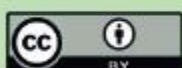




Esta obra está bajo una
[Licencia Creative Commons
Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
Vea una copia de esta licencia en
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

**Bioestabilización del estiércol avícola por
microorganismo eficientes como abono para el
cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), 2024**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Jeiger Moisés Chuquista Arévalo
<https://orcid.org/0000-0002-3197-9229>

Asesor:

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
<https://orcid.org/0000-0003-3755-4093>

Co-Asesor:

Blgo. Dr. Jhon Jairo López Rojas
<https://orcid.org/0000-0001-6726-5095>

Moyobamba, Perú

2025



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

**Bioestabilización del estiércol avícola por
microorganismo eficientes como abono para el
cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), 2024**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor

Jeiger Moisés Chuquista Arévalo

Sustentado y aprobado el 12 de noviembre del 2025, ante el honorable jurado:

Presidente de Jurado
Ing. M.Sc. Juan José Pinedo
Canta

Secretario de Jurado
Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez
Pérez

Vocal de Jurado
Ing. M.Sc. Percy Martínez
Dávila

Asesor
Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas
Luna

Coasesor
Blgo. Dr. Jhon Jairo López Rojas

Moyobamba, Perú

2025



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS
CONDUCTENTES A TÍTULO PROFESIONAL N° 045-2025-UNSM/EPIA/UI**

Jurado reconocido con Resolución N° 347-2023-UNSM/CF/FE, Moyobamba 29 de agosto de 2023, modificado con Resolución N° 238-2024-UNSM/CF/FE, Moyobamba 20 de mayo de 2024

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A las 10:00 horas, del día miércoles 12 de 2025, inició el acto público de sustentación del informe final de tesis "Bioestabilización del estiércol avícola por microorganismo eficientes como abono para el cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), 2024" para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, presentado por Jeiger Moisés Chuquista Arévalo, con la asesoría del Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna y del co-asesor Blgo. M.Sc. Jhon Jairo López Rojas.

Instalada la Mesa Directiva conformada por el Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta (Presidente del jurado), Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez (Secretario), Ing. M.Sc. Percy Martínez Dávila (Vocal) y acompañado por el Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna (Asesor) y por el co-asesor Blgo. M.Sc. Jhon Jairo López Rojas, el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Resolución N° 600-2024-UNSM/CF/FE, de fecha 31 de octubre de 2024.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue *Dieciséis....(16)*, tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es ..*APROBATORIA*...y correspondiente a la calificación de...*Bueno*..... Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 002 del Programa de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final de tesis en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las ...*14:30*..... horas, el mismo día miércoles 12 de noviembre de 2025.

Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta
Presidente de Jurado

Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Secretario de Jurado

Ing. M.Sc. Percy Martínez Dávila
Vocal de jurado
Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
Asesor
Blgo. M.Sc. Jhon Jairo López Rojas
Co-asesor
Jeiger Moisés Chuquista Arévalo
Autor

Declaratoria de autenticidad

Jeiger Moisés Chuquista Arévalo, con DNI N° 72917416, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Bioestabilización del estiércol avícola por microorganismos eficientes como abono para el cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), 2024.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 12 de noviembre del 2025.



.....
Jeiger Moisés Chuquista Arévalo

DNI N° 72917416

Ficha de identificación

<p>Título: Bioestabilización del estiércol avícola por microorganismo eficientes como abono para el cultivo de <i>Allium fistulosum</i> (cebolla china), 2025</p>	<p>Área de investigación: Ciencia y Tecnología Ambiental Línea de investigación: Manejo de residuos Sublínea de investigación: Manejo integrado de residuos Grupo de investigación: Gestión Integral para la Amazonia Sostenible - Resolución N° 239-2023-UNSM/CF/FE Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input checked="" type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Jeiger Moisés Chuquista Arévalo</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0002-3197-9229</p>
<p>Asesor: Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Unidad o Laboratorio Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0003-3755-4093</p>
<p>Co-Asesor: Blgo. M.Sc. Jhon Jairo López Rojas</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Unidad o Laboratorio Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0001-6726-5095</p>

Dedicatoria

Dedico esta investigación, en primer lugar, a Dios, fuente de vida, salud y guía constante, además de ser fortaleza en cada paso de este camino, otorgándome sabiduría y paciencia para alcanzar este logro.

A mis padres, leales compañeros, Cory Arévalo y Moisés Chuquista, aquellos que me ofrecieron su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y su ejemplo de esfuerzo y dedicación fueron de vital importancia en esta etapa.

A mis hermanos, Josué Chuquista y Renato Chuquista, quienes con su apoyo manual y dedicación me ayudaron a ejecutar este proyecto, demostrando siempre su amor y solidaridad.

A mis abuelos, Jeiger Arévalo, Coryta Pezo, Moisés Chuquista, Martha Julca y Carlota Bocanegra, quienes fueron, son y seguirán siendo mi eterna fuente de inspiración, les dedico este trabajo por ser parte fundamental de mi desarrollo personal y ahora profesional.

Y, por supuesto, a mi pareja, Mayra Calderón, quien ha sido mi gran apoyo, motivándome y estando a mi lado en cada momento de este proceso.

Finalmente, extendiendo esta dedicatoria a quienes confían en el poder transformador del conocimiento y la investigación.

Agradecimientos

En primer lugar, elevo mi gratitud a Dios por otorgarme el don de la vida, así como la fortaleza, el discernimiento y la claridad mental que me han permitido materializar este anhelado propósito

Asimismo, expreso mi reconocimiento al Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna, al Blgo. M.Sc. Jhon Jairo López Rojas y al Ing. Mg. Juan Carlos Dávila Cardozo por su valiosa guía, dedicación y aporte intelectual. Su experiencia en el campo investigativo, junto con sus atinadas observaciones y tiempo invertido, han sido elementos esenciales para la realización de este proyecto.

A mis padres, Cory Arevalo y Moisés Chuquista, quienes han sido la columna vertebral de mi vida. Su amor y sacrificio incondicional me han permitido llegar hasta aquí. Cada paso que doy, cada logro que consigo, lleva su huella. Este trabajo es el reflejo de su dedicación, de su esfuerzo, y de todo lo que me han dado a lo largo de mi vida. No tengo palabras suficientes para agradecerles, pero sé que mi éxito es, en gran parte, gracias a su amor y apoyo.

Finalmente, agradezco a la Universidad Nacional de San Martín por acogerme durante cinco años y brindarme una formación continua que me ha preparado para enfrentar con responsabilidad los retos del ámbito profesional.

Índice general

Ficha de identificación.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimientos	8
Índice general.....	9
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	21
2.1.3. Antecedentes regionales y locales	23
2.2. Fundamentos teóricos.....	24
2.2.1. Producción de estiércol avícola	24
2.2.2. Proceso de bioestabilización	27
2.2.3. Proceso de compostaje	29
2.2.4. Los microorganismos eficientes (EM)	30
2.2.5. Cultivo de <i>Allium fistulosum</i> (cebolla china).....	32
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación	35
3.1.1. Contexto de la investigación	35
3.1.2. Periodo de ejecución	35
3.1.3. Autorizaciones y permisos.....	35
3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad	36
3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales	36
3.2. Sistema de variables.....	37
3.2.1. Variables principales.....	37

	10
3.3. Procedimientos de la investigación	38
3.3.1. Diseño de la investigación	38
3.3.2. Establecer las combinaciones para la obtención de compost entre el estiércol avícola, los aditivos y las dosis de microorganismos eficientes	43
3.3.3. Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de cada combinación de estiércol avícola, aditivo y dosis de microorganismos eficientes	45
3.3.4. Evaluar el desarrollo del cultivo de <i>Allium fistulosum</i> (cebolla china) usando los compost obtenidos de cada combinación como abono en 3 repeticiones cada una	46
3.3.5. Determinar la combinación óptima de compost para el desarrollo del cultivo de <i>Allium fistulosum</i> (cebolla china) por medio del análisis estadístico de los datos obtenidos	48
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1. Obtención de compost entre el estiércol avícola, los aditivos y las dosis de microorganismos eficientes	50
4.2. Se caracterizó las propiedades fisicoquímicas de cada combinación de estiércol avícola, aditivo y dosis de microorganismos eficientes.....	55
4.3. Se evaluó el desarrollo del cultivo de <i>Allium fistulosum</i> (cebolla china) usando los compost obtenidos de cada combinación como abono en 3 repeticiones cada una	63
4.4. Se determinó la combinación óptima de compost para el desarrollo del cultivo de <i>Allium fistulosum</i> (cebolla china) por medio del análisis estadístico de los datos obtenidos	67
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	84
Anexo 1: Mapa de ubicación del área de estudio	84
Anexo 2: Bosquejo del diseño experimental del compostaje	85
Anexo 3: Distribución de plantas por unidad experimental	86
Anexo 4: Ficha de registro de combinaciones	87
Anexo 5: Ficha de recolección de datos de temperatura (°C) y pH	88
Anexo 6: Ficha de recolección de datos del cultivo <i>Allium Fistulosum</i>	92

Anexo 7: Ficha de recolección de datos del índice de emergencia.....	96
Anexo 8: Ficha de registro de temperatura interna (°C) de cada parcela	100
Anexo 9: Datos de humedad y temperatura externa del campo experimental.....	103
Anexo 10: Resultados del laboratorio del compost por tratamiento	114
Anexo 11: Ficha técnica de EM	123
Anexo 12: Panel Fotográfico.....	125

Índice de tablas

Tabla 1 Composición química promedio del estiércol de diferentes razas avícolas	25
Tabla 2 Descripción de variables por objetivo específico	37
Tabla 3 Codificación de factores	40
Tabla 4 Diseño de tratamientos compostaje	40
Tabla 5 Combinaciones de cada pila de compostaje.	42
Tabla 6 Soluciones para la activación de EM.....	44
Tabla 7 Combinaciones para la obtención de compost.....	50
Tabla 8 Análisis descriptivo de la temperatura (°C) por tratamiento	51
Tabla 9 Análisis descriptivo de la temperatura (°C) por aplicación de EM.....	51
Tabla 10 Análisis descriptivo del pH por tratamiento.....	53
Tabla 11 Análisis descriptivo del pH por aplicación de EM.....	53
Tabla 12 Propiedades fisicoquímicas de cada combinación (tratamiento)	55
Tabla 13 Propiedades fisicoquímicas promedios por aplicación de EM	56
Tabla 14 Desarrollo del cultivo de <i>Allium fistulosum</i>	63
Tabla 15 Índice de emergencia (día 7).....	64
Tabla 16 Análisis descriptivo del registro de temperatura interna (°C) de cada parcela.....	65
Tabla 17 Resumen del análisis de varianza del diseño experimental para la variable altura (cm).....	67
Tabla 18 Análisis de variancia para la altura (cm) de la cebolla china.....	67
Tabla 19 Prueba de Tukey entre los tratamientos con una $\alpha = 0,05$ para la altura (cm)	67
Tabla 20 Resumen del análisis de varianza del diseño experimental para la variable número de hojas	68
Tabla 21 Análisis de variancia para el número de hojas de la cebolla china	69
Tabla 22 Prueba de Tukey entre los tratamientos con una $\alpha = 0,05$ para el número de hojas	69
Tabla 23 Resumen del análisis de varianza del diseño experimental para la variable diámetro del bulbo (cm).....	70
Tabla 24 Análisis de variancia para el diámetro del bulbo (cm) de la cebolla china	70
Tabla 25 Prueba de Tukey entre los tratamientos con una $\alpha = 0,05$ para el diámetro del bulbo (cm)	70
Tabla 26 Resumen del análisis de varianza del diseño experimental para la variable peso fresco (g)	70

Tabla 27 Análisis de variancia para el peso fresco (g) de la cebolla china.....	70
Tabla 28 Prueba de Tukey entre los tratamientos con una $\alpha = 0,05$ para el peso fresco (g)	71
Tabla 29 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk	71
Tabla 30 Modelo de regresión lineal múltiple	72

Índice de figuras

Figura 1 Esquema sobre los contaminantes emitidos por granjas avícolas industriales.....	26
Figura 2 Activación de los EM.....	31
Figura 3 Diseño pre experimental.	40
Figura 4 Balance de masa	41
Figura 5 Proceso de compostaje y su variación térmica.	52
Figura 6 Proceso de compostaje y su variación en pH.....	54
Figura 7 Comparación del contenido de nitrógeno en el compost obtenido con las normativas vigentes.	57
Figura 8 Comparación del contenido de fósforo en el compost obtenido con las normativas vigentes.	58
Figura 9 Comparación del contenido de potasio del compost obtenido con las normativas vigentes.....	58
Figura 10 Comparación del contenido de MO del compost obtenido con las normativas vigentes.....	59
Figura 11 Comparación los niveles de pH del compost obtenido con las normativas vigentes.....	60
Figura 12 Comparación la conductividad eléctrica del compost obtenido con las normativas vigentes.	60
Figura 13 Comparación de la humedad del compost obtenido con las normativas vigentes.....	61

RESUMEN

Bioestabilización del estiércol avícola por microorganismo eficientes como abono para el cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), 2024

La intensificación de la producción avícola a nivel mundial ha incrementado significativamente la generación de residuos orgánicos, particularmente estiércol, cuya aplicación directa al suelo sin tratamiento previo representa un riesgo sanitario y ambiental debido a la emisión de compuestos nocivos como amoníaco, metano y óxido nitroso. En este contexto, el objetivo general de la presente investigación fue evaluar la bioestabilización del estiércol avícola mediante EM como abono en el cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), y como objetivos específicos: establecer combinaciones entre estiércol, aditivos y EM; caracterizar fisicoquímicamente los compost; evaluar el desarrollo del cultivo con cada tratamiento; y determinar la combinación óptima mediante análisis estadístico. El estudio se desarrolló en el Fundo El Vijao, ubicado en el sector Winguilluico, distrito de Morales, provincia y departamento de San Martín, Perú, dentro del Bosque Húmedo Tropical según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, lo que ofreció condiciones adecuadas para el cultivo hortícola. El periodo de evaluación comprendió del 31 de octubre de 2024 al 30 de julio de 2025. El diseño experimental empleado fue un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con nueve tratamientos de compost, cada uno aplicado a tres parcelas de diez plantas, totalizando 27 unidades experimentales distribuidas aleatoriamente en tres bloques. Los procedimientos principales incluyeron la elaboración de compost con distintas combinaciones de estiércol avícola, viruta de madera y EM tipo EM1, el monitoreo del proceso de compostaje (temperatura, pH y madurez), la aplicación de los compost al cultivo de cebolla china, la medición de variables morfológicas del cultivo y el análisis estadístico de los datos. Los resultados demostraron que la incorporación de EM aceleró el proceso de compostaje, promoviendo una mayor actividad biológica y una estabilización más eficiente del compost, en especial en el tratamiento T6, que presentó los valores más altos de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, manteniéndose dentro de los parámetros normativos. Además, este tratamiento favoreció un crecimiento superior del cultivo en altura de planta, número de hojas, diámetro de bulbo y peso fresco, así como una emergencia más temprana y vigorosa. En conclusión, la combinación de estiércol avícola con viruta de madera en proporción 50:50 y la aplicación de EM1 (tratamiento T6) se estableció como la más eficiente.

Palabras clave: estiércol avícola, compostaje, microorganismos eficientes.

