Orgánicos generados en el Mercado Mayorista del Cantón Riobamba*. Retrieved from European Scientific Journal ESJ: https://www.academia.edu/29735006/_Obtenci%C3%B3n_De_Compost_A_Partir_De_Residuos_S%C3%B3lidos_Org%C3%A1nicos_Generados_En_El_Mercado_Mayorista_De_el_Cant%C3%B3n_Riobamba_?auto=citations&from=cover_page
- Bueno, M. P. (2008). *Factores que afectan al proceso de Compostaje*. Retrieved from Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Calderón, G. R. (2019). Vermicompost una en el Tratamiento de Residuos Solidos Organicos, en Zonas Altoandinas, Tarma – Junin 2019. *Energía de biomasa y sus aplicaciones*, 18-22.
- Canchari, G. L., & Soto, N. M. (2020). Condiciones ambientales y microorganismos adecuados para la obtención de humus de calidad y su efecto en el suelo agrícola. *Revista de*

- nvestigacion ciencia, tecnologia y desarrollo*, 6(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.17162/rictd.v6i1.1405>
- Carrasco, R. L. (2009). *Effect of ultraviolet-b radiation in plants*. Retrieved from Scielo:
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292009000300009&script=sci_arttext&tlng=en
- Casco, J. M., & Herrero, R. M. (2008). *Compostaje*. Mundi-Prensa.
https://doi.org/https://books.google.com.pe/books?id=IWYJAQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gsbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Castillo R., D., Alfaro J., C., Madariaga B., R., Matus T., I., Hirzel C., J., & Vera P., C. (2016). Manual de buenas prácticas para el manejo del Trigo Candeal. *Programa de Mejoramiento Genético de Trigo*. <https://doi.org/Manual de buenas prácticas para el manejo del trigo candeal>
- Chambi, L. V. (2018). *Estudio y análisis de la actividad solar, radiación solar global y radiación UV en la Ciudad de Arequipa*. Retrieved from Repositorio UNSA:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7602/FSMchlavn.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chávez, V. M., Guadalupe, A. L., & Mas, E. C. (2019). *Evaluación de diferentes sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) a efectos de mejorar su producción*. Retrieved from Agroproduccion Sustentable: DOI:10.25127/aps.20192.490
- Chong-Qui Cedeño. (2019). *Evaluación de tres tipos de compost en el rendimiento del cultivo de nabo (Brassica rapa L.)*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero agrónomo]. <https://doi.org/Universidad Técnica Estatal de Quevedo>
- Choque. (2019). *Gestión social y ambiental en el manejo integral de residuos sólidos urbanos en la Municipalidad Provincial de la Ciudad de Arequipa 2018 [Tesis pre grado] Universidad Nacional de San Agustín*. Retrieved from Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Agustín:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9825/UPchcajl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Choque, P. W. (2018). *Evaluación de tres tipos de abono orgánicos en el cultivo de la lechuga (Lactuca savita L.) en zona de achocara baja, Municipio de Luribay [Tesis Pregrado]*. Retrieved from Repositorio Institucional de la Universidad Mayor de San Andrés: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20561/TS-2642.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Crecchio, C., Curci, M., Pizzigallo, M., Ricciuti, P., & PacificoRuggiero. (2004). Effects of municipal solid waste compost amendments on soil enzyme activities and bacterial genetic diversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(10), 1595-1605. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.07.016>
- Del Castillo, G. R., & Díaz, R. U. (2021). *Elaboración de humus de lombriz (Eisenia foetida) a partir de compostaje de residuos sólidos orgánicos Municipales en el Distrito de San Roque de cumbaza Región San Martín. [Tesis Posgrados]*. Universidad Cesar Vallejo. Retrieved from Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61168>
- Durán, C. M., Pérez, O. S., Torres, O. G., & Vigueros, L. C. (2013). Precomposteo de Residuos Orgánicos y su Efecto en la Dinámica Poblacional de Eisenia Foetida. *Agronomía Costarricense*, 1(37), 127-139. <https://doi.org/ISSN:0377-9424 / 2013>
- Durán, L., & Henríquez, C. (2009, Abril 27). *Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (Eisenia foetida)*. Retrieved from Nota técnica.
- Elvira, C. M. (2007). *Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo*. Retrieved from Engormix - agricultura: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/ciclo-potasio-en-suelo-t27101.htm>
- Escobar, R. F. (2010). *Experimentación en Agricultura*. Retrieved from Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca: <https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941EXPERIMENTACION.pdf>
- García, G. T., & Villanueva, V. K. (2021). *Evaluación De Dos Sistemas De Compostaje Para La Valorización De Residuos Orgánicos De Un Centro De Abastos Del Distrito De Islay. Arequipa [Tesis Pregrado]*. Universidad Nacional de San Agustín. Retrieved from

- Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín:
<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/10534/4G.0040.IA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gobierno Autónomo de Provincia de Orellana. (2016). *Manual para el estudio de la fertilidad de los suelos agrícolas*. Retrieved from <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2018/04/SOLS.pdf>
- Golberg, A. (2010). *Wind and the life of plants*. Retrieved from Universidad Nacional de Cuyo Argentina: <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382837646017.pdf>
- Gonzales, P. I. (2017). *Efecto del Carbonato de calcio en la absorción de cadmio en plantas de cacao que se desarrolla en suelos contaminados de Pucayacu - Huánuco, 2017*. Retrieved from Universidad Cesar Vallejo: file:///C:/Users/HP/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/dd004c90-99f5-44f1-ac19-16690d9e006c/Gonzales_PIK-SD.pdf
- Gutiérrez, A. C., Ramos, B. J., Castañeda, R. J., & Cáceres, B. L. (2020). Crianza de Eisenia foetida (lombriz roja) en diferente sustratos de desarrollo biológico. *Ecología Aplicada*, 19(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.21704/rea.v19i2.1559>
- Gutierrez, P. H., & De la Vara, S. R. (2012). *Analisis y Diseño de Experimentos*. 3ra Edición.
- Guzmán Anaya, J. M. (2021). *EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE DE ESTIÉRCOL DE CABALLO DE UN CENTRO ECUESTRE EN LA REGIÓN LIMA*. Retrieved from La Molina: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4921/guzman-anaya-jose-miguel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huacho, M. D. (2019). *Calidad de Compost Elaborado a partir de Residuos Sólidos Orgánicos Producidos en el Caserío de Marona, Tingo María. [Tesis pregrado]*. Universidad Nacional Agraria De La Selva. Retrieved from http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1522/MDJH_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huaman, L. C. (2020). *Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. [Tesis de pregrado]*. Universidad Continental. Retrieved from Repositorio

Institucional de la Universidad Continental:
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/1/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf

Huamanta, M. E. (2020). *Eficiencia del compost de residuos sólidos orgánicos domiciliarios en el rendimiento de Zea mays “maíz” en el caserío Santa Rosa de Cocayacu, distrito Rioja, departamento San Martín*. Retrieved from Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín:
<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/4043/ING.%20AMBIENTAL%200-%20Elis%20a9o%20Huamanta%20Manosalva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Infoagro. (2020). *El cultivo de trigo*. Retrieved from AGRI nova Science:
<https://infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo2.htm>

Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA. (2017). *Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con fines de Riego*. Retrieved from Repositorio INIA:
https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf

Jack, A., & Thies, J. (2006). Compost and Vermicompost as Amendments Promoting Soil Health.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781420017113.ch31>

Jiménez, Z. N. (2020). *Importancia de los factores climáticos en el desarrollo agronómico de los principales cultivos de ciclo corto en la provincia de Los Ríos*. Retrieved from [Tesis de Titulación] Universidad Técnica de Babahoyo:
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8467/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000086.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Juarez, M. V. (2018). *“Correlación Entre Variables Físicas Y Químicas Para La Determinación Del Nivel De Fertilidad De Suelos Cultivados Con Banano En El Valle Del Chira - Piura”*. Retrieved from [Tesis Pregrado] Universidad Nacional de Piura: “Correlación Entre Variables Físicas Y Químicas Para La Determinación Del Nivel De Fertilidad De Suelos Cultivados Con Banano En El Valle Del Chira - Piura”

Karwal, M., & Kaushik, A. (2020). Bioconversion of lawn waste amended with kitchen waste and buffalo dung in to value-added vermicompost using *Eisenia foetida* to alleviate landfill

- burden. *Revista de ciclos de materiales y gestión de residuos*(23), 358–370.
<https://doi.org/https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10163-020-01101-7>
- Kin, A. G., & Ledent, J. F. (2002). *Efectos del viento*. Retrieved from Inta:
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_viento___4.pdf
- Loayza, F. R. (2014). *Comportamiento agronomico y calidad comercial de tres cultivares de trigo harinero (Triticum Aestivum L.), bajo las condiciones de Valle Costero. [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional de San Agustin* . Retrieved from Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Agustin:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4128/AGlofarr055.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Macaulay, C. (2007). *La lombricultura. Combox*.
<https://doi.org/http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/vermicompostaje/172-la-lombricultura.html>
- Maddaleno, A. G. (2005). *Estudio de Factibilidad de la Producción y Comercialización del Abono Humus Orgánico Producido por La Lombriz Roja [Tesis grado]. Universidad de San Carlos de Guatemala*. Retrieved from
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1369_IN.pdf
- Majlessi, M., Islami, A., Saleh, H. N., Mirshafieean, S., & Babaii, S. (2012). Vermicompostaje de residuos alimentarios: evaluación de la estabilidad y madurez. *Revista iraní de ciencia e ingeniería de salud ambiental* , 9(1), 1-6.
<https://doi.org/https://link.springer.com/article/10.1186/1735-2746-9-25>
- Martinez, M. (1976). Diferentes alternativas en la preparacion de suelo para trigo. *Investigacion y Progreso Agrícola*, 8(1), 3.
<https://doi.org/https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/32131/NR20952.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mata, F. I., Rodriguez, G. M., Lopez, B. J., & Vela, C. G. (2014, enero). *Dinámica de la Salinidad en los suelos*. Retrieved from Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC:
http://cbs1.xoc.uam.mx/e_bios/docs/2014/05_SALINIDAD_EN_SUELOS_ESPANOL.p

- More, C. M. (2018). *EVALUACIÓN DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO A BASE DE ESCOBAJO DE UVA TRATADO MEDIANTE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA PARA LA MEJORA DE LOS NIVELES DE MACRONUTRIENTES (NPK) EN SUELO AGRÍCOLA*. Retrieved from Repositorio Univeridad Católica de Santa María: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/8506/4G.0006.IA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreno, C. J., & Moral, H. R. (2008). Compostaje. In *Fertilizantes* (p. 570). Mundi-Prensa. Retrieved from Fertilizantes.
- Moreno, I., Ramírez, A., & Plana, R. y. (2001). El cultivo de trigo, algunos resultados de su produccion en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 22(4), 55-67. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230162009.pdf>
- Morón, A. (2014). *Fosforo: Disponibilidad y dinámica en el suelo*. Retrieved from Manejo y Fertilida de suelos: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8355/1/111219220807121532-p.27-31.pdf>
- Municipalidad provincial de Arequipa. (2017). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Arequipa 2017-2028 PIGARS*. Retrieved from <https://www.muniarequipa.gob.pe/descargas/gestionmanejoresiduos/PIGARS%202017-2028/PIGARS%20final%202022%20de%20Diciembre.pdf>
- Muñoz, J., Muñoz, J., & Montes, C. (2015). Evaluacion de abonos organicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayan, Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 73-82. <https://doi.org/http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n1/v13n1a09.pdf>
- Nair, J., Sekiozoic, V., & Anda, M. (2006, November). Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. *Bioresource Technology*, 97(16), 2091-2095. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.09.020>
- Narayana, T. (2009). Narayana, T. (2009). Municipal solid waste management in India: From waste disposal to recovery of resources? . *Waste Management*, 29(3), 1163–1166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.038>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2001). *Trigo Regado*. Retrieved from Manejo del cultivo: <https://www.fao.org/3/x8234s/x8234s0e.htm#TopOfPage>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor*. Retrieved from Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>

Paco, G., Loza, M. M., Mamani, F., & Sainz, H. (2012, Febrero). *Effect of the californian red worm (Eisenia foetida) during the composteo and vermicomposteo in properties of the Experimental Station of the Academic Rural Unit Carmen Pampa*. Retrieved from Journal of the Selva Andina Research Society: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942011000200004

Parancán, J., Salinas, C., León, M., & Pérez, M. (2018). *Manual de compostaje para zonas frías*. Retrieved from Universidad de Magallanes y Ministerio de Medio Ambiente Chile: <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/Manual-de-Compostaje.pdf>

Poblete, C. P. (2010). *Estudio del Comportamiento de una Mezcla de Aserrín y Grasa Láctea de Desecho [Grado de licenciado]*. Retrieved from [Tesis para optar el título profesional de ingeniero ambiental}. Universidad Austral de Chile: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fac287e/doc/fac287e.pdf>

Quarín, S. H., Iglesias, M. C., & Castillo, A. E. (1999, enero 11). *Vermicompost chemical and physical characterization from raw and mixed organic wastes*. Retrieved from Scielo: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0365-28072000000100008&script=sci_arttext&tlng=e

Ramos, A. D., & Terry, A. E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bokashi como alternativa nutricional para el suelo y las plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>

Reyes, R. J., & Guillén, F. G. (2004). *GUIA DE LOMBRICULTURA*. Retrieved from UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA.

Rivero, F. A. (2014). *Caracterización físico-química del compost obtenido a partir de residuos orgánicos alimenticios y de poda de la Facultad de ciencia y tecnología de la universidad*

- Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", presidente prudente Sao Paulo, Brasil.*
Retrieved from UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO [Tesis de grado IRNR]:
https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/16895/tesis-completa-final-final-florencia-rivero.pdf
- Roman, P., Martinez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina.* <https://doi.org/https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>
- Sarmiento, G. J., Pino, D., Mena, L. M., Medina, H. D., & Lipa, L. M. (2019). *Aplicación de humus de lombriz y algas marinas en el cultivo de sandía (Citrullus lanatus Thunb.) var. Santa Amelia.* Retrieved from Scientia Agropecuaria: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172019000300006&script=sci_arttext
- Silbert Voldman, V., & Olivia, A. (2018). *Manual de buenas prácticas para producir compost hogareño.* Retrieved from [file:///C:/Users/HP/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/c9e3f328-9743-43da-b852-01d604a5e74a/manual%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HP/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/c9e3f328-9743-43da-b852-01d604a5e74a/manual%20(2).pdf)
- Sistema Peruano de Información Jurídica. (2003). *Ley Orgánica de Municipalidades Ley N° 27972.* Retrieved from https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/capacita/programacion_formulacion_presupuestal2012/Anexos/ley27972.pdf
- Suni, T. L. (2018). *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Compostaje del Mercado Mayorista Metropolitano Río Seco – La Parada. Cerro Colorado. [Tesis Posgrado. Universidad Nacional de San Agustín.* Retrieved from Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Agustín: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6546/CFMsutollj.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Sztern, & Pravia. (1999). *Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos.* Retrieved from <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=UY2006006051>

- Ticona, Q. C. (2018). *Análisis comparativo de macronutrientes NPK y Materia orgánica en suelos de la Estación Experimental de Sapecho Alto Beni*. Retrieved from Revista Apthapi: <http://apthapi.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/218>
- Tognetti, C., Laos, F., Mazzarino, M. J., & Hernández, M. T. (2005). Composting vs. vermicomposting: A comparison of end product quality. *Compost Science and Utilization*, 13(1), 6–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/1065657X.2005.10702212>
- Torti, M. J., Butti, M., & Binda, V. F. (2019). Evolución de los Indicadores de Madurez Y Estabilidad Biológica en compost de residuos de Incubación. *Revista de Tecnología Agropecuaria*, 10(39), 73-75. https://doi.org/https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_evolucion_de_los_indicadores_de_madurez_y_estabilidad_biologica_en_compost_de_residuos_de_incubacion.pdf
- Ttito, H. C. (2017). *Evaluación de las propiedades del suelo por Incorporación de Nutrientes y Materia Organica proveniente de los Residuos Solidos Orgánicos Agrícolas del mercado Metropolitano - I Etapa Andrés Avelino Caceres y su efecto en el cultivo del Raphanus sativus* (R. Retrieved from Repositorio UNSA: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8472>
- Vásquez, P. Z. (2017). *Efecto de la Lombriz Roja Californiana en la concentración de macronutrientes en Compost producido por Residuos Orgánicos Municipales [Tesis de Grado] Universidad Cesar Vallejo*. Retrieved from Repositorio institucional de la Universidad Cesar Vallejo: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22510/vasquez_pz.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vélez, R. A. (2020). *Incidencia de cuatro sustratos sobre la reproducción de Eisenia foetida en un módulo de lombricultura urbano, provincia del Guayas. [Tesis Posgrado]*. Retrieved from Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <http://192.188.52.94:8080/bitstream/3317/14679/1/T-UCSG-PRE-TEC-CMV-78.pdf>
- Viernes, O. T., & Akinfemi, O. J. (2021). *Effect of compost extract processing parameters on the growth and yield parameters of Amaranthus and Celosia Vegetables*. Retrieved from