ABSTRACT

Biostabilization of Poultry Manure Using Effective Microorganisms as Fertilizer for the Cultivation of *Allium fistulosum* (Welsh Onion), 2024

The intensification of poultry production worldwide has significantly increased the generation of organic waste, particularly manure, whose direct application to soil without prior treatment poses sanitary and environmental risks due to the emission of harmful compounds such as ammonia, methane, and nitrous oxide. In response to this issue, the use of effective microorganisms (EM) has been proposed as a sustainable alternative for the biostabilization of poultry manure, enabling its transformation into high-quality compost suitable for agricultural application. The specific objectives were to establish combinations of manure, additives, and EM; to physicochemically characterize the composts; to evaluate crop development under each treatment; and to determine the optimal combination through statistical analysis. The study was conducted at the El Vijao farm, located in the Winguilluico sector, district of Morales, province and department of San Martín, Peru, within the Tropical Humid Forest according to Holdridge's life zone classification, which provided suitable conditions for horticultural cultivation. The evaluation period extended from October 31, 2024, to July 30, 2025. The experimental design was a randomized complete block design (RCBD), with nine compost treatments, each applied to three plots of ten plants, resulting in a total of 27 experimental units randomly distributed across three blocks. The main procedures included the preparation of compost using different combinations of poultry manure, wood shavings, and EM type EM1; monitoring of the composting process (temperature, pH, and maturity); application of the composts to the Welsh onion crop; measurement of crop morphological variables; and statistical analysis of the data. The results demonstrated that the incorporation of EM accelerated the composting process, promoting greater biological activity and more efficient compost stabilization, particularly in treatment T6, which exhibited the highest values of nitrogen, phosphorus, potassium, and organic matter, while remaining within regulatory standards. Furthermore, this treatment promoted superior crop growth in terms of plant height, number of leaves, bulb diameter, and fresh weight, as well as earlier and more vigorous emergence. In conclusion, the combination of poultry manure and wood shavings in a 50:50 ratio with the application of EM1 (treatment T6) was identified as the most efficient.

Keywords: Poultry manure, composting, effective microorganisms.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

A nivel global, los alimentos de origen animal representan una fuente esencial de nutrientes para el desarrollo de una sociedad saludable y productiva. Dentro de este grupo, los productos avícolas han adquirido una importancia creciente, superando en consumo a otras fuentes de proteína animal debido a su disponibilidad, valor nutricional y eficiencia en la producción. En este contexto, la especie aviar con mayor predominancia es el pollo, que constituye aproximadamente el 91 % de la población avícola mundial y contribuye con alrededor del 89 % de la producción total de carne aviar y el 92 % de los huevos generados, consolidando su papel central en la industria pecuaria global (Erdaw y Beyene, 2022).

Como resultado de la actividad avícola intensiva, se generan volúmenes considerables de residuos sólidos, entre los que destacan el estiércol, las plumas, los restos de materiales de incubación, la cama utilizada y los desechos procedentes del sacrificio de aves. En particular, el estiércol es frecuentemente aplicado directamente al suelo como fertilizante, sin ningún tipo de tratamiento previo, lo cual representa un riesgo sanitario y ambiental. Esta práctica puede facilitar la proliferación de patógenos y vectores como las moscas, además de contribuir significativamente a la emisión de malos olores, afectando la calidad del entorno y la salud pública (Manogaran et al., 2022).

Asimismo, el estiércol avícola constituye una fuente significativa de emisiones atmosféricas nocivas, entre las que se incluyen amoníaco (NH_3), gases de efecto invernadero (GEI) como metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), así como compuestos orgánicos volátiles (COV). La liberación de estos compuestos al ambiente representa una preocupación ambiental y sanitaria relevante, ya que contribuye al deterioro de la calidad del aire, intensifica los efectos del cambio climático y puede ocasionar afecciones respiratorias (Adamu et al., 2024).

Las estadísticas actuales reflejan la magnitud del impacto que tiene la producción avícola en la generación de residuos orgánicos a nivel mundial. En la India, por ejemplo, se estima una producción anual de aproximadamente 38,33 millones de toneladas de estiércol de aves de corral, cantidad suficiente para fertilizar cerca de 3,56 millones de hectáreas de tierras agrícolas (Prabakaran y Valavan, 2021).

De manera similar, en China se generan cada año alrededor de 3 800 millones de toneladas de estiércol provenientes tanto de ganado como de aves de corral, lo cual

evidencia la enorme carga de residuos orgánicos que deben ser gestionados adecuadamente. Ante esta situación, la valorización y el aprovechamiento sostenible de estos subproductos se ha convertido en un tema prioritario en la agenda ambiental y agropecuaria de ambos países (Xu et al., 2020).

El estiércol de pollo y el compost obtenido a partir de su procesamiento representan insumos agrícolas de alto valor como fertilizantes orgánicos, debido a su capacidad para enriquecer la fertilidad del suelo y potenciar significativamente el rendimiento de diversos cultivos. No obstante, el uso de estiércol fresco sin tratamiento previo puede conllevar riesgos agronómicos y sanitarios importantes, como la acumulación excesiva de nitrógeno y otros nutrientes en el suelo, así como la introducción de microorganismos patógenos que pueden afectar tanto a la salud humana como animal (Semenov et al., 2023).

Una alternativa viable y sostenible para el manejo del estiércol avícola es la aplicación de microorganismos eficientes (EM), los cuales contribuyen a reducir significativamente las emisiones malolientes asociadas a estos residuos, facilitando así su uso en la agricultura. Este efecto se logra mediante la disminución de compuestos volátiles como el amoníaco, responsables de los olores desagradables y de impactos ambientales negativos (Addeo et al., 2023a). Además, la incorporación de EM en el tratamiento de residuos orgánicos permite transformar el estiércol en biofertilizantes de alta calidad, ricos en nutrientes y microbiológicamente seguros. Un beneficio adicional es la aceleración del proceso de compostaje: estudios han demostrado que el uso de EM locales puede reducir el tiempo de maduración del compost a solo 24 días, en comparación con los 45 días requeridos cuando se utiliza estiércol sin tratamiento biológico (Gunawan et al., 2020).

Ante lo sustentado, se desarrolló la presente investigación que se enmarca en la problemática: ¿Cuál es el efecto de la bioestabilización del estiércol avícola por microorganismos eficientes como abono para el cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), 2025?, planteando a partir de ello la H_1 : La bioestabilización del estiércol avícola por microorganismos eficientes como abono tiene efecto significativo en el cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), 2025.; y, H_0 : La bioestabilización del estiércol avícola por microorganismos eficientes como abono no tiene efecto significativo en el cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), 2025..

El objetivo general fue la evaluación de la bioestabilización del estiércol avícola por microorganismos eficientes como abono en el cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), 2025. Los objetivos específicos fueron: establecer las combinaciones para la

obtención de compost entre el estiércol avícola, los aditivos y las dosis de microorganismos eficientes; caracterizar las propiedades fisicoquímicas de cada combinación de estiércol avícola, aditivo y dosis de microorganismos eficientes; evaluar el desarrollo del cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china) usando los compost obtenidos de cada combinación como abono en 3 repeticiones cada una y determinar la combinación óptima de compost para el desarrollo del cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china) por medio del análisis estadístico de los datos obtenidos.

El presente trabajo de investigación se estructura en capítulos. En el capítulo primero se desarrolla la introducción general del estudio, donde se contextualiza la problemática, se formula el problema de investigación y se exponen los objetivos y la justificación del trabajo. El capítulo segundo abarca los antecedentes relevantes y el marco teórico que sustenta la investigación, incluyendo las bases científicas relacionadas con la bioestabilización del estiércol avícola y el cultivo de *Allium fistulosum*. En el capítulo tercero se detallan los materiales utilizados y el diseño metodológico empleado para la ejecución del estudio. El capítulo cuarto presenta los resultados obtenidos, acompañados de su respectiva interpretación y discusión en función de la literatura científica. Finalmente, se presenta las conclusiones derivadas de la investigación y las recomendaciones orientadas a futuras aplicaciones o estudios relacionados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Pérez et al. (2024), en su estudio denominado *“Efecto de la fertilización orgánica en plantas de cebolla (*Allium fistulosum* L.) en la comunidad Pilancón”*, investigaron el impacto del uso de abonos orgánicos en el desarrollo de la cebolla, aplicando humus y compost en dosis de 2 y 4 kg/m², además de un tratamiento testigo. El experimento, con diseño de bloques completamente al azar, se desarrolló durante 90 días y contempló cinco tratamientos con cuatro repeticiones. Se evaluaron variables como altura, número de hojas, diámetro del pseudotallo, peso fresco y rendimiento. Los datos se recolectaron a los 30, 60 y 90 días después del trasplante. Los resultados mostraron diferencias significativas, siendo el humus de lombriz en dosis de 4 kg/m² el más efectivo. Este tratamiento demostró ser una alternativa viable para una agricultura más sostenible.

Akhil et al. (2022), en su estudio titulado *“Effect of Organic Manure and Inorganic Fertilizer on Growth, Yield and Quality of Garlic (*Allium sativum* L.)”*, evaluaron el efecto de abonos orgánicos e inorgánicos en el cultivo de ajo durante la temporada Rabi 2021–2022 en la AKS University (India). Utilizaron un diseño de bloques completos al azar con 12 tratamientos, incluyendo control, RDF (NPK) y diversas combinaciones de estiércol de granja, aves y vermicompost. Se analizaron variables de crecimiento, rendimiento y calidad del ajo. La combinación T12 (50 % estiércol de aves + 50 % FYM + 50 % vermicompost) mostró los mejores resultados en todos los parámetros evaluados. Concluyeron que esta mezcla orgánica iguala o supera al fertilizante químico, siendo una alternativa sostenible en la nutrición hortícola.

Moreno et al. (2022), en su estudio titulado *“Poultry manure increases soil fertility, growth and nutritional status of yerba mate seedlings”*, analizaron el efecto del abono orgánico sobre la calidad del suelo, el desarrollo y el estado nutricional de dos cultivares clonales de yerba mate (BRS408 y BRS409). Tras 210 días de experimentación (diseño de bloques al azar de cuatro repeticiones), y aplicando tres niveles de fertilización con estiércol avícola (0,20 y 35 g dm⁻³), evaluaron parámetros como pH, materia orgánica, potasio, calcio y magnesio en el sustrato, determinando que la dosis óptima fue de 20 g dm⁻³. Finalmente, concluyeron que el uso de fertilizantes orgánicos incide

favorablemente en las propiedades edáficas y en el crecimiento de las plántulas, evidenciando respuestas diferenciadas entre los cultivares analizados.

Ogaji et al. (2022), en su investigación titulada “*Effects of Cricket Frass Biofertilizer on Growth of Spring Onion (Allium fistulosum L.) and Physicochemical Properties of Soil*”, se propusieron evaluar el efecto del biofertilizante derivado de frass de grillo sobre el crecimiento de cebolla de verdeo y las propiedades del suelo. El estudio se llevó a cabo en la granja experimental de la Jaramogi Oginga Odinga University of Science and Technology, en Bondo, Kenia. Aplicaron siete tratamientos (dosis de frass de 0, 5, 10, 15 y 20 t/ha, más estiércol de pollo y vacuno a 15 t/ha) en un diseño de bloques completos al azar en campo y completamente aleatorizado en invernadero. Se midieron parámetros de crecimiento y nutrientes del suelo. El análisis estadístico incluyó pruebas de normalidad Shapiro-Wilks y ANOVA con separación de medias mediante Fisher ($p < 0.05$). Los resultados mostraron que el frass, especialmente a 15 t/ha, mejoró significativamente el crecimiento del cultivo y la calidad del suelo, siendo comparable o superior a los estiércoles convencionales. Concluyó que el frass de grillo es una alternativa efectiva, sostenible y beneficiosa como biofertilizante agrícola.

Dani et al. (2021), en su artículo titulado “*Application of Chicken Manure Dosage and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on the Growth and Yield of Shallot Plants (Allium ascalonicum L.)*”, tuvieron como objetivo evaluar el efecto combinado de dosis de estiércol de pollo y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) sobre el desarrollo y rendimiento de plantas de cebolla. La investigación se realizó en terrenos agrícolas de la aldea Sadasari, distrito de Argapura, en Majalengka, Indonesia. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial (3 repeticiones), con tratamientos que incluyeron tres dosis de estiércol (10, 15 y 20 t/ha) y tres dosis de PGPR (5, 10 y 15 ml/L). Los resultados mostraron que la combinación de 20 t/ha de estiércol y 10 ml/l de PGPR generó el mayor número de hojas a los 28 y 35 días. Se concluyó que el uso conjunto de estiércol de pollo y PGPR mejora significativamente el crecimiento y rendimiento del cultivo de cebolla, siendo una alternativa sostenible para la agricultura.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Mejia (2024), en su estudio titulado “*Niveles de gallinaza, fertilización N-P-K y microorganismos eficientes en el rendimiento de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) comunidad de Casaorcco - Carmen Alto (3300 msnm) – Ayacucho*”, evaluó el efecto de distintos niveles de gallinaza, NPK y EM sobre la productividad de quinua. Aplicó 21 tratamientos en un Diseño 03 de Julio (D3J), midiendo variables como altura de planta,

longitud y peso de panoja, y peso de grano. El mayor rendimiento (3 831,3 kg/ha) se obtuvo con 2 t/ha de gallinaza, 170-119-51 kg/ha de NPK y 25 L/ha de EM. No obstante, el nivel óptimo fue con 1 830 kg/ha de gallinaza, 145-100-45 kg/ha de NPK y 34 L/ha de EM, alcanzando 3 785,12 kg/ha. Se concluye que la combinación equilibrada de insumos orgánicos, químicos y EM mejora significativamente el rendimiento del cultivo.

Vargas (2024), en su estudio *“Efecto de la aplicación de gallinaza con microorganismos eficientes (EM) sobre la productividad del maní (Arachis hypogaea L.) variedad roja en la CCNN. Santa Rosa de Dinamarca distrito de Masisea”*, analizó el impacto de aplicar 5 kg/m² de gallinaza enriquecida con EM Compost (1% al 4%) frente a un tratamiento sin enmiendas. Utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado con cuatro repeticiones y una densidad de 83 000 plantas/ha. Los mejores resultados morfo-productivos se obtuvieron con la combinación de gallinaza y 4% de EM. Este tratamiento destacó en cantidad y peso de cápsulas por planta, número de granos, masa de 100 semillas, y tamaño de cápsulas, siendo estadísticamente similar al 3% de EM. El mayor rendimiento fue de 5,04 t/ha con el 4% de EM.

Yabar (2023), en su estudio titulado *“Efecto de tres fuentes orgánicas procesadas con microorganismos eficaces sobre el rendimiento de cebolla china (Allium fistulosum L.) en un inceptisol de Pucallpa”*, evaluó el efecto de gallinaza, vacaza y compost enriquecidos con EM sobre el rendimiento del cultivo. Aplicó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en: T1 (testigo), T2 (2 kg/m² de gallinaza + 10% EM), T3 (2 kg/m² de vacaza + 10% EM) y T4 (2 kg/m² de compost + 10% EM). Los resultados indicaron que los tratamientos con vacaza, gallinaza y compost superaron al testigo en altura de planta, número de bulbillos, cantidad de hojas, diámetro del bulbo y peso total por planta. En particular, T3 y T2 presentaron los mejores resultados, con rendimientos de 24 321,0 kg/ha y 23 344,0 kg/ha, respectivamente. Concluye que el uso de abonos orgánicos procesados con EM mejora significativamente la productividad de cebolla china.