Environmental

Challenges:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667010021002808>

Villarroel, J. (1988). *Manual Práctico para la Interpretación de Análisis de suelos en Laboratorio*.

Retrieved from Universidad Mayor de San Simón Agrucó:

<http://atlas.umss.edu.bo:8080/jspui/bitstream/123456789/142/1/MANUAL%20PRACTICO%20ST10.pdf>

Vintimilla, E. H., & Saltos, A. N. (2019). *Evaluación Química Del Humus De Lombriz Roja Californiana (Eisenia Foetida), A Partir De Sustrato De Cáscara De Cacao Y Estiércol Bovino. [Tesis Pregrado]*.

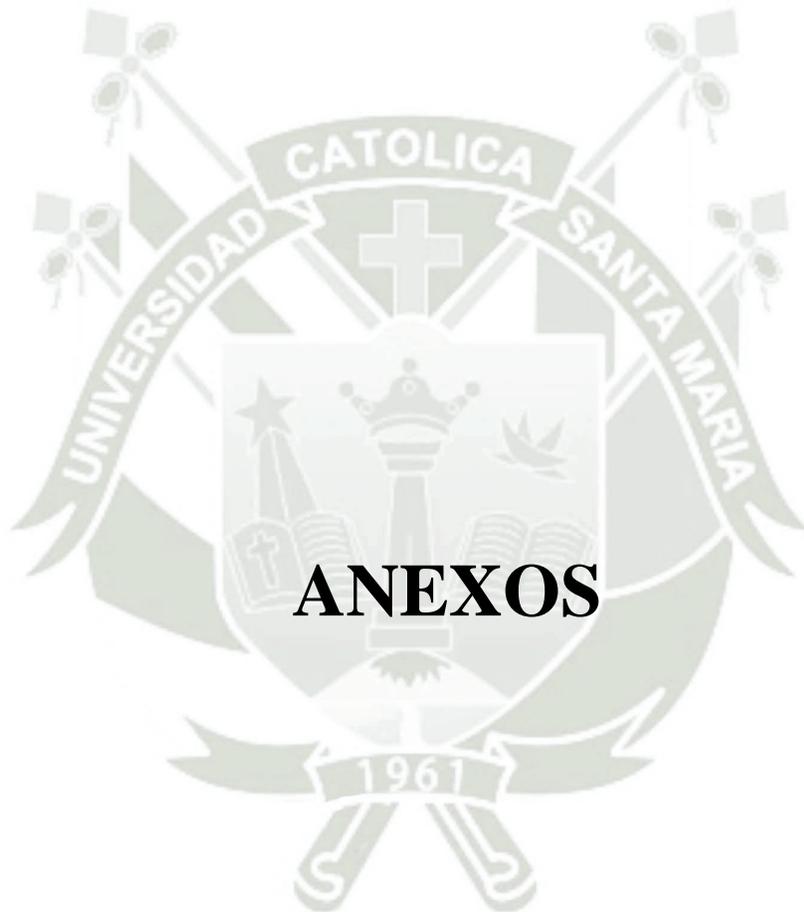
Retrieved from Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1212/1/TTMA79.pdf>

Wolkowski, R. P. (2003). Nitrogen Management Considerations for Landspreading Municipal Solid Waste Compost. *Revista de Calidad Ambiental*, 5(32), 1844-1850.

<https://doi.org/https://doi.org/10.2134/jeq2003.1844>

YujiaLuo, Veelen, P. J., SiyuChen, & ValentinaSechi. (2022, Marzo). *Efectos de la esterilización y madurez del compost en las comunidades bacterianas y fúngicas del suelo y el crecimiento del trigo*. Retrieved from Science Direct:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706121006789>



ANEXOS

ANEXO 1.

Elaboración de las unidades experimentales



Acopio de residuos orgánicos.



Traslado de material de trabajo.



Preparación de las canchas y pilas.



Instalación de las tres tecnologías.



Pilas de compost.



Camas de Precompostaje.

ANEXO 2.

Control de los tres abonos



Determinación de la humedad.



Determinación de la temperatura.



Riego de cama de Vermicompost



Obtención de abono

ANEXO 3.

Evaluación de la calidad de macronutrientes asimilables por el cultivo, antes y después de la aplicación de las dosis



Limpieza del área experimental.



Peso de la dosis experimental



Dimensión de cada parcela experimental



Monitoreo del crecimiento de la planta



Riego de las parcelas experimentales.



Diferencia del tamaño de la planta.

ANEXO 4.