Mamani (2023), en su estudio titulado *“Influencia de abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces en el rendimiento de cebolla roja (Allium cepa L.) var. llabaya”*, se propuso analizar el impacto de cuatro tipos de fertilizantes orgánicos mejorados con microorganismos eficientes (EM-1) en la productividad de la variedad llabaya de cebolla roja. La investigación tuvo un diseño experimental de bloques completamente al azar, compuesto por cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: T1 (testigo), T2 (gallinaza 10 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EM-1), T3 (estiércol bovino 10 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EM-1), T4 (compost 5 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EM-

1) y T5 (humus 5 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EM-1). Los resultados indicaron que los tratamientos T5, T4 y T2 presentaron los mayores niveles de producción, alcanzando rendimientos de 16,55; 15,86 y 15,78 t ha⁻¹, respectivamente, cifras que superaron de forma estadísticamente significativa a las obtenidas por el tratamiento de control (T1) y T3, los cuales registraron 9,32 y 10,71 t ha⁻¹.

2.1.3. Antecedentes regionales y locales

Arevalo (2024), en su tesis titulada “*Determinación de biomasa del frijol Boca Negra con aplicación de compost de residuos sólidos domésticos de Las Palmas, Tarapoto*”, evaluó el efecto del compost urbano en la biomasa del frijol Boca Negra. El estudio se desarrolló en San Juan de Cumbaza, Tarapoto, bajo un enfoque cuantitativo y diseño preexperimental, utilizando cuatro parcelas (tres con distintas dosis de compost: 0,0256, 0,0384 y 0,0512 kg/ha, y una de control sin compost), con una muestra de 65 plantas. Se analizaron variables como altura, grosor, número de hojas, peso fresco y seco en un periodo de 90 días, aplicando análisis estadístico con ANOVA y pruebas de Tukey. Los resultados mostraron que el tratamiento con mayor dosis de compost (0,0512 kg/ha) generó incrementos significativos en todas las variables, superando ampliamente al grupo control. Se concluyó que el compost de residuos sólidos mejora la biomasa del cultivo, constituyendo una alternativa sostenible al uso de agroquímicos.

Gallardo y Sanchez (2023), en su artículo “*Elaboración del compost a partir de excretas de bovino con aplicación de microorganismos eficientes comerciales y naturales en Tarapoto*”, tuvieron como objetivo evaluar el potencial de microorganismos eficientes (comerciales y naturales) en la descomposición de excretas de bovino para producir compost. El estudio se realizó en la Laguna Ricuricocha, Tarapoto, empleando un diseño experimental con cuatro tratamientos y 12 composteras de 20 kg cada una. Se aplicaron 3 L de microorganismos por compostera y se evaluaron parámetros fisicoquímicos y ambientales. El análisis ANOVA mostró diferencias significativas ($p < 0,000$) en nutrientes clave como nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica. El mejor tratamiento (mezcla de microorganismos) alcanzó 4,6 % de nitrógeno, pH 7,4, 32,7 % de materia orgánica y 3,12 kg de compost. Se concluyó que esta combinación permite obtener compost de alta calidad, útil para la agricultura y la reducción de contaminación ambiental.

Ramirez (2022), en su tesis “*Purín de *Urtica dioica* “Ortiga” para mejorar el desarrollo fenológico de *Lycopersicum sculentum* “tomate” en Santa Rosa de Cocayacu - Rioja*” evaluó el efecto del purín de ortiga (*Urtica dioica*) como fertilizante orgánico en el cultivo de tomate (*Lycopersicum sculentum*) en Santa Rosa de Cocayacu, Perú, empleando

un diseño experimental completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones: T0 (control con agua de río/lluvia), T1 (2L de purín/20L agua), T2 (3L/20L) y T3 (4L/20L), aplicados cada 15 días post-trasplante en parcelas de 11,55 m² con tomate. Los resultados demostraron que el purín mejoró significativamente parámetros como altura (44,23 cm en T3), diámetro del tallo (1,54 cm), número de hojas (16,33) y rendimiento (11,62 t/ha en T2), destacando la dosis de 3L/20L como óptima. El análisis del suelo (pH 5,09, materia orgánica 2,04%) y del purín (88% materia orgánica, 3,12% nitrógeno) respaldó su eficacia como alternativa sostenible frente a fertilizantes químicos, promoviendo prácticas agrícolas ecológicas y económicas.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Producción de estiércol avícola

El estiércol de ave, proveniente de especies como pollos y gallinas, constituye un subproducto orgánico con alto contenido de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, lo que lo posiciona como una alternativa eficaz y natural para el manejo agrícola sostenible (Moore et al., 1995). A diferencia de los plaguicidas, los abonos no representan un riesgo tóxico, por lo que su uso es fundamental en los sistemas de producción agrícola, promoviendo el interés de los productores en prácticas agroecológicas donde la gallinaza puede sustituir a los fertilizantes sintéticos. Además de su función como abono orgánico, este residuo avícola puede actuar como mejorador del suelo, insumo nutritivo en la alimentación animal y como fuente potencial de energía renovable en forma de biocombustible (Baishya et al., 2025).

Además, con el crecimiento acelerado de la economía global y el incremento en la demanda alimentaria, el estiércol avícola ha pasado a ser uno de los residuos orgánicos más generados a nivel mundial. Se calcula que un ave produce alrededor de 1 kg de cama y excretas durante su ciclo de engorde de 47 días, aunque diversas investigaciones reportan cantidades superiores, oscilando entre 1,5 y 5,7 kg por ave en un período de cría de 42 días (Zhang et al., 2023). De igual manera, Drózd et al. (2020) destacan que, por cada 1000 aves de distintas especies, se genera una considerable cantidad de desechos fecales: los pollos parrilleros producen aproximadamente 65 kg diarios; los pavos, 160 kg; los gansos destinados al sacrificio, 200 kg; los patos para matadero, 190 kg; las gallinas ponedoras de sistemas intensivos (“towardowe”), 150 kg; y las gallinas reproductoras también criadas en condiciones intensivas (“rodzicielskie”), 155 kg por día.

Los residuos generados por la avicultura son reconocidos como uno de los fertilizantes orgánicos más eficaces debido a su elevada concentración de elementos esenciales

para el desarrollo vegetal, tales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), además de una variedad de micronutrientes fundamentales (Kumari, 2024). Por su parte, Drózdź et al. (2020), señalan que la gallinaza, término utilizado para referirse al estiércol proveniente de aves, posee niveles superiores de nitrógeno, fósforo y calcio en comparación con otros tipos de excretas de origen animal; adicionalmente, contiene una amplia gama de minerales como cobre, zinc, cobalto, hierro, selenio, molibdeno, manganeso y boro. En ese sentido, se presenta a continuación un análisis comparativo de la composición química de los estiércoles producidos por distintas especies avícolas frente a los derivados de otros animales de granja:

Tabla 1

Composición química promedio del estiércol de diferentes razas avícolas

Origen del estiércol	Nitrógeno	Fosforoso	Potasio	Calcio
	Kg	Kg	Kg	Kg
Pollos	15,00	15,00	8,00	24,00
Gansos	5,50	5,50	9,50	8,50
Patos	8,00	11,00	5,00	13,50
Vacas	4,70	2,80	6,50	4,30
Cerdos	5,10	4,40	6,80	4,40
Caballos	5,40	2,90	9,00	4,30
Oveja	7,50	3,80	11,90	5,80

Fuente: Tomado de Drózdź et al., (2020)

Asimismo, el uso de estiércol de origen avícola contribuye significativamente a optimizar la fertilidad del suelo, al favorecer el incremento del pH, el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de elementos esenciales como calcio y magnesio, además de promover mejoras en la estructura y la porosidad del sustrato agrícola (Sani et al., 2024). En esta misma línea, Agaba et al. (2023) destacan que, a través de sus experimentos, se comprobó que la aplicación de gallinaza incide positivamente en el rendimiento de los cultivos, ya que potencias variables agronómicas como el número de hojas, la altura de las plantas, la cantidad de flores, el desarrollo de frutos, así como su peso y dimensiones.

2.2.1.1. Impactos negativos del estiércol avícola en el ambiente

El uso masivo de estiércol avícola puede implicar riesgos tanto inmediatos como a largo plazo, los cuales se agrupan en tres ámbitos principales: efectos sobre la salud humana y animal, consecuencias para los cultivos y repercusiones ambientales. Entre los peligros más relevantes se encuentran la posible propagación de agentes patógenos, la acumulación de metales pesados en el suelo y la escorrentía de nutrientes hacia cuerpos de agua, lo que podría desencadenar procesos de eutrofización y deterioro de la calidad ambiental (Otieno y Mageto, 2023).

En este contexto, la producción avícola intensiva representa una fuente significativa de impactos ecológicos, debido, entre otros factores, a la emisión de ruidos asociados a las operaciones y al funcionamiento de las instalaciones de las granjas, así como a la liberación de contaminantes atmosféricos como metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), material particulado en forma de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ y, especialmente, amoníaco (NH_3), considerado uno de los compuestos más perjudiciales para el entorno (Drózdź et al., 2020).

El estiércol, si bien puede ser una fuente potencial de nutrientes, también puede albergar agentes patógenos, residuos de antibióticos, elementos metálicos tóxicos y sustancias con efectos fitotóxicos, lo que representa una amenaza significativa para la salud humana, animal y vegetal. Asimismo, se destaca la posible proliferación de microorganismos con resistencia a los antimicrobianos (Gržinić et al., 2023). Por otra parte, la actividad avícola genera un volumen considerable de residuos, tales como excretas, restos de cama, subproductos de incubadoras, plumas y desechos derivados de los procesos de sacrificio, incluidas aguas residuales contaminadas, los cuales pueden contribuir de manera importante al deterioro ambiental y al agravamiento del cambio climático (Zhang et al., 2023).

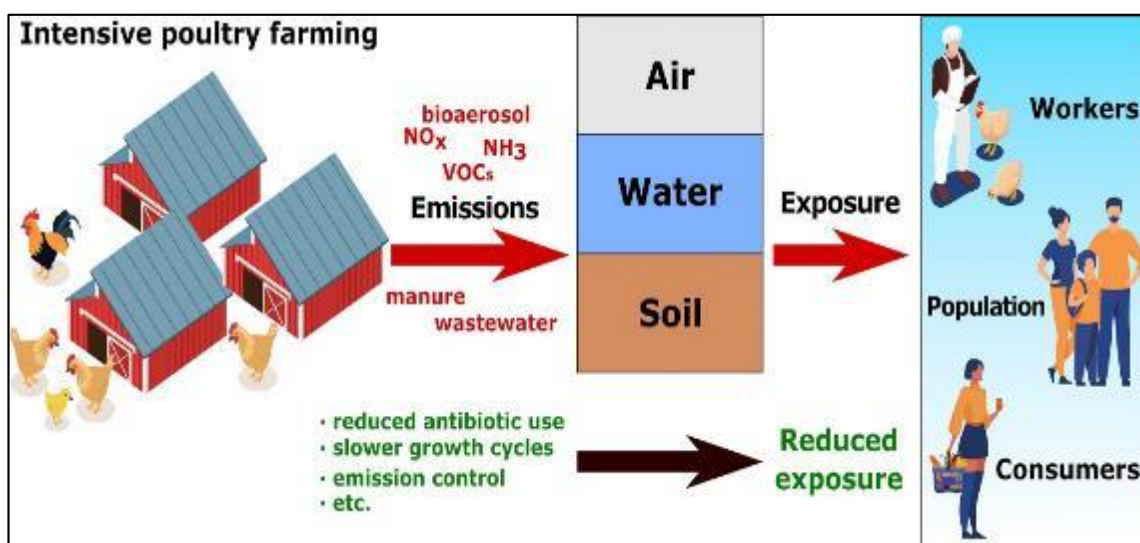


Figura 1

Esquema sobre los contaminantes emitidos por granjas avícolas industriales.

Nota: La ilustración muestra la contaminación de aire, agua y suelo por granjas avícolas. Adaptado de "Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health", Gržinić et al. (2023), (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160014>).

2.2.1.2. Alternativas de aprovechamiento del estiércol avícola

De acuerdo con Manogaran et al. (2022), las alternativas más utilizadas de tratamiento del estiércol avícola es el siguiente:

a) El compostaje

El compostaje consiste en la combinación del estiércol con otros residuos orgánicos y materiales estructurantes, con el fin de favorecer la actividad microbiana aeróbica. Este proceso permite la descomposición y estabilización de la materia orgánica bajo condiciones controladas que promueven temperaturas termofílicas. Como resultado, se obtiene un producto final estable, libre de patógenos y apropiado para su uso como enmienda orgánica en suelos agrícolas.

b) El pirólisis

Es un proceso termoquímico mediante el cual la biomasa se descompone en ausencia total de oxígeno, generando subproductos como biocarbón, aceite pirolítico y gases no condensables. Esta transformación implica una serie de reacciones simultáneas y consecutivas que ocurren cuando la materia orgánica es sometida a altas temperaturas en un ambiente inerte, lo que convierte a este método en una alternativa avanzada pero compleja.

c) La gasificación

La gasificación transforma térmicamente materiales ricos en carbono, como el estiércol avícola, en un gas combustible utilizando agentes gasificantes, como el dióxido de carbono (CO_2). Este procedimiento se desarrolla en cuatro fases: secado, desvolatilización (también conocida como pirólisis), combustión y reducción. La mezcla resultante es un gas de síntesis que puede ser aprovechado como fuente energética.

d) La digestión anaeróbica

La digestión anaerobia emplea una variedad de bacterias especializadas que actúan en ausencia de oxígeno y bajo condiciones de potencial redox inferiores a -200 mV, para degradar la materia orgánica y transformarla en biogás, compuesto principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). Este mecanismo biológico se desarrolla en cuatro etapas sucesivas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, siendo una opción eficiente para la producción de energía renovable y la reducción de residuos.

2.2.2. Proceso de bioestabilización

La bioestabilización es un mecanismo biológico que facilita la degradación aeróbica de los residuos orgánicos, contribuyendo a su secado y transformación en materiales más estables y con menor riesgo ambiental (De Gisi et al., 2018). Este procedimiento es especialmente relevante en el tratamiento previo del estiércol avícola, ya que promueve la descomposición de la fracción orgánica al incorporarse al suelo.

Además, este proceso puede desempeñar un rol preventivo frente a la proliferación de microorganismos patógenos. Al ocupar espacio y competir por los recursos disponibles, los microorganismos derivados de la bioestabilización limitan el desarrollo de otras bacterias nocivas, generando un efecto de colonización beneficioso en el ecosistema edáfico. Esta dinámica, junto con la disminución del contenido energético de los residuos, contribuye a reducir el riesgo sanitario asociado a su aplicación agrícola (Hidalgo et al., 2022).