Evaluación del rendimiento de los tres tipos de abono

- Tablas de factores climatológicos

Tabla 42

Datos de Climatológicos del Mes de Abril y Mayo

Estación : LA PAMPILLA					
Departamento :	AREQUIPA	Provincia :	AREQUIPA	Distrito :	AREQUIPA
Latitud :	16°24'49.66"	Longitud :	71°32'4.31"	Altitud :	2326 msnm.
MAP -					
Tipo :	Meteorológica	Código :	116017		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm/día)	Presion Atmosferica
	T °C Max	T °C Min		TOTAL	Presión Atmosferica hPa
1/05/2022	25.2	10.2	54.1	0	771.8
2/05/2022	25.8	9.6	54.8	0	771.9
3/05/2022	23.8	7.2	65.7	0	772
4/05/2022	22.4	7.6	53.7	0	772.3
5/05/2022	23.2	7	47.8	0	771.7
6/05/2022	24.8	7.8	50.9	0	772.1
7/05/2022	23.6	8.2	61.4	0	771.8
8/05/2022	22.8	7.8	51.9	0	772.1
9/05/2022	25.6	7	33.5	0	772.3
10/05/2022	25	7.6	47.4	0	772
11/05/2022	24.4	5.6	40.4	0	772.1
12/05/2022	24.8	5.2	44	0	772.4
13/05/2022	24.4	7.4	43.8	0	772.2
14/05/2022	25.2	7.8	43.4	0	771.7
15/05/2022	26.2	8.4	38.9	0	772.2
16/05/2022	26	8.2	38.9	0	772.3
17/05/2022	25.4	8.2	43.4	0	771.7
18/05/2022	24.4	8.8	42.5	0	772.1
19/05/2022	24	6	49.3	0	772.2
20/05/2022	24.6	7.8	49.6	0	771.6

21/05/2022	25.2	8.2	46.8	0	772
22/05/2022	23.8	6.8	37.2	0	771.9
23/05/2022	25.2	6.2	60.1	0	771.7
24/05/2022	26.2	5.4	38.2	0	772.4
25/05/2022	25	7.8	34.4	0	771.7
26/05/2022	24.2	6.2	32.9	0	771.7
27/05/2022	25.8	5.6	29.9	0	772.3
28/05/2022	23.8	6.8	35.7	0	772.2
29/05/2022	25.6	8	39.6	0	772
30/05/2022	24.2	8.6	58	0	772.6
31/05/2022	23.8	7.2	43.1	0	772.1



DIRECCION DEL VIENTO DUREANTE LOS MESES DE ABRIL Y MAYO

Tabla 43

Direccion del Viento

DIA	MES			
	ABRIL		MAYO	
	dirección	velocidad	Dirección	velocidad
1	SW	5	S	5
2	SW	4	E	5
3	SW	4	S	4
4	SW	5	SW	5
5	SW	4	W	5
6	SW	4	W	4
7	SW	5	SW	5
8	SW	5	SW	5
9	SW	5	W	5
10	SW	4	SW	5
11	W	5	SW	5
12	E	5	SW	5
13	W	5	SW	5
14	E	5	SW	5
15	SW	4	E	5
16	SW	5	SW	5
17	E	5	SW	5
18	W	5	SW	5
19	E	5	SW	5
20	E	5	SW	5
21	E	5	SW	5
22	W	5	E	5
23	W	5	SW	5
24	S	5	SW	5
25	W	5	SW	5
26	E	5	SW	5

27	W	5	SW	5
28	E	5	SW	5
29	E	5	E	5
30	W	5	SW	5
31			SW	5

Fuente: Ttito, (2017)



Tabla 44

Datos de Radiacion Solar del Mes de Abril 2022

DIA	HORA														
	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
1/04/2022	0	11	94	463	727	834	926	968	870	625	243	123	38	0	0
2/04/2022	0	17	72	497	715	832	970	1042	697	937	386	155	47	0	0
3/04/2022	0	13	65	527	740	850	946	959	883	568	242	95	18	0	0
4/04/2022	0	3	40	240	756	432	1118	1229	510	665	267	350	114	0	0
5/04/2022	0	7	54	544	743	854	970	975	916	788	626	407	110	0	0
6/04/2022	0	12	69	282	519	810	1048	904	613	415	360	339	40	0	0
7/04/2022	0	12	34	527	695	847	957	876	901	767	400	375	92	0	0
8/04/2022	0	16	49	487	719	803	909	913	864	737	564	368	89	0	0
9/04/2022	0	11	40	500	718	826	937	921	849	734	579	374	56	0	0
10/04/2022	0	10	36	509	709	838	923	918	854	729	576	373	97	0	0
11/04/2022	0	10	41	486	712	805	912	920	851	723	563	370	35	0	0
12/04/2022	0	9	33	493	682	796	919	930	846	703	550	350	64	0	0
13/04/2022	0	11	33	518	706	820	909	911	846	722	568	373	96	0	0
14/04/2022	0	16	41	519	668	822	821	866	554	396	668	367	92	0	0
15/04/2022	0	10	44	459	672	793	888	874	827		451	183	60	0	0
16/04/2022	0	20	40	243	511	536	888	920	295	282	486	100	15	0	0
17/04/2022	0	12	75	394	458	473	832	601	346	359	166	74	20	0	0
18/04/2022	0	36	142	456	442	451	427	403	416	740	608	131	34	0	0
19/04/2022	0	13	70	187	651	752	860	863	601	270	249	203	30	0	0
20/04/2022	0	15	92	463	617	748	833	854	791	675	323	211	31	0	0
21/04/2022	0	9	44	473	240	798	831	840	772	648	445	308	65	0	0
22/04/2022	0	10	41	447	548	735	828	825	759	642	478	280	46	0	0
23/04/2022	0	8	84	382	575	705	801	403	390	312	312	365	18	0	0