El estiércol avícola requiere la aplicación de distintos tratamientos orientados a estabilizar la materia orgánica y mitigar su impacto sobre el medio ambiente. En este contexto, existen múltiples alternativas tecnológicas para procesar la gallinaza. Según Ren et al. (2024), una de las estrategias más comunes es la digestión anaerobia, la cual transforma los compuestos orgánicos presentes en el estiércol en metano, logrando así un producto más seguro y estable.

Por su parte, Gavrilescu et al. (2023) señala que la gallinaza puede ser valorizada mediante procesos biológicos, siempre que sea mezclada con agua y aditivos, lo que facilita su descomposición. Entre las técnicas aeróbicas, el compostaje destaca como una de las más utilizadas para estabilizar este residuo pecuario y transformarlo en un acondicionador orgánico apto para su aplicación en suelos agrícolas.

Además, la gallinaza representa una fuente renovable significativa de fósforo. Mediante procesos térmicos, es posible aprovechar este nutriente, siendo una tecnología destacada que permite la reducción del volumen del residuo y la concentración del fósforo en el bio carbón generado (Kozyr, 2024). De igual forma, Ren et al. (2024) menciona que la hidrólisis térmica consiste en aplicar calor y presión al estiércol para romper moléculas orgánicas complejas, lo que mejora su biodegradabilidad y disminuye el riesgo de liberación de metales pesados.

Asimismo, Emadian et al. (2020) afirma que el tratamiento enzimático es otra alternativa utilizada para la estabilización de la gallinaza. Este método consiste en añadir enzimas específicas que descomponen estructuras orgánicas complejas antes de someter el material a digestión anaerobia, lo cual optimiza la producción de biogás y acelera la degradación.

Por último, los tratamientos con microorganismos eficaces constituyen una herramienta adicional para acelerar la descomposición del estiércol de aves. Según (Addeo et al., 2023b), estos procesos microbianos no solo favorecen la degradación de la materia orgánica, sino que también contribuyen positivamente a la fertilidad del suelo, mejorando su estructura y contenido nutricional.

2.2.3. Proceso de compostaje

El compostaje constituye un proceso biológico mediante el cual los residuos orgánicos son degradados y transformados por la acción de microorganismos, principalmente bacterias y hongos, en un producto final estabilizado y enriquecido con nutrientes, denominado compost (Laza et al., 2021). Esta transformación se lleva a cabo en condiciones aeróbicas, por lo que requiere un suministro constante de oxígeno, generalmente a través de la aireación. Asimismo, es fundamental contar con materiales iniciales que presenten un nivel de humedad adecuado, una proporción equilibrada de nutrientes, una estructura física que favorezca tanto la descomposición como la circulación del aire, y bajos niveles de contaminación (Oshins et al., 2022).

Chandra y Yadav (2016) destacan que el compostaje representa una estrategia sustentable para el manejo de residuos, especialmente en países en vías de desarrollo. Se trata de un proceso de biooxidación aeróbica controlada, que opera bajo condiciones termófilas y que culmina con la obtención de un abono orgánico rico en humus, útil como fertilizante agrícola.

El procedimiento de compostaje incluye dos fases principales: el tratamiento mecánico y la etapa de descomposición o fermentación. En la primera fase, los residuos son triturados, homogeneizados y preparados para su posterior transformación biológica. Posteriormente, durante la fermentación, se distinguen tres etapas sucesivas: la fase mesófila, en la que predominan microorganismos que actúan a temperaturas moderadas; la fase termófila, caracterizada por altas temperaturas que aceleran la descomposición y eliminan patógenos; y finalmente, la etapa de maduración, en la cual el compost alcanza su estabilidad y está listo para ser aplicado al suelo (Laza et al., 2021).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2013), el compostaje es un proceso biológico complejo en el que intervienen diversos microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica en condiciones aerobias. Durante este procedimiento, dichos organismos utilizan carbono y nitrógeno para sintetizar su propia biomasa, generando calor como subproducto del metabolismo. Esta liberación de calor varía conforme avanza el tiempo y las condiciones del entorno, permitiendo dividir el compostaje en distintas etapas según el rango de temperatura alcanzado, las cuales son:

a. Fase mesófila. Esta fase marca el inicio del proceso de compostaje, desarrollándose a temperatura ambiente y pudiendo alcanzar hasta los 45 °C en pocas horas o días. El aumento térmico se debe a la intensa actividad microbiana, la cual

consume los compuestos carbonados y nitrogenados presentes en los residuos orgánicos, liberando energía en forma de calor. La duración estimada de esta etapa oscila entre dos y ocho días, dependiendo de las condiciones ambientales y del tipo de materia orgánica utilizada.

b. Fase termófila. En esta fase, las temperaturas superan los 45 °C, lo que permite el desarrollo de bacterias termófilas especializadas en la degradación de estructuras complejas como la celulosa, la lignina y las hemicelulosas. La extensión temporal de esta etapa puede variar desde varios días hasta meses, en función de factores como el clima, el tipo de sustrato y las condiciones de manejo. Es relevante destacar que, debido a las elevadas temperaturas, se logra la eliminación de microorganismos patógenos como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp., así como también la destrucción de quistes y huevos de helmintos, y semillas de especies indeseables.

c. Fase de enfriamiento. Una vez agotadas las principales fuentes de carbono y nitrógeno, la temperatura comienza a descender gradualmente hasta alcanzar aproximadamente los 40 °C. Durante este periodo, el pH también tiende a disminuir levemente, mientras continúa la descomposición de polímeros como la celulosa. Esta fase se extiende por varias semanas, sirviendo de transición hacia la maduración del compost.

d. Fase de maduración. Corresponde a la última fase del proceso de compostaje, caracterizada por desarrollarse a temperatura ambiente durante un periodo prolongado, que puede abarcar varios meses. En esta etapa final, ocurren reacciones bioquímicas secundarias, como la condensación y la polimerización de compuestos orgánicos, lo que da lugar a la formación de sustancias húmicas, principalmente ácidos húmicos y fúlvicos, responsables de mejorar la calidad y estabilidad del producto final.

2.2.4. Los microorganismos eficientes (EM)

Aunque imperceptibles al ojo humano, los microorganismos desempeñan un rol fundamental en el desarrollo económico, el avance social y la dinámica del mercado laboral a nivel mundial (Qumsani, 2024). Estos seres microscópicos tienen la capacidad de aprovechar una amplia gama de compuestos tóxicos como fuente de energía, lo que les permite adaptarse a prácticamente cualquier entorno. Su aplicación puede realizarse tanto en el sitio contaminado como en sistemas externos, mostrando una alta eficacia en la remediación de ambientes gravemente degradados (Devi et al., 2024).

La utilización de microorganismos en la descomposición de materia orgánica representa una alternativa tecnológica con gran potencial. En este contexto, se introducen los denominados "microorganismos eficientes" (EM), una herramienta clave en procesos de

biorremediación por su bajo costo de operación, simplicidad tecnológica y carácter ambientalmente sostenible Ali et al. (2021).

Según Safwat y Matta (2021) los EM consisten en soluciones líquidas compuestas por una comunidad diversa de microorganismos beneficiosos, no patógenos, que incluyen tanto especies aeróbicas como anaeróbicas, las cuales conviven en equilibrio. Esta composición simbiótica les confiere una gran versatilidad para ser utilizados en múltiples aplicaciones dentro del ámbito de la ingeniería ambiental. Entre sus usos más destacados se encuentran la neutralización de olores provenientes de residuos, la mitigación del proceso de eutrofización en cuerpos de agua, y el tratamiento biológico de lodos. Además, su empleo contribuye significativamente a la mejora de la calidad del agua y al proceso de compostaje, lo que convierte a los EM en una herramienta integral para una gestión ambiental eficiente y sustentable.

2.2.4.1. Activación de microorganismos eficientes

Para el uso de microorganismos eficientes (EM), es indispensable llevar a cabo un proceso previo de activación. Según lo indicado por Cerquera y Diaz (2024), esta activación requiere una mezcla compuesta por un 5 % de EM-1 y un 5 % de melaza, disueltos en un 90 % de agua limpia dentro de un recipiente herméticamente sellado. La preparación debe fermentar durante un período de una a dos semanas. El proceso se considera completo cuando la solución alcanza un pH entre 3 y 3,5, presenta una tonalidad marrón rojiza y emana un olor agrisado, características que indican su adecuada fermentación.

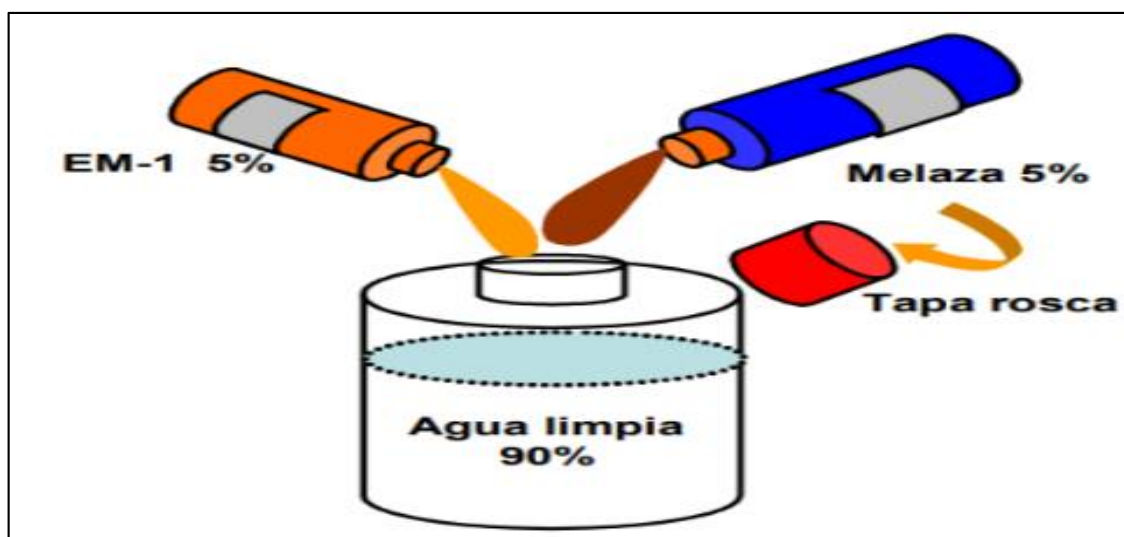


Figura 2

Activación de los EM.

Nota: La ilustración muestra en las proporciones de los insumos que se necesitan para la activación de los EM, para su posterior aplicación sobre la materia orgánica. Adaptado de "Valorización de los residuos sólidos orgánicos mediante compostaje con microorganismos eficaces en modalidad semipresencial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, Filial Rioja: Nueva Cajamarca", Cerquera y Diaz (2024). (<https://repositorio.ucss.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/7728061d-5044-497a-874c-dac833ef109b/content>).

2.2.4.2. Beneficios de microorganismos eficientes en el compostaje

La incorporación de microorganismos eficientes (EM) en el proceso de compostaje ha adquirido una relevancia significativa, ya que se considera una alternativa eficaz para resolver problemáticas comunes del compostaje tradicional, como la lenta descomposición de la materia orgánica y la emisión de olores desagradables (Raimi et al., 2024).

De acuerdo con (Sharma et al., 2014), la presencia de estos microorganismos favorece la aceleración del proceso de descomposición, lo cual permite reducir sustancialmente el tiempo requerido para obtener compost de calidad. Esta acción sinérgica entre las cepas microbianas mejora la eficiencia del proceso biológico, optimizando las condiciones necesarias para una transformación más rápida de los residuos orgánicos.

El empleo de compostaje enriquecido con EM no solo resulta eficaz, sino también económicamente accesible, ya que disminuye la dependencia de insumos químicos como fertilizantes sintéticos y plaguicidas. Además, contribuye a la conservación del agua, reduce la erosión del suelo y promueve el secuestro de carbono en los sistemas agrícolas. Estas ventajas se traducen en una mejora notable del rendimiento de los cultivos y en un incremento de la fertilidad edáfica, fomentando así prácticas agrícolas sostenibles y ambientalmente responsables (Abdul et al., 2024).

2.2.5. Cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china)

Allium fistulosum, comúnmente conocida como cebolla china, es una especie perenne originaria del este asiático. Esta planta es ampliamente valorada en la gastronomía de diversas naciones orientales como China, Japón y Corea, donde se emplea como ingrediente esencial en numerosos platillos tradicionales (Kayat et al., 2021)

En contraste, en regiones occidentales, esta hortaliza se cultiva principalmente para su uso como cebolla verde o cebollino, debido a sus hojas comestibles. De acuerdo con, Tabassum et al. (2016), destaca por su valioso perfil nutricional, el cual incluye vitaminas como la C, A y B6, así como tiamina, folato y diversos azúcares, lo que la convierte en un alimento funcional de interés

Por otro lado, Zhao et al. (2021) señalan que *Allium fistulosum* no solo se reconoce como una fuente rica en nutrientes, sino que también es utilizada en la medicina tradicional asiática por sus múltiples beneficios para la salud. En su estudio experimental, demostraron que la aplicación de fertilizantes nitrogenados potencia significativamente sus propiedades bioactivas, incrementando su capacidad antioxidante, sus efectos anticancerígenos, y sus funciones anti obesidad y antiinflamatorias.

2.2.5.1. Requerimientos agronómicos de *Allium fistulosum*

Para lograr un desarrollo óptimo de *Allium fistulosum*, es fundamental considerar diversos factores agronómicos, entre ellos el manejo adecuado de nutrientes, la disponibilidad y calidad del agua para riego, así como las condiciones ambientales del cultivo. Estos elementos inciden directamente en la productividad, calidad y valor nutricional del cultivo.

a) Manejo de nutrientes

Uno de los aspectos más importantes para el cultivo de *Allium fistulosum* es la fertilización balanceada con macronutrientes esenciales, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio (NPK). Según Showler (2022), una aplicación equilibrada de estos elementos favorece significativamente el desarrollo vegetal y la eficiencia en la absorción de nutrientes. El nitrógeno es el nutriente que más influye en el rendimiento, seguido por el potasio y, en menor medida, el fósforo.

En cuanto a las formas de nitrógeno, el tipo de fuente utilizada puede influir notablemente en el crecimiento de la planta. Perner et al. (2007) indican que el suministro de nitrógeno en forma de nitrato, o en combinación con amonio, estimula un desarrollo superior en comparación con tratamientos que utilizan únicamente amonio, el cual en concentraciones elevadas puede inducir marchitamiento, a menos que se utilicen asociaciones beneficiosas con hongos micorrízicos arbusculares (MA).

Por otro lado, el azufre desempeña un papel importante en la mejora de la pungencia y la calidad general de las especies del género *Allium*. Asimismo, el selenio ha mostrado ser útil para la biofortificación del cultivo, incrementando no solo el rendimiento sino también el contenido nutricional del producto final (González et al., 2017).

Además, el uso de fertilizantes orgánicos representa una alternativa viable para sistemas de producción sostenible. Casinillo et al. (2024) demostraron que la aplicación de insumos naturales como cáscaras de huevo y ceniza de madera favorece el incremento en la altura de las plantas y el número de hojas, lo cual evidencia su eficacia en prácticas de agricultura ecológica.

b) Riego y calidad del agua

La calidad del agua de riego, especialmente en lo que respecta a los niveles de salinidad, también constituye un factor determinante en el crecimiento de *Allium fistulosum*. De acuerdo con Da Silva et al. (2014), se ha observado que una conductividad eléctrica del agua cercana a 2,00 dS m⁻¹ proporciona condiciones óptimas

para el desarrollo del cultivo. No obstante, valores superiores a este umbral pueden afectar negativamente el crecimiento, reduciendo tanto el desarrollo de las raíces como la formación de brotes.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1. Contexto de la investigación

3.1.1.1. Ubicación política

- Sector : Winguilluico
- Distrito : Morales
- Provincia : San Martín
- Departamento : San Martín

3.1.1.2. Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en el Fundo El Vijao, propiedad de la señora Nelbih Dávila Pezo, ubicado en el sector Winguilluico, distrito de Morales, provincia y departamento de San Martín. Este distrito, uno de los catorce que conforman la provincia de San Martín, posee una superficie aproximada de 5 300 hectáreas y se caracteriza por su actividad agrícola significativa. El área de estudio se localizó geográficamente en las coordenadas UTM: 18 M – 342 555 m E y 9 282 804 m N, a una altitud de 263,6 metros sobre el nivel del mar.

3.1.2. Periodo de ejecución

El desarrollo del estudio comprendió desde el 31 de octubre del 2024 hasta el 30 de julio del 2025.

3.1.3. Autorizaciones y permisos

Para la ejecución del presente proyecto de investigación, el tesista gestionó previamente los permisos necesarios. En primer lugar, se elaboró y presentó una carta dirigida a la propietaria del Fundo El Vijao, solicitando autorización para utilizar un área específica de su terreno como lugar de implementación del estudio. Dicha solicitud fue recibida, evaluada y aprobada de manera favorable, motivo por el cual se procedió a archivar la documentación correspondiente como parte de los anexos de la investigación.

Asimismo, con el fin de realizar el análisis de las propiedades físicas, químicas y biológicas del estiércol tratado, se solicitó una cotización de servicios al Laboratorio de Ensayos Técnicos “Microservilab”, la cotización obtenida fue registrada como parte del respaldo documental del estudio.

De manera complementaria, se efectuaron solicitudes verbales a diferentes actores locales, incluyendo una granja avícola, carpinterías y agricultores dedicados al cultivo

de arroz, con el propósito de recolectar la materia prima necesaria para el desarrollo del proyecto experimental.

3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Durante el desarrollo del presente proyecto, se implementaron prácticas de bioseguridad específicamente en las etapas de recolección de muestras, tanto del estiércol avícola fresco como del compost bioestabilizado. Para dichas actividades, se hizo uso obligatorio de Elementos de Protección Personal (EPP), incluyendo mascarillas, guantes quirúrgicos, lentes de seguridad, bata de laboratorio y botas, con el fin de minimizar la exposición a agentes biológicos potencialmente patógenos.

Adicionalmente, se establecieron medidas higiénicas estrictas orientadas a preservar la integridad física del tesista durante el manejo de materiales orgánicos. La higiene personal rigurosa se consideró fundamental, ya que reduce significativamente los riesgos de contaminación cruzada o contacto con microorganismos perjudiciales.

Se prohibió expresamente la ingesta de alimentos o bebidas durante la manipulación de las pilas de compostaje, dado que esta práctica podría incrementar la exposición a contaminantes. Finalmente, se garantizó el mantenimiento del orden y la limpieza en el área de trabajo, asegurando un entorno adecuado para la ejecución segura y eficiente de las actividades experimentales.

3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

Desde la etapa de formulación hasta la ejecución del presente proyecto de investigación, se cumplió de manera obligatoria con los principios éticos establecidos en la Directiva N.º 001-2022-UNSM/VRINV – *Manual de Estructura y Redacción de Proyectos de Investigación* de la Universidad Nacional de San Martín (UNSM). Dichos principios estuvieron alineados con los valores de una investigación responsable y orientada a la generación de conocimiento en beneficio de la sociedad, la comunidad científica y el medio ambiente.

En cuanto al principio de integridad, la formulación de esta investigación se desarrolló dentro del marco normativo dispuesto por la Resolución N.º 291-2022-UNSM/CU-R, asegurando transparencia, veracidad y coherencia en todas las fases del estudio. Se respetó a todas las personas involucradas directa o indirectamente, y el tesista reflejó sus principios éticos en cada una de las etapas del proceso investigativo. Asimismo, el proyecto promovió alternativas de aprovechamiento de los residuos generados por granjas avícolas, con el objetivo de reducir su impacto contaminante y contribuir a la

sostenibilidad ambiental. Esta orientación evidenció un compromiso con la protección del ecosistema y el uso responsable de los recursos naturales.

Respecto al principio de beneficencia, la investigación se planteó con el propósito de generar información científica relevante que pudiera influir positivamente en la gestión de residuos sólidos provenientes de la industria avícola. Esto representó un beneficio potencial no solo para los avicultores, sino también para las comunidades cercanas y el ambiente en general. Finalmente, el principio de justicia se aplicó mediante el cumplimiento justo y continuo de las normativas éticas vigentes. Además, se mantuvo el compromiso de respetar cualquier código o disposición ética que surgiera durante el desarrollo del estudio, reafirmando la responsabilidad del investigador con la equidad, la legalidad y la transparencia.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Variables principales

- Variable independiente : Bioestabilización del estiércol avícola por microorganismos eficientes.
- Variable dependiente : Cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china).

Tabla 2

Descripción de variables por objetivo específico

Objetivo específico Nº 1: Establecer las combinaciones para la obtención de compost entre el estiércol avícola, los aditivos y las dosis de microorganismos eficientes.

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Compost	(50kg de estiércol+50Kg de aditivo (paja de arroz, aserrín y viruta de madera) +dosis EM0)	Ficha de registro de combinación.	- kg - ml
	(50kg de estiércol+50Kg de aditivo (paja de arroz, aserrín y viruta de madera) +dosis EM1)		
	(50kg de estiércol+50Kg de aditivo ((paja de arroz, aserrín y viruta de madera) +dosis EM2)		

Objetivo específico Nº 2: Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de cada combinación de estiércol avícola, aditivo y dosis de microorganismos eficientes.

Propiedades fisicoquímicas	- pH	Ficha de registro de datos, etiquetado de la muestra del compost de estiércol avícola y registro fotográfico	- Adimensional
	- Conductividad eléctrica		- mS/cm
	- Materia orgánica		- %
			- %

	- Nitrógeno total	- %
	- Fósforo	
	- Potasio	
Objetivo específico Nº 3: Evaluar el desarrollo del cultivo de <i>Allium fistulosum</i> (cebolla china) usando los compost obtenidos de cada combinación como abono en 3 repeticiones cada una.		
Cebolla china	- Índice de emergencia	- Cantidad de plantas
	- Número de hojas	- Unidad
	- Diámetro de bulbo	- cm
	- Altura	- cm
	- Peso	- kg
Objetivo específico Nº 4: Determinar la combinación óptima de compost para el desarrollo del cultivo de <i>Allium fistulosum</i> (cebolla china) por medio del análisis estadístico de los datos obtenidos.		
Compost	Dosis óptima	Matriz de descarga de datos
		kg

3.3. Procedimientos de la investigación

3.3.1. Diseño de la investigación

El diseño metodológico de esta investigación es de tipo experimental, el cual se distingue por la manipulación deliberada de las variables con el objetivo de examinar el impacto que la variable independiente ejerce sobre la dependiente (Arias y Covinos, 2021). De acuerdo con Fernandes (2024), este enfoque permite verificar relaciones causales y realizar inferencias válidas, controlar las variables involucradas, asegurar la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados, minimizar sesgos, generalizar los hallazgos, contrastar hipótesis, resolver problemas prácticos y optimizar la gestión de recursos y la toma de decisiones. En este contexto, el estudio contempló la intervención sobre la variable independiente (la bioestabilización del estiércol avícola con o sin la aplicación de microorganismos eficientes) para evaluar su efecto en la variable dependiente, representada por el desarrollo del cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), todo ello bajo condiciones previamente controladas.

La investigación fue de tipo aplicada, ya que busca emplear fundamentos teóricos con el fin de enfrentar y solucionar problemas concretos y funcionales en contextos reales, generando un efecto positivo en el entorno inmediato. Esta orientación, centrada en la práctica, no solo resuelve la problemática planteada, sino que también puede favorecer la creación de nuevas tecnologías o el perfeccionamiento de métodos y sistemas existentes, promoviendo el progreso tanto científico como técnico (Arias y Covinos, 2021). En este sentido, mediante la implementación de conocimientos vinculados al compostaje y el uso de microorganismos eficientes para agilizar la descomposición de residuos orgánicos, se buscó obtener un abono de alta calidad destinado al cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), lo cual contribuirá a disminuir la acumulación de

estiércol avícola, proporcionando una solución concreta y sostenible a la dificultad identificada.

La población se entiende como el conjunto total de elementos, sujetos u objetos que integran el ámbito de análisis y sobre los cuales se pretende obtener datos significativos en una investigación (Hernandez et al., 2014). En este contexto, en la presente investigación la población estuvo representada por la cantidad de residuos de estiércol generados en una granja avícola ubicada en el distrito de Morales, así como por los insumos utilizados en el proceso de compostaje, tales como paja de arroz, aserrín y viruta de madera, con un total de 2 500 kg semanales.

La muestra se define como una fracción representativa del universo o población, de la cual se extraen unidades o datos con el fin de obtener información relevante para el estudio (Hernandez et al., 2014). En este caso, se trata de una muestra no probabilística de tipo homogéneo, tanto para el estiércol avícola como para los materiales complementarios, ya que los elementos seleccionados en ambos casos comparten características similares o un perfil equivalente, considerando criterios específicos de inclusión y exclusión. Así, la muestra estuvo compuesta por 450 kg de estiércol avícola, 150 kg de paja de arroz, 150 kg de aserrín y 150 kg de viruta de madera, lo que sumó un total de 900 kg de materia prima destinada a la conformación de nueve pilas de compostaje.

Criterios de exclusión: Se descartaron materiales provenientes de localidades distintas al distrito de Morales, así como estiércol que no sea de origen avícola o que provenga de granjas industriales.

Criterios de inclusión: Se consideraron únicamente materiales recolectados dentro de la localidad de Morales, preferentemente en las proximidades del sector Winguilluco. El estiércol utilizado deberá ser exclusivamente de gallinas o pollos, proveniente de granjas de tipo artesanal.

El diseño de la investigación fue experimental porque permitió la manipulación de la variable independiente para analizar su efecto sobre la variable dependiente.

Además, respecto a la aplicación del abono orgánico en el cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), la investigación adoptó un diseño preexperimental, el cual permitió analizar el desarrollo del cultivo en función de variables como el índice de emergencia, el rendimiento, la altura y el peso de las plantas. Para ello, se implementó un esquema experimental que incluyó un grupo principal, mientras que el resto estuvo conformado por diferentes tratamientos que permitieron evaluar los efectos del compost aplicado.

A continuación, se muestra el bosquejo de este diseño:

Aplicación del tratamiento Grupo experimental	Medición de la variable independiente (Post test)
X	O1
Fecha 1	Fecha 2

Figura 3

Diseño pre experimental.

Nota: La ilustración muestra el diseño pre experimental que se basa en un grupo con una sola medición y esta medición se realiza luego de aplicar los tratamientos en tiempos diferentes. Adaptado de "Diseño y metodología de la investigación", Arias y Covinos (2021). (https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf).

Para el proceso de compostaje se empleó un diseño experimental bifactorial. El primer factor, correspondiente a los aditivos, se mantuvo constante con un único nivel de proporción 50:50, mientras que el segundo factor, relacionado con la dosis de microorganismos eficientes, contó con dos niveles: EM1 y EM2. A partir de esta combinación se estableció seis tratamientos experimentales, además de tres tratamientos control (T7-T9), lo que proporcionó un total de nueve camas de compostaje para su análisis. Cada pila estuvo compuesta por 100 kg de materia prima, a la cual se aplicó 1 litro de EM1 en el tratamiento 1 (T4-T6), 1 litro de EM2 en el tratamiento 2 (T1-T3) y ningún microorganismo en el tratamiento control (T7-T9).

La mezcla del estiércol con los aditivos consistió en combinaciones específicas con paja de arroz, aserrín y viruta de madera, distribuidas de la siguiente manera: (50 kg de estiércol + 50 kg de paja de arroz), (50 kg de estiércol + 50 kg de aserrín) y (50 kg de estiércol + 50 kg de viruta de madera), a las cuales se les aplicaron las dosis de microorganismos eficientes según los tratamientos establecidos. Estos microorganismos fueron incorporados con el propósito de facilitar la descomposición de los materiales orgánicos, mejorar la calidad del compost resultante y acortar el tiempo necesario para su obtención.

Para el desarrollo del presente estudio se adoptó la metodología propuesta por Bernal y Revilla (2021), que consiste en la elaboración de dos preparaciones. La primera incluyó una mezcla de 1 litro de melaza disuelto en 18 litros de agua limpia junto con 1 litro de microorganismos eficientes (EM1); la segunda estuvo compuesta por 3 litros de melaza combinados con 14 litros de agua limpia y 3 litros de microorganismos eficientes (EM2). Ambas soluciones fueron depositadas en recipientes limpios, cerrados de manera hermética y almacenados en un lugar sombreado durante un periodo de una semana, para su almacenamiento en un ambiente bajo sombra durante una semana.

Además, se incluyó tres tratamientos sin la incorporación de inoculantes para cada tipo de aditivo (EM0).

Tabla 3
Codificación de factores

Factores	Niveles	Código
Dosis de aditivos	50:50	A1
Dosis de microorganismos eficientes	EM 0	B0
	EM 1	B1
	EM2	B2

Tabla 4
Diseño de tratamientos compostaje

Tratamiento	Microorganismos eficientes	Composición	Materia prima
T1		50:50	50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
T2	1 litro de EM2	50:50	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
T3		50:50	50 kg Estiércol + 50 kg viruta de madera
T4		50:50	50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
T5	1 litro de EM1	50:50	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
T6		50:50	50 kg Estiércol + 50 kg Viruta de madera
T7		50:50	50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
T8	Sin microorganismos eficientes	50:50	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
T9		50:50	50 kg Estiércol + 50 kg Viruta de madera

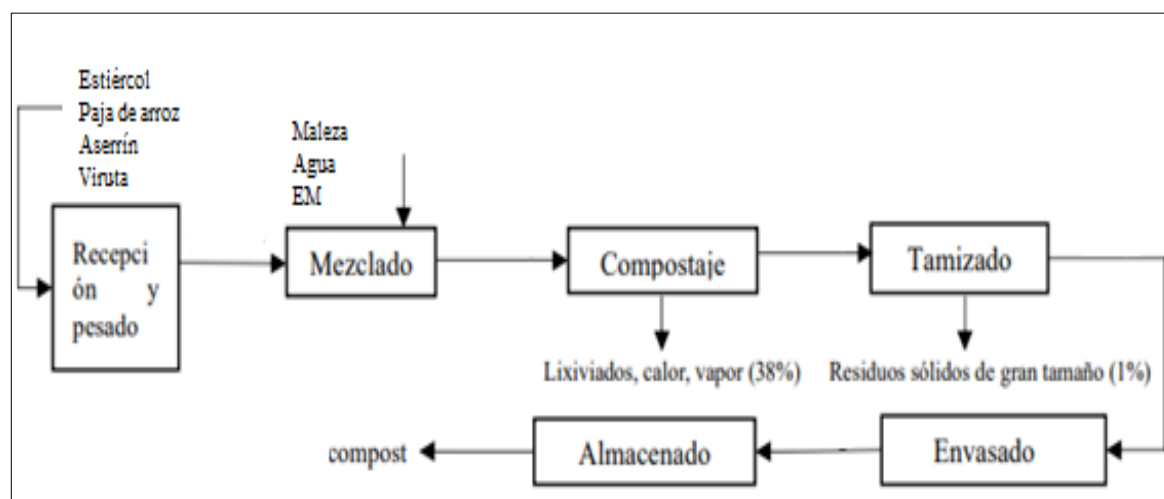


Figura 4
Balance de masa.