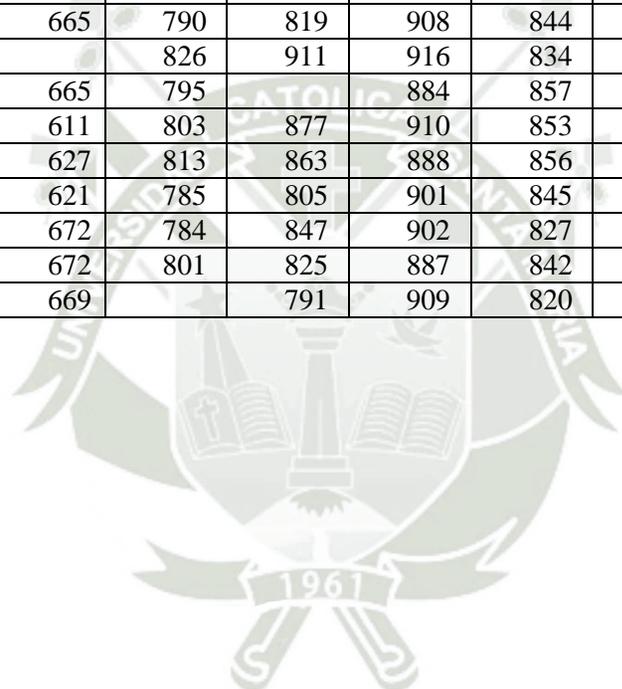
24/04/2022	0	5	113	458	238	376	574	849	704	619	485	222	22	0	0
25/04/2022	0	16	66	475	654	774	885	878	847	654	311	173	48	0	0
26/04/2022	0	13	115	382	541		907	900	832	693	534	345	41	0	0
27/04/2022	0	7	191	522	691	819	925	900	839	691	550	339	34	0	0
28/04/2022	0	17	172	557	707	737	883	874	754	593	471	242	22	0	0
29/04/2022	0	18	156	483	675	797	902	855	675	552	240	190	32	0	0
30/04/2022	0	10	213	278	672	781	1003	657	834	711	526	312	53	0	0

Tabla 45

Radiacion Solar del Mes de Mayo del 2022

DIA	HORA														
	5:0	6:0	7:0	8:0	9:0	10:0	11:0	12:0	13:0	14:0	15:0	16:0	17:0	18:0	19:0
1/05/2022	0	0	172	439	638	903	882	903	832	706	528	523	23	0	0
2/05/2022	0	0	162	425	646	798	841	881	953	727	506	564	16	0	0
3/05/2022	0	0	145	429	651	797	840	890	844	721	524	255	19	0	0
4/05/2022	0	0	187	433	673	829	908	920	852	719	520	281	21	0	0
5/05/2022	0	0	186	437	665	825	900	899	841	712	520	280	23	0	0
6/05/2022	0	0	175	427	639	794	889	895	835	700	505	268	23	0	0
7/05/2022	0	0	161	420	605	784	848	880	817		486	254	15	0	0
8/05/2022	0	0	140	415	628	818	783	881	838	713	522	284	16	0	0
9/05/2022	0	0	147	444	670	823	920	925	858	727	534	289	14	0	0
10/05/2022	0	0	101	419	651	804	895	903	832	714	518	278	17	0	0
11/05/2022	0	0	75	429	648	814	901	893	827	706	508	257	21	0	0
12/05/2022	0	0	55	431	642	791	892	898	832	702	503	261	17	0	0
13/05/2022	0	0	71	421	630	801	867	898	830	710	531		23	0	0
14/05/2022	0	0	108	424	620	827	920	887	839	712	521	252	19	0	0
15/05/2022	0	0		438	618	788	903	923	846	713	483	271	19	0	0
16/05/2022	0	0	119	435	630	814		915	836	724	504	250	18	0	0

17/05/2022	0	0	106	437	646	812	784	919	855	708	529	274	22	0	0
18/05/2022	0	0	105	440	640	829	796	891	821	720	507	257	18	0	0
19/05/2022	0	0	125	422	663	821		904	848	727	490	281	21	0	0
20/05/2022	0	0	114		673	805	822	919	853	702	489		17	0	0
21/05/2022	0	0	77	416	629	800	917	888	835	717	532	259	16	0	0
22/05/2022	0	0	58	441	668	796	824	887	853	703	486	249	15	0	0
23/05/2022	0	0		431	665	790	819	908	844	707	495	246	16	0	0
24/05/2022	0	0	118	415		826	911	916	834	660	489	247	14	0	0
25/05/2022	0	0	123	436	665	795		884	857	704	500			0	0
26/05/2022	0	0	72	425	611	803	877	910	853	701	479	249	12	0	0
27/05/2022	0	0	80	432	627	813	863	888	856	719	501		20	0	0
28/05/2022	0	0	91	417	621	785	805	901	845	706	485	255	14	0	0
29/05/2022	0	0	56		672	784	847	902	827	701	482	248	15	0	0
30/05/2022	0	0	79	443	672	801	825	887	842	703		249	13	0	0
31/05/2022	0	0	78	439	669		791	909	820	702	512	250	17	0	0



ANEXO5.

Crecimiento de la planta durante, resultados de las pruebas de significancia en Minitab.

ALTURA DE LA PLANTA

- **Altura de la planta a los 30 días después de la aplicación de diferentes abonos**

Tabla 46

Altura de la Planta con sus 10 repeticiones en 30 días

Tratamiento	T2 C 250	T2 C 500	T3 VC 250	T3 VC 500	T4 COVE 250	T4 COVE 500	T5 AC 250	T5 AC 500
und	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	Cm
10.2	14.8	13	18.5	17.8	18.7	18.9	21.5	18.9
11.7	14.6	12.1	19	17.8	19.2	18.8	21	18.7
11	14.2	12.9	17.8	16.7	19.9	17	21.3	18.2
10.9	13.5	12.5	18.7	17.4	18.3	17.6	21.7	18.6
11.2	14	12.7	17.6	16.2	18	17.8	21.7	18
10.3	14.5	12.1	17.6	16.9	19.7	17.3	21.5	17.4
10	15	12.4	18.6	18	19.9	19	20.3	17.1
11.7	14.4	13.1	19	16.3	19	17.7	20.2	17.6
10.4	13.4	12.1	18.4	18	19	18.7	21.4	18.6
11.6	13	13.9	18.9	17.8	18.1	18.1	21.9	18.4
10.9	14.1	12.7	18.4	17.3	19.0	18.1	21.3	18.2

Fuente: Elaboración Propia

- **Altura de la planta a los 45 días después de la aplicación de diferentes abonos**

Tabla 47

Altura de la Planta con sus 10 repeticiones en 45 días

Tratamiento	T2 C 250	T2 C 500	T3 VC 250	T3 VC 500	T4 COVE 250	T4 COVE 500	T5 AC 250	T5 AC 500
und	Cm	cm	cm	Cm	cm	Cm	cm	cm
15.01	25	20.1	26.1	23.3	28.9	26.5	31.2	29.8
15.17	23	20.9	27.1	22.9	28.6	25.5	31.7	29.8
15.77	23.7	21.5	26	23.4	29.3	26.8	31.9	28.1
15.79	24.5	22	26.5	22.8	28.2	27.9	30.2	30
15.41	24.2	20.8	26	22.7	28.3	26.6	30.7	29.4
15.77	23.6	21.3	25.1	22.8	29.1	27.5	31.5	29.8
16.13	23.2	20.8	27.1	22	28	27.2	30.1	28.6
16.27	24.7	20.5	25	23.5	29.3	25.1	30	28
16.93	24.9	21.3	27.4	22.7	28	25	31.8	28.3
15.71	24.5	21.5	26.5	23.9	29.5	26.5	30.4	28
15.8	24.1	21.1	26.3	23.0	28.7	26.5	31.0	29.0

Fuente: Elaboración Propia

Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 500g de abono para la altura de la planta

Tabla 48

Tratamientos con una Dosis de 500g de Abono

Factor	Niveles	Valores
VARIABLES	5	AC, COMPOST, CONTROL, COVE, VERMI

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49

Análisis de Varianza 500g

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	1033.36	258.339	496.16	0.000
Error	45	23.43	0.521		
Total	49	1056.79			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 50

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% en 500g de abono en 45 días

Factor	N	Media	Agrupación
AC	10	28.980	A
COVE	10	26.460	B
VERMI	10	23.000	C
COMPOST	10	21.070	D
CONTROL	10	15.796	E

Fuente: Elaboración Propia

Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 250g de abono para la altura de la planta en 45 días

Tabla 51

Análisis de Varianza 250g de abono en 45 días

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	1361.96	340.491	718.41	0.000
Error	45	21.33	0.474		
Total	49	1383.29			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% en 250g de abono en 45 días

Factor	N	Media	Agrupación		
AC	10	30.950	A		
COVE	10	28.720		B	
VERMI	10	26.280			C
COMPOST	10	24.130			D
CONTROL	10	15.796			E

Fuente: Elaboración Propia

LONGITUD DE LA RAIZ

- Longitud de la raíz a los 30 días después de la aplicación del abono

Tabla 53

Longitud de la raíz a los 30 días

Tratamiento	T2C250	T2C500	T3VC250	T3VC500	T4 COVE 250	T4 COVE 500	T5AC 250	T5AC 500
und	cm	cm	cm	cm	cm	Cm	cm	cm
6.1	5.3	4.8	7.8	7.7	7.4	6.7	8.3	7.0
6.3	5.5	5.0	6.1	5.3	6.7	6.5	6.4	7.4
6.7	5.6	4.8	7.4	6.8	6.6	6.8	9.0	7.3
5.8	5.5	5.1	6.4	5.1	8.0	6.8	5.6	6.6
6.7	4.7	5.1	7.8	5.3	5.1	6.9	7.8	6.7
6.3	5.1	4.8	7.2	6.1	6.6	7.0	5.8	6.4
6.8	5.1	4.8	7.1	7.6	7.3	6.9	8.1	7.4
6.5	5.3	5.0	7.2	7.2	8.8	7.0	8.0	7.3
6.7	5.0	5.1	7.2	5.0	6.6	6.6	8.1	7.5
6.4	5.6	5.0	7.6	7.8	8.7	6.7	8.4	7.1
6.4	5.3	4.9	7.2	6.4	7.2	6.8	7.5	7.1

Fuente: Elaboración Propia

Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 500g de abono para la longitud radicular de la planta en 30 días

Tabla 54

Análisis de Varianza con 500g de abono en 30 días

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	63.58	7.9475	15.36	0.000
Error	81	41.92	0.5176		
Total	89	105.50			

Fuente: Elaboración Propia

Comparaciones en parejas de Tukey

Tabla 55

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación	
T5AC250	10	7.550	A	
T4CoVE250	10	7.180	A	B
T3VC250	10	7.180	A	B
T5AC500	10	7.070	A	B
T4CoVE500	10	6.7900	A	B
T1 0	10	6.430		B
T3VC500	10	6.390		B
T2C250	10	5.2700		C
T2C500	10	4.9500		C