Nota: La ilustración muestra el balance de masa de todo el proceso de compostaje. Adaptado de "Propuesta de instalación de una planta productora de compost a partir de plumas de pollo en Lambayeque", Sosa (2022). (https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5093/1/TL_SosaRondoyCecilia.pdf).

3.3.1.1. Diseño para la aplicación del abono en el cultivo de la *Allium fistulosum* (cebolla china)

Para implementar el diseño experimental correspondiente a la aplicación del compost en el cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china), se planteó un esquema basado en la estructura del proceso de compostaje. Dado que se obtuvieron nueve tipos de compost provenientes de nueve camas, se aplicó cada uno a tres parcelas del cultivo, las cuales funcionaron como repeticiones por tratamiento. Cada parcela estuvo constituida por 10 plantas, lo que resulta en un total de 27 unidades experimentales, distribuidas aleatoriamente en tres bloques.

Tabla 5
Combinaciones de cada pila de compostaje.

Bloque	Tratamientos	Microorganismos eficientes	Materia prima
1	T1		50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
1	T2	EM2	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
1	T3		50 kg Estiércol + 50 kg viruta de madera
1	T4		50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
1	T5	EM1	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
1	T6		50 kg Estiércol + 50 kg viruta de madera
1	T7		50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
1	T8	EM0	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
1	T9		50 kg Estiércol + 50 kg viruta de madera
2	T1		50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
2	T2	EM2	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
2	T3		50 kg Estiércol + 50 kg viruta de madera
2	T4		50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
2	T5	EM1	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
2	T6		50 kg Estiércol + 50 kg viruta de madera
2	T7		50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
2	T8	EM0	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
2	T9		50 kg Estiércol + 50 kg viruta de madera
3	T1		50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
3	T2	EM2	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
3	T3		50 kg Estiércol + 50 kg viruta de madera
3	T4		50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
3	T5	EM1	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
3	T6		50 kg Estiércol + 50 kg viruta de madera
3	T7		50 kg Estiércol + 50 kg Paja de arroz
3	T8	EM0	50 kg Estiércol + 50 kg Aserrín
3	T9		50 kg Estiércol + 50 kg viruta de madera

3.3.1.2. Distribución Experimental

Área de experimento

Ancho	:	5,20 m
Largo	:	17,20 m

Área total	:	89,44 m ²
Nº total de plantas	:	270 plantas

Bloques

Número de bloques	:	3
Largo de bloques	:	17,20 m
Ancho de bloques	:	1,40 m
Área de bloque	:	24,08 m ²
Separación entre bloques	:	1 m

Parcelas

Largo de parcela	:	0,8 m
Ancho de parcela	:	0,4 m
Área de la parcela	:	0,32 m ²
Nº de hileras x parcela	:	2
Nº de plantas x hilera	:	5
Distanciamiento entre hileras	:	0,40 m
Distanciamiento entre plantas	:	0,20 m
Nº de plantas por parcela	:	10 plantas
Separación entre parcelas	:	1 m

3.3.2. Establecer las combinaciones para la obtención de compost entre el estiércol avícola, los aditivos y las dosis de microorganismos eficientes

3.3.2.1. Acopio y preparación de materiales

- Se recolectó estiércol avícola fresco, proveniente de granjas cercanas a la zona de estudio.
- Asimismo, se acopiaron los aditivos orgánicos, como paja de arroz, aserrín y viruta de madera, obtenidos de áreas cercanas.
- Se adquirieron los insumos complementarios: melaza, microorganismos eficientes, bidones plásticos, termómetro manual para suelo, medidor de pH, costales, plásticos, entre otros materiales necesarios para el estudio.

3.3.2.2. Activación de microorganismos eficientes

Para la activación de los microorganismos eficientes se empleó la metodología descrita por Bernales y Revilla (2021), la cual consiste en la elaboración de dos soluciones fundamentales descritas a continuación:

Tabla 6
Soluciones para la activación de EM

EM1	EM2
- 1 L de melaza + 18 L de agua limpia + 1L de EM	- 3 L de melaza + 18 L de agua limpia + 3L de EM

Seguidamente, cada mezcla fue vertida en un bidón limpio, el cual se cerró herméticamente y se almacenó en un ambiente sombreado durante una semana para su fermentación.

3.3.2.3. Preparación del área de compostaje

Se realizó la limpieza y desbroce del área destinada al compostaje, eliminando residuos, maleza y cualquier material que pudiera interferir en el proceso. Se niveló el terreno para garantizar una base estable y uniforme donde se ubicarán las camas o pilas de compost encajonado de acuerdo a la metodología basa en Gallardo y Sanchez (2023).

Se delimitaron los espacios correspondientes para las nueve camas de compostaje, asegurando la correcta distribución y separación entre tratamientos. Se instaló una cubierta de plástico o material similar para proteger el compost de lluvias directas y evitar el exceso de humedad.

Se colocaron estacas o señalizaciones visibles para identificar cada tratamiento y facilitar el seguimiento durante el proceso de bioestabilización. Se prepararon los materiales complementarios como lonas, costales o mallas para cubrir o proteger las pilas de compost cuando sea necesario.

Finalmente, se verificó que el área cuente con condiciones adecuadas de ventilación, drenaje y acceso para facilitar las actividades de monitoreo y mantenimiento.

3.3.2.4. Mezclado y compostaje

Se procedió a realizar las combinaciones experimentales, incorporando los aditivos en una proporción fija de 50:50 junto con el estiércol avícola.

A cada combinación se le añadió la dosis correspondiente de microorganismos eficientes (EM) activados, según los tratamientos descritos en el diseño experimental.

La incorporación de los microorganismos se efectuó mediante un pulverizador manual, garantizando una mezcla homogénea y uniforme en cada pila de compostaje.

Una vez que cada combinación esté correctamente mezclada, se procedió a etiquetar cada pila con el nombre del tratamiento correspondiente y la fecha de inicio del proceso de compostaje.

3.3.2.5. Monitoreo del proceso de compostaje

Las camas de compostaje serán cubiertas con costales o láminas plásticas con el fin de conservar la humedad y mantener una temperatura adecuada.

Se efectuó volteos manuales cada siete días, durante un periodo aproximado de 60 días (equivalente a dos meses), con el objetivo de favorecer la oxigenación y agilizar el proceso de descomposición.

Se realizó las siguientes mediciones: la temperatura interna de cada pila se registró diariamente utilizando un termómetro para suelos. El pH se midió semanalmente, preferentemente un día después de cada volteo, mediante un medidor de pH.

Se documentó los datos recolectados en una ficha de registro diseñada para este fin. El proceso de compostaje se dio por concluido cuando los compost presenten una apariencia similar al suelo y emitan un olor característico a tierra, lo que indicará que han alcanzado su madurez.

3.3.3. Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de cada combinación de estiércol avícola, aditivo y dosis de microorganismos eficientes

3.3.3.1. Toma de muestra del compost

La recolección de muestras de cada tratamiento se llevó a cabo una vez concluido el periodo de maduración del compost, aproximadamente después de 60 días.

Previo a la extracción de las muestras, se dejó un periodo de estabilización sin realizar volteos por un mínimo de 5 días, con el fin de garantizar la homogeneización y estabilización del material.

3.3.3.2. Procedimiento de muestreo

Se utilizó una pala limpia, un balde plástico, bolsas tipo ziploc, etiquetas resistentes, guantes y un marcador permanente para garantizar la adecuada identificación de las muestras.

Se recolectaron cinco submuestras por cada combinación experimental, extrayendo material de diferentes puntos de la cama compostera, a una profundidad aproximada de 20 centímetros, con el fin de obtener una muestra representativa.

Posteriormente, se mezclaron homogéneamente las submuestras en el balde y se extrajeron 500 gramos de compost como muestra final para cada tratamiento.

3.3.3.3. Clasificación y conservación de muestras

Cada unidad de muestra fue introducida en una bolsa hermética tipo ziploc y rotulada con el código correspondiente al tratamiento, la fecha exacta de recolección, el nombre del responsable del muestreo y la localización precisa del área de estudio.

Posteriormente, las muestras serán conservadas en un ambiente con temperatura controlada y trasladadas al laboratorio el mismo día para su respectivo análisis.

3.3.3.4. Evaluación de parámetros fisicoquímicos

Los estudios fisicoquímicos se efectuaron en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de San Martín, sede Tarapoto, siguiendo los lineamientos y procedimientos definidos por dicha institución.

3.3.3.5. Verificación comparativa de resultados

Los datos obtenidos fueron evaluados en relación con los parámetros de referencia estipulados en la Norma Chilena NCh 2880:2016, normativa que establece los criterios de calidad para compost de uso agrícola, permitiendo así una comparación técnica de los resultados.

3.3.4. Evaluar el desarrollo del cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china) usando los compost obtenidos de cada combinación como abono en 3 repeticiones cada una

3.3.4.1. Acondicionamiento del terreno experimental

Se llevó a cabo la limpieza y preparación manual del terreno utilizando herramientas agrícolas como machete, lampa, palana, rastrillo y azadón, eliminando residuos vegetales, piedras u otros elementos que pudieran interferir con el desarrollo del cultivo.

Posteriormente, el terreno fue nivelado, alineado y dividido conforme al diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), distribuyéndose un total de 27 parcelas (9 tratamientos × 3 repeticiones), cada una con dimensiones de 0,80 × 0,40 metros.

3.3.4.2. Protección del área experimental

Se instaló una malla Raschel de polietileno con un 65% de sombra con el propósito de proteger las parcelas frente a condiciones climáticas adversas, como la radiación solar intensa y las lluvias, así como para evitar el ingreso de animales domésticos o silvestres que pudieran afectar el desarrollo del cultivo.

3.3.4.3. Aplicación del compost (abonamiento)

Se aplicó compost siete días antes de la siembra, utilizando 0,64 kg por parcela, lo que equivalió a una dosis de 20 toneladas por hectárea.

Posteriormente, se realizó la incorporación manual del compost al suelo con ayuda de una lampa, con el fin de asegurar su adecuada integración y mejorar la fertilidad del sustrato.

3.3.4.4. Siembra del cultivo de *Allium fistulosum*

La siembra se realizó de forma directa utilizando semillas tipo bulbo, colocadas a una profundidad de 3 cm. Se respetaron distancias de 0,40 m entre hileras y 0,20 m entre plantas, con el objetivo de asegurar un adecuado espaciamiento para el desarrollo óptimo de cada individuo.

3.3.4.5. Índice de emergencia

Para la estimación del índice de emergencia se consideró la siguiente fórmula establecida según la metodología de Pacheco et al. (2021).

$$VE = \frac{(N1 E1) + (N2 E2) + \dots + (Nn En)}{E1 + E2 + \dots + En}$$

Donde:

VE = Velocidad de emergencia (días)

E = Número de plántulas emergidas en cada repetición

N = Número de días entre cada conteo.

3.3.4.6. Monitoreo de condiciones ambientales

Se realizó un registro diario de la temperatura externa, la humedad relativa del ambiente y la temperatura interna del suelo en cada parcela, utilizando un termo-higrómetro datalogger Elitech. Esta información permitió establecer correlaciones entre las condiciones microambientales, el desarrollo fenológico del cultivo y el comportamiento de los diferentes tipos de compost evaluados.

3.3.4.7. Cosecha y evaluación de parámetros agronómicos

A los 60 días después de la siembra, se llevó a cabo la cosecha y la evaluación de las variables agronómicas: número de hojas por planta, diámetro del bulbo (medido con cinta métrica), altura de la planta (con wincha) y peso fresco (utilizando una balanza analítica). Las mediciones se realizaron en un total de 270 plantas distribuidas en las 27 parcelas del ensayo, lo que permitió garantizar la robustez estadística del análisis.

3.3.4.8. Registro y análisis de datos

Todos los resultados fueron documentados en fichas de recolección de datos y posteriormente se ingresaron en matrices organizadas, permitiendo realizar análisis estadísticos comparativos entre los distintos tratamientos evaluados.

3.3.4.9. Manejo agronómico durante el cultivo

El riego se realizó de forma periódica, ajustándose a los requerimientos hídricos del cultivo. El control de malezas fue ejecutado de manera manual y continua, con el objetivo de mantener un entorno óptimo para el crecimiento de las plantas. El control fitosanitario se aplicó únicamente cuando se identificaron plagas o enfermedades, empleando productos permitidos y específicos para el cultivo de *Allium fistulosum*.

3.3.5. Determinar la combinación óptima de compost para el desarrollo del cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china) por medio del análisis estadístico de los datos obtenidos

3.3.5.1. Organización y procesamiento de datos recolectados

Se elaboraron matrices de datos organizadas por tratamientos y repeticiones, diferenciando dos bloques principales de información. El primero incluyó las propiedades fisicoquímicas del compost, tales como pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y la relación carbono/nitrógeno, entre otros. El segundo bloque comprendió los parámetros agronómicos del cultivo, incluyendo el índice de emergencia, número de hojas, altura de planta, diámetro de bulbo y peso fresco total. Cada fila de la matriz representó un tratamiento con su respectiva repetición, y las columnas contuvieron los valores registrados para cada uno de los indicadores analizados.

3.3.5.2. Análisis estadístico descriptivo

Se calcularon las medias, desviaciones estándar, coeficientes de variación y rangos para cada una de las variables cuantificadas. Estos análisis permitieron identificar tendencias generales en el comportamiento de los tratamientos y detectar posibles valores atípicos que podrían haber influido en los resultados obtenidos. Esta etapa fue clave para asegurar la calidad y confiabilidad de los datos antes de proceder con los análisis estadísticos comparativos entre tratamientos.

3.3.5.3. Análisis de varianza (ANOVA)

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para cada una de las variables relacionadas con el desarrollo agronómico del cultivo, con el objetivo de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de compost evaluados. Al encontrarse diferencias significativas ($p < 0,05$), se procedió a realizar pruebas de comparación de medias, utilizando el método de Tukey, con el fin de identificar cuáles tratamientos presentaron un desempeño superior respecto a los demás. Estas pruebas permitieron establecer con mayor precisión el efecto diferencial de cada tratamiento sobre el desarrollo de *Allium fistulosum*.

3.3.5.4. Análisis de correlación

Se realizó un análisis de correlación de Pearson con el propósito de evaluar la relación lineal entre las propiedades fisicoquímicas del compost (según el segundo objetivo) y los parámetros agronómicos del cultivo (objetivo tres). Este análisis permitió identificar asociaciones significativas, positivas o negativas, entre variables como el contenido de nitrógeno y el peso fresco de la planta, o el pH y el índice de emergencia. Para la interpretación de los resultados, se estableció un umbral de significancia estadística de $p < 0,05$, lo que facilitó determinar la fuerza y dirección de dichas correlaciones en el desarrollo de *Allium fistulosum*.

3.3.5.5. Identificación de la combinación óptima

A partir de los resultados obtenidos, se identificó la combinación de compost que presentó simultáneamente las mejores propiedades fisicoquímicas para su uso agrícola, tales como un adecuado equilibrio de pH, alta materia orgánica y contenido nutricional óptimo. Asimismo, dicha combinación mostró un desempeño superior en los parámetros de crecimiento y rendimiento del cultivo de *Allium fistulosum*, reflejado en una mayor altura de planta, número de hojas, diámetro de bulbo y peso fresco. En conjunto, estos criterios permitieron determinar cuál tratamiento fue el más eficiente, cumpliendo con el objetivo de identificar el compost óptimo para mejorar el desarrollo agronómico del cultivo.

3.3.5.6. Elaboración de Tablas y Gráficos

Los resultados fueron presentados mediante tablas resumen de análisis de varianza (ANOVA), acompañadas de las medias obtenidas por tratamiento para cada variable evaluada. Adicionalmente, se elaboraron gráficos de barras que facilitaron la visualización de las diferencias entre tratamientos, así como gráficos de dispersión que permitieron ilustrar de manera clara las correlaciones entre las propiedades fisicoquímicas del compost y los parámetros agronómicos del cultivo. Esta representación gráfica complementó el análisis estadístico y permitió una interpretación más intuitiva de los hallazgos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1. Obtención de compost entre el estiércol avícola, los aditivos y las dosis de microorganismos eficientes

Tabla 7
Combinaciones para la obtención de compost

Ficha de registro de combinaciones				
fecha de inicio:	02/03/2025	hora:	11:36 a. m.	
Número de combinación	Proporción 50:50 (kg)		Dosis de EM	Tratamiento
	Tipo de estiércol	Aditivo		
1	Avícola	Paja de arroz	EM2	T1
2	Avícola	Aserrín	EM2	T2
3	Avícola	Viruta de madera	EM2	T3
4	Avícola	Paja de arroz	EM1	T4
5	Avícola	Aserrín	EM1	T5
6	Avícola	Viruta de madera	EM1	T6
7	Avícola	Paja de arroz	EM0	T7
8	Avícola	Aserrín	EM0	T8
9	Avícola	Viruta de madera	EM0	T9

La Tabla 7 muestra las nueve combinaciones experimentales diseñadas para evaluar el proceso de compostaje a partir de estiércol avícola en conjunto con tres tipos de aditivos orgánicos: paja de arroz, aserrín y viruta de madera, todos aplicados en proporción 50:50. Cada combinación fue codificada de T1 a T9 para facilitar su identificación durante el proceso experimental. Las combinaciones T1 a T3 recibieron la aplicación de EM2, T4 a T6 fueron tratadas con EM1, y T7 a T9 constituyeron los tratamientos control sin aplicación de microorganismos. Todas las mezclas fueron preparadas de manera homogénea mediante un sistema de pulverización manual y dispuestas en camas de compostaje previamente acondicionadas y protegidas contra factores climáticos adversos.

Tabla 8
Análisis descriptivo de la temperatura (°C) por tratamiento

Variable	Número de días	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	CV (%)
T1	60	39,90	22,10	62,00	34,71	12,05	145,27	34,72
T2	60	40,40	21,10	61,50	33,66	12,19	148,56	36,22
T3	60	40,40	22,60	63,00	35,28	12,20	148,91	34,58
T4	60	38,90	20,60	59,50	32,92	11,50	132,29	34,93
T5	60	38,90	20,10	59,00	32,43	11,50	132,27	35,46
T6	60	38,90	21,10	60,00	33,37	11,50	132,32	34,46
T7	60	25,70	24,50	50,20	36,31	8,35	69,68	23,00
T8	60	25,80	24,00	49,80	35,82	8,35	69,67	23,31
T9	60	25,80	25,00	50,80	36,87	8,45	71,39	22,92

Nota: CV (%) es el coeficiente de variación porcentual

La tabla presenta los resultados del análisis descriptivo de la temperatura (°C) en función de cada combinación experimental durante 60 días de compostaje. Las combinaciones T1, T2 y T3 todas tratadas con EM2 alcanzaron temperaturas medias entre 33,66 °C y 35,28 °C, con los rangos más amplios (superiores a 40 °C) y las varianzas más elevadas (aproximadamente 145 a 149), lo cual evidenció una mayor dispersión térmica. Por otro lado, las combinaciones C4, C5 y C6 tratadas con EM1 mostraron medias levemente inferiores, entre 32,42 °C y 33,37 °C, y una varianza moderada (132,2). En contraste, las combinaciones C7, C8 y C9 sin aplicación de microorganismos (EM0) presentaron las temperaturas promedio más altas (entre 35,82 °C y 36,87 °C), pero con los rangos y varianzas más bajos, lo que sugiere una menor variabilidad térmica.

Durante el proceso, la temperatura actuaba como un reflejo directo de la actividad microbiana en las pilas de compost. Se observa que, aunque las combinaciones sin EM alcanzaron temperaturas más elevadas, su menor rango indica una actividad menos dinámica, posiblemente dominada por factores externos y no por un proceso microbiano regulado. En cambio, las combinaciones con EM (especialmente EM2) mostraban un comportamiento más oscilante, asociado a una mayor reactividad biológica en las fases iniciales. Esto permite plantear que el uso de microorganismos eficientes influye tanto en la estabilidad térmica como en la intensidad del proceso de descomposición, y que su aplicación puede optimizar la eficiencia del compostaje bajo condiciones controladas.

Tabla 9
Análisis descriptivo de la temperatura (°C) por aplicación de EM

Variable	Número de días	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	CV (%)
EM0	60	25,80	24,50	50,30	36,34	8,39	70,37	23,09
EM1	60	38,90	20,60	59,50	32,90	11,50	132,28	34,95
EM2	60	40,30	21,90	62,20	34,56	12,16	147,88	35,19

Nota: CV (%) es el coeficiente de variación porcentual

La tabla muestra el análisis descriptivo de la temperatura en función de las tres dosificaciones de EM aplicados durante el compostaje. El tratamiento sin aplicación de microorganismos eficientes alcanzó la mayor temperatura promedio (36,34 °C), pero también mostró el rango más estrecho (25,80 °C) y la varianza más baja (70,37), lo que sugiere una menor variabilidad térmica. En contraste, EM1 y EM2 registraron temperaturas promedio de 32,90 °C y 34,56 °C, respectivamente, con rangos más amplios (38,90 y 40,30 °C) y varianzas notablemente mayores, en especial para EM2 (147,88), indicando una mayor oscilación térmica.

Durante el proceso de compostaje, la temperatura reflejaba la intensidad y evolución de la actividad microbiana. Se observa que, aunque T0 mantuvo temperaturas más elevadas, su baja variabilidad podría deberse a un proceso menos dinámico o dominado por factores externos constantes. En cambio, los tratamientos con EM mostraban una mayor fluctuación térmica, lo cual sugiere un proceso biológico más activo y regulado. Estos resultados permiten considerar que la aplicación de microorganismos eficientes no solo influye en la magnitud de la temperatura, sino también en la complejidad y estabilidad del proceso de descomposición orgánica.

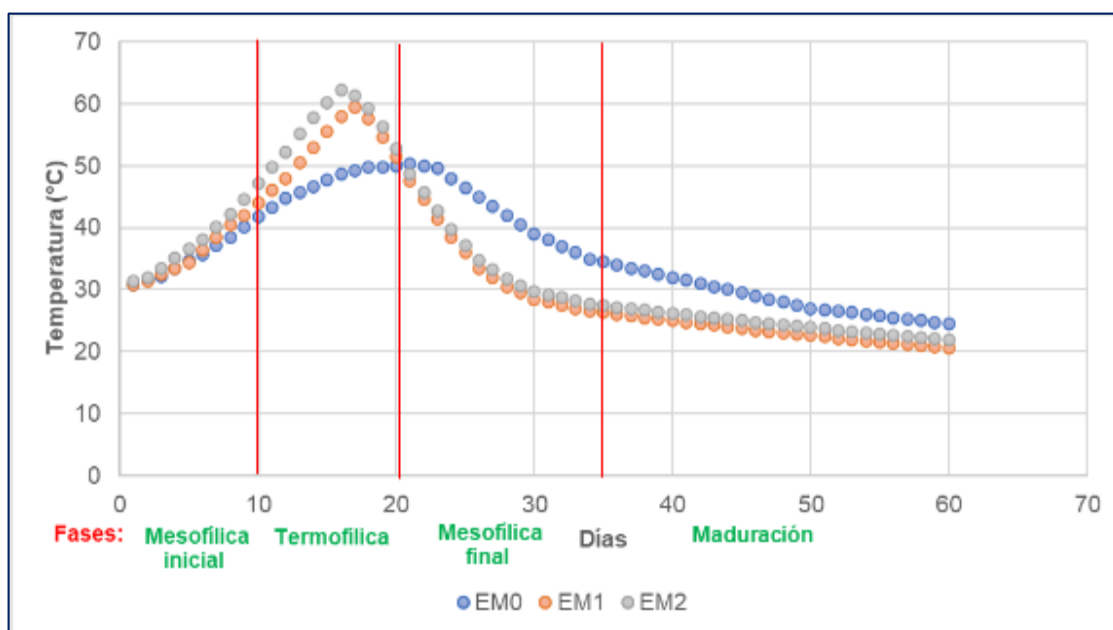


Figura 5
Proceso de compostaje y su variación térmica.

La figura 5 evidencia las cuatro fases del compostaje según la FAO (2013). Durante la fase mesófila inicial, todos los tratamientos presentan un incremento gradual de temperatura. En la fase termófila, EM1 y EM2 alcanzan valores superiores a 60 °C, reflejando mayor actividad microbiana que EM0, que solo llega a 50 °C. Posteriormente, en la fase de enfriamiento, las temperaturas descienden progresivamente. Finalmente,

en la fase de maduración, los tres tratamientos estabilizan su temperatura alrededor de los 20–25 °C, indicando la finalización del proceso de bioestabilización.

Tabla 10
Análisis descriptivo del pH por tratamiento

Variable	Número de días	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	CV (%)
T1	60	2,20	6,40	8,60	7,38	0,72	0,51	9,76
T2	60	2,50	6,10	8,60	7,30	0,79	0,62	10,82
T3	60	2,40	6,10	8,50	7,27	0,76	0,58	10,45
T4	60	2,60	6,10	8,70	7,36	0,80	0,63	10,87
T5	60	2,50	6,10	8,60	7,28	0,77	0,60	10,58
T6	60	2,60	6,10	8,70	7,35	0,81	0,65	11,02
T7	60	2,00	6,50	8,50	7,49	0,59	0,35	7,88
T8	60	2,00	6,40	8,40	7,44	0,60	0,36	8,06
T9	60	2,10	6,40	8,50	7,47	0,61	0,38	8,17

Nota: CV (%) es el coeficiente de variación porcentual

La tabla evidencia que el pH de las diferentes combinaciones de compostaje se mantuvo en un rango ligeramente alcalino, con medias que oscilaron entre 7,27 y 7,49, lo que es favorable para la estabilidad microbiológica del compost. Los valores mínimos y máximos se situaron entre 6,10 y 8,70, indicando una oscilación moderada durante los 60 días. Las desviaciones estándar fueron bajas, reflejando consistencia en el comportamiento del pH a lo largo del proceso. Cabe resaltar que las combinaciones sin microorganismos (T7, T8 y T9) presentaron valores promedio de pH levemente superiores, posiblemente asociados a una menor actividad ácida de los microorganismos eficientes en comparación con los tratamientos inoculados.

Tabla 11
Análisis descriptivo del pH por aplicación de EM

Variable	Número de días	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	CV (%)
EM0	60	2,10	6,40	8,50	7,47	0,61	0,38	8,17
EM1	60	2,60	6,10	8,70	7,35	0,81	0,65	11,02
EM2	60	2,40	6,10	8,60	7,30	0,74	0,55	10,14

Nota: CV (%) es el coeficiente de variación porcentual

La tabla presenta el análisis descriptivo del pH por aplicación de EM, donde se observa que el tratamiento sin microorganismos eficientes (EM0) alcanzó la media de pH más alta (7,47), en comparación con EM1 (7,35) y EM2 (7,30), lo que indica una ligera tendencia a la alcalinidad en ausencia de inoculantes. Los tratamientos con EM1 y EM2 mostraron mayor variabilidad (mayor desviación estándar), reflejando un efecto más dinámico sobre la evolución del pH durante el compostaje. Estos resultados sugieren que la aplicación de microorganismos eficientes tiende a moderar y estabilizar el pH, favoreciendo condiciones óptimas para la descomposición orgánica.

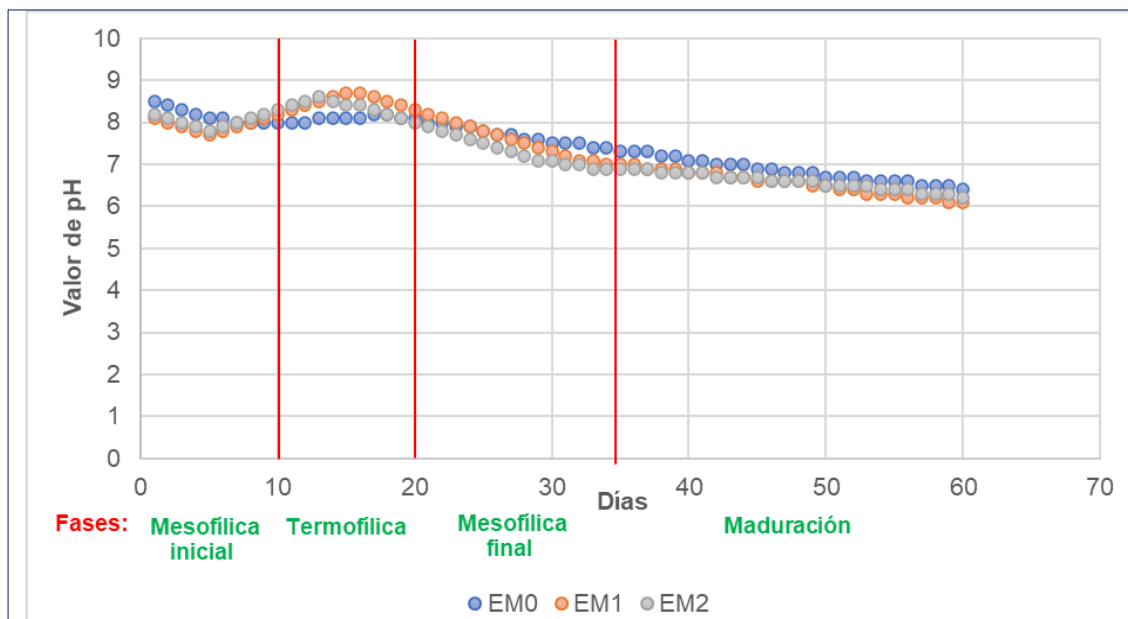


Figura 6

Proceso de compostaje y su variación en pH.