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del crecimiento de la raíz en 30 días, utilizando el método tukey nos ayuda interpretar los resultados, el grupo A contiene los tratamientos T5 AC250, T4 CoVe250, T3Ve250, T5 AC500 y T4CoVe500, el grupo B contiene los tratamientos T4 CoVe250, T3Ve250, T5 AC500, T4CoVe500, T1-0 y T3Ve500. el grupo C contiene los tratamientos T2C250 y T2C500. Los tratamientos T4 CoVe250, T3Ve250, T5 AC500 y T4CoVe500, el grupo B contiene los tratamientos T4 CoVe250, T3Ve250, T5 AC500, T4CoVe500 están en ambos grupos. Las diferencias entre las medias que comparten una letra no son estadísticamente significativas. Los tratamientos T5AC250 y T2C250, T2C500 no comparten una letra, lo que indica que el tratamiento T5AC250 posee una media significativamente mayor que T2C250,

T2C500. Lo que preside que el mayor tamaño de raíz se muestra con el abono comercial a 250 g. (Vásquez, 2017)

Longitud de la raíz a los 45 días después de la aplicación

Tabla 56

Longitud de la raíz a los 45 días

Tratamiento	T2C250	T2C500	T3VC250	T3VC500	T4 COVE 250	T4 COVE 500	T5 AC 250	T5 AC 500
und	Cm	cm	cm	cm	cm	Cm	cm	cm
8.9	7.8	7.7	10.3	10.0	12.1	11.7	11.8	11.9
9.0	7.7	6.6	9.0	8.6	12.1	10.4	12.9	9.4
8.9	8.0	7.4	9.4	7.5	10.8	10.5	9.5	10.3
9.0	7.6	6.1	8.0	7.9	12.4	10.6	10.4	9.2
8.7	7.7	6.4	8.5	8.0	11.8	9.5	12.1	10.2
8.9	7.8	7.5	9.4	8.8	10.8	9.6	12.9	11.9
8.8	7.9	6.3	8.1	7.1	11.1	10.9	13.0	12.8
8.4	7.6	6.1	10.2	9.5	9.8	9.1	9.7	11.7
8.8	7.8	6.7	8.5	7.6	12.4	10.1	12.1	11.8
8.7	7.9	6.9	10.1	8.2	9.8	11.1	12.8	12.5
8.8	7.8	6.8	9.2	8.3	11.3	10.4	11.2	11.7

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57

Análisis de Varianza a 500g en 45 días

Fuente	GL	SC Ajust.	MCAjust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	1033.36	258.339	496.16	0.000
Error	45	23.43	0.521		
Total	49	1056.79			

Fuente: Elaboración Propia

Comparaciones en parejas de Tukey

Tabla 58

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 500g en 45 días

Factor	N	Media	Agrupación	
AC	10	28.980	A	
COVE	10	26.460		B
VERMI	10	23.000		C
COMPOST	10	21.070		D
CONTROL	10	15.796		E

Fuente: Elaboración Propia

Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 250g de abono para la longitud radicular de la planta en 45 días

Tabla 59

Análisis de Varianza a 250g

Fuente	GL	SC Ajust.	MCAjust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	1361.96	340.491	718.41	0.000
Error	45	21.33	0.474		
Total	49	1383.29			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 60

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 250g

Factor	N	Media	Agrupación	
AC	10	30.950	A	
COVE	10	28.720		B
VERMI	10	26.280		C
COMPOST	10	24.130		D
CONTROL	10	15.796		E

Fuente: Elaboración Propia

- Ancho de la hoja a los 45 días después de la aplicación del abono

Tabla 61

Ancho de la hoja a los 45 días

Tratamiento	T2 C 250	T2 C 500	T3 VC 250	T3 VC 500	T4 COVE	T4 COVE	T5 AC 250	T5 AC 500
-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	------------	------------	--------------	--------------

					250	500			
Und	cm								
0.6	0.8	0.7	0.7	0.6	0.8	0.8	1.0	0.9	
0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.9	1.0	0.9	
0.5	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	
0.6	0.7	0.6	0.9	0.7	0.7	0.6	1.1	0.9	
0.6	0.7	0.7	0.6	0.8	0.7	0.8	1.1	1.0	
0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.6	0.8	0.9	0.8	
0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.9	1.0	
0.5	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.9	1.1	0.8	
0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.9	0.7	0.9	0.8	
0.6	0.7	0.7	0.9	0.8	0.8	0.7	1.0	0.8	
0.6	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	1.0	0.9	

Fuente: Elaboración Propia

Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 500g de abono para el tamaño de la hoja de la planta

Tabla 62

Análisis de Varianza 500g

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	0.5412	0.135300	24.26	0.000
Error	45	0.2510	0.005578		
Total	49	0.7922			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 63

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 500g

Factor	N	Media	Agrupación
AC	10	0.8900	A
COVE	10	0.7800	B
VERMI	10	0.7200	B
COMPOST	10	0.7100	B
CONTROL	10	0.5700	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración Propia

Comparaciones en parejas de Tukey con una dosis de 250g de abono para el tamaño de la hoja de la planta

Tabla 64

Análisis de Varianza 250

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIABLES	4	0.9080	0.227000	34.98	0.000
Error	45	0.2920	0.006489		
Total	49	1.2000			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 65

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% a 250

Factor	N	Media	Agrupación
AC	10	0.9900	A
VERMI	10	0.7700	B
COVE	10	0.7500	B
COMPOST	10	0.7200	B
CONTROL	10	0.5700	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración Propia