La figura evidencia la evolución del pH durante el proceso de compostaje con aplicación de EM0, EM1 y EM2, en correspondencia con las fases descritas por la FAO (2013). Durante la fase mesófila, el pH aumenta levemente debido a la actividad microbiana inicial. En la fase termófila, se observa un pico alcalino producto de la degradación de proteínas y liberación de amoníaco. Luego, en la fase de enfriamiento, el pH comienza a descender progresivamente. Finalmente, en la fase de maduración, el pH se estabiliza entre 6,30 y 6,70, indicando la formación de compuestos húmicos y la estabilización del material compostado.

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian que las combinaciones tratadas con microorganismos eficientes (EM), especialmente EM2, mostraron un comportamiento térmico más dinámico, alcanzando temperaturas medias cercanas a 35,3 °C y variaciones térmicas amplias, superiores a los 40 °C. Esta respuesta se asocia a una mayor actividad microbiana durante las fases iniciales del compostaje, lo cual coincide con lo reportado por Gallardo y Sánchez (2023), quienes observaron un aumento en la eficiencia de descomposición orgánica con el uso de EM. De manera similar, Mamani (2023) encontró que la gallinaza enriquecida con EM-1 generó compost de mayor calidad, lo cual respalda el comportamiento térmico observado en los tratamientos T1, T2 y T3.

En contraste, los tratamientos sin aplicación de EM alcanzaron temperaturas medias ligeramente más altas (hasta 36,90 °C), pero con menor variabilidad térmica, lo que sugiere una menor regulación biológica del proceso. A diferencia de lo reportado por

Yabar (2023), donde la gallinaza con EM produjo una mayor homogeneidad térmica, en este estudio las combinaciones sin EM presentaron una degradación más descontrolada, posiblemente influenciada por factores externos como la temperatura ambiental o la aireación. Esto refuerza la idea de que el uso de EM no solo acelera la descomposición, sino que estabiliza el proceso.

Respecto al pH, se observó una tendencia hacia valores más alcalinos en los tratamientos sin EM, con promedios cercanos a 7,50, mientras que las combinaciones con EM mostraron un descenso gradual, estabilizándose entre 6,30 y 7,30. Esta diferencia es coherente con estudios como los de Mejía (2024) y Vargas (2024), quienes afirman que los EM ayudan a regular el ambiente químico del compost, favoreciendo un pH óptimo para la actividad enzimática. Del mismo modo, Gallardo y Sánchez (2023) reportaron un pH final controlado en compost con EM, resultado similar al observado en los tratamientos T1, T2 y T3.

1.2. Se caracterizó las propiedades fisicoquímicas de cada combinación de estiércol avícola, aditivo y dosis de microorganismos eficientes

Tabla 12

Propiedades fisicoquímicas de cada combinación (tratamiento)

Parámetros	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Nitrógeno (%)	0,67	0,48	0,56	0,99	0,74	1,04	0,65	0,74	0,809
Fósforo (%)	0,68	0,65	0,82	0,96	0,75	0,93	0,85	0,92	0,68
Potasio (%)	0,86	1,13	1,20	1,10	1,16	1,20	1,16	1,23	1,12
Materia orgánica (%)	36,23	35,25	38,56	40,23	41,32	42,25	41,36	40,23	38,53
pH	7,25	7,18	6,88	7,18	7,17	6,7	7,09	7,15	6,86
Conductividad eléctrica (µS/cm)	1949,2	739,6	915,2	2450,	957,6	652,2	943,3	972,5	809,5
	3	5	6	25	3	5	6	6	6
Humedad (%)	16,78	15,3	18,23	17,45	15,26	16,58	15,63	18,52	16,25

El análisis de las propiedades fisicoquímicas de los tratamientos T1 a T9 revela variaciones significativas entre tratamientos. En términos de nutrientes esenciales, la combinación T6 presentó los valores más altos de nitrógeno (1,04 %), fósforo (0,93 %) y potasio (1,20 %), lo que sugiere un compost de alta calidad nutricional. Las combinaciones con mayor contenido de materia orgánica fueron T6, T5 y T7, superando el 41 %, indicador de un compost bien estabilizado. Respecto al pH, todas las combinaciones mostraron valores cercanos a la neutralidad (entre 6,70 y 7,25), adecuados para la mayoría de cultivos. La conductividad eléctrica fue más elevada en T4 (2450,25 uS/cm), lo que podría indicar presencia de sales solubles en exceso, mientras que C6 reportó uno de los valores más bajos (652,25 uS/cm). En cuanto a la humedad, los valores oscilaron entre 15,26 % y 18,52 %, siendo óptimos para el almacenamiento del compost maduro. Estos resultados evidencian que el tratamiento

T6 posee un equilibrio favorable de nutrientes y parámetros fisicoquímicos para su uso agrícola.

Tabla 13

Propiedades fisicoquímicas promedios por aplicación de EM

Parámetros	EM0	EM1	EM2
Nitrógeno (%)	0,73	0,92	0,57
Fósforo (%)	0,82	0,88	0,72
Potasio (%)	1,17	1,15	1,06
Materia orgánica (%)	40,04	41,27	36,68
pH	7,03	7,02	7,1
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	908,49	1353,38	1201,38
Humedad (%)	16,8	16,43	16,77

El análisis de las propiedades fisicoquímicas por aplicación de EM muestra que EM1 presentó el mayor contenido de nitrógeno (0,92 %), fósforo (0,88 %) y materia orgánica (41,27 %), lo que indica una mayor calidad compostada respecto a EM0 y EM2. En cuanto al potasio, los valores fueron similares entre EM0 y EM1 (1,17 % y 1,15 %), superando ambos a EM2. El pH se mantuvo estable y ligeramente neutro en los tres tratamientos (entre 7,02 y 7,10), adecuado para la mayoría de cultivos. EM1 también registró la mayor conductividad eléctrica (1353,38 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que podría implicar una mayor concentración de sales solubles. Finalmente, la humedad se mantuvo constante y dentro de un rango óptimo para compost maduro, con ligeras variaciones entre tratamientos.

Además, con el fin de evaluar la calidad del compost obtenido, se compararon los resultados obtenidos para cada parámetro con lo establecido en la Norma Técnica Chilena (NCh 2880) y la Norma Técnica Peruana (NTP 201.208:2021).

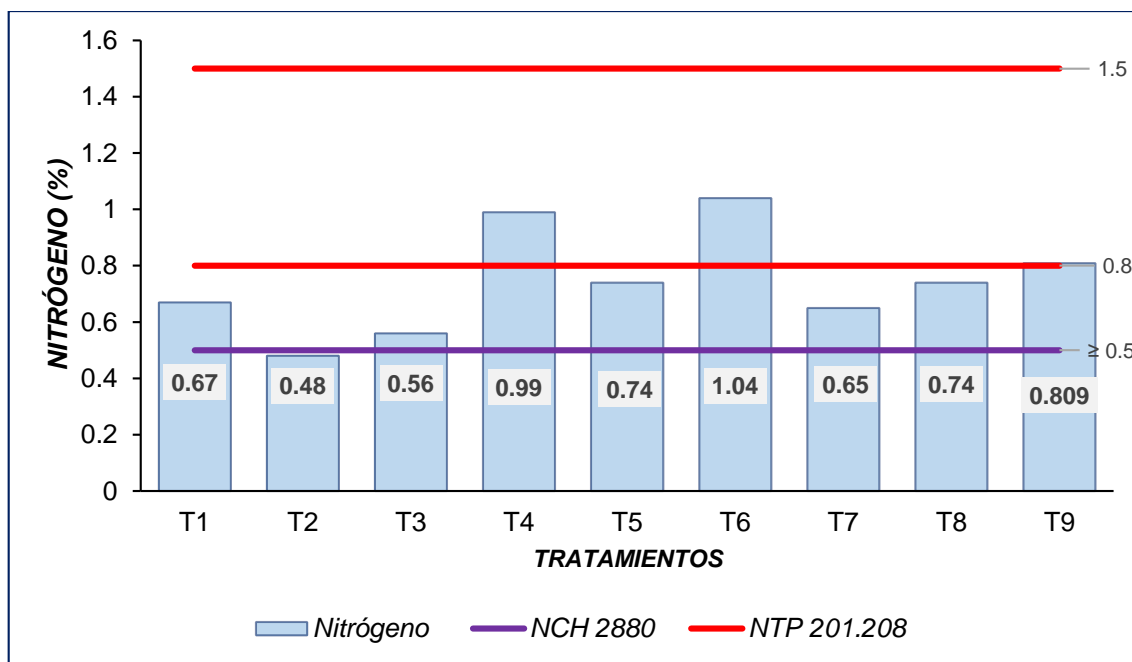


Figura 7

Comparación del contenido de nitrógeno en el compost obtenido con las normativas vigentes.

Los valores de nitrógeno obtenidos en los nueve tratamientos (T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9), al ser comparados con las normativas vigentes, revelan diferencias significativas en el cumplimiento de los estándares establecidos. De acuerdo con la NCh 2880, que exige un contenido mínimo de 0,5%, ocho tratamientos cumplen con dicho requisito, a excepción del T2 (0,48%), cuyo valor se encuentra muy próximo al umbral establecido. Por otro lado, al considerar la NTP 201.208, que establece un rango más estricto de 0,8% a 1,5%, solo los tratamientos T4, T6 y T9 cumplen con los valores exigidos, presentando contenidos de 0,99%, 1,04% y 0,809%, respectivamente. Todos los demás tratamientos se sitúan por debajo del límite inferior permitido por esta normativa.

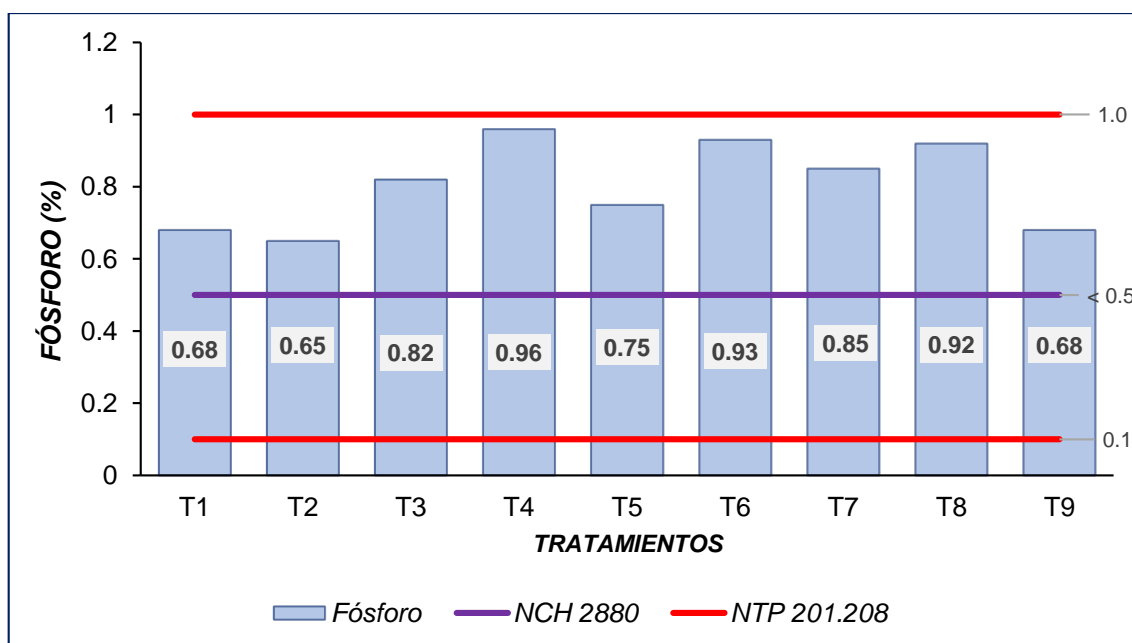


Figura 8

Comparación del contenido de fósforo en el compost obtenido con las normativas vigentes.

En relación con el contenido de fósforo en el compost obtenido, los valores alcanzados se compararon con la Norma Chilena NCh 2880, la cual establece que el contenido ideal debe ser $< 0,5\%$. En este sentido, todos los tratamientos cumplieron con lo estipulado por dicha normativa. Asimismo, al considerar los valores definidos por la Norma Técnica Peruana NTP 201.208 (0,1% – 1%), los tratamientos también se ubicaron dentro del rango permitido, destacando el tratamiento T4 con el valor más alto (0,96%) y el tratamiento T2 con el valor más bajo (0,65%).

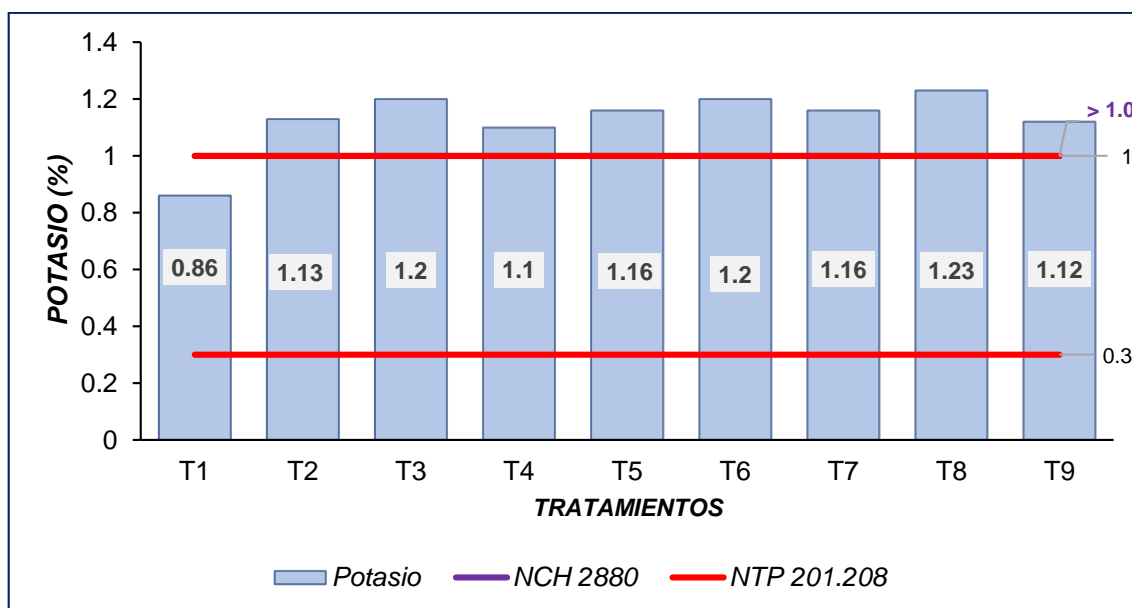


Figura 9

Comparación del contenido de potasio del compost obtenido con las normativas vigentes.

Respecto al contenido de potasio, los valores obtenidos fueron comparados con la normativa chilena NCh 2880, la cual establece un valor mínimo superior al 1%, y con la Norma Técnica Peruana NTP 201.208, que define un rango permitido entre 0,3% y 1 %. De acuerdo con la NCh 2880, todos los tratamientos, desde el T2 hasta el T9, presentan valores por debajo del límite exigido, siendo el tratamiento T4 el que registra el valor más bajo (0,86%). Sin embargo, al considerar los criterios establecidos por la NTP 201.208, todos los tratamientos cumplen con el rango permitido para este parámetro.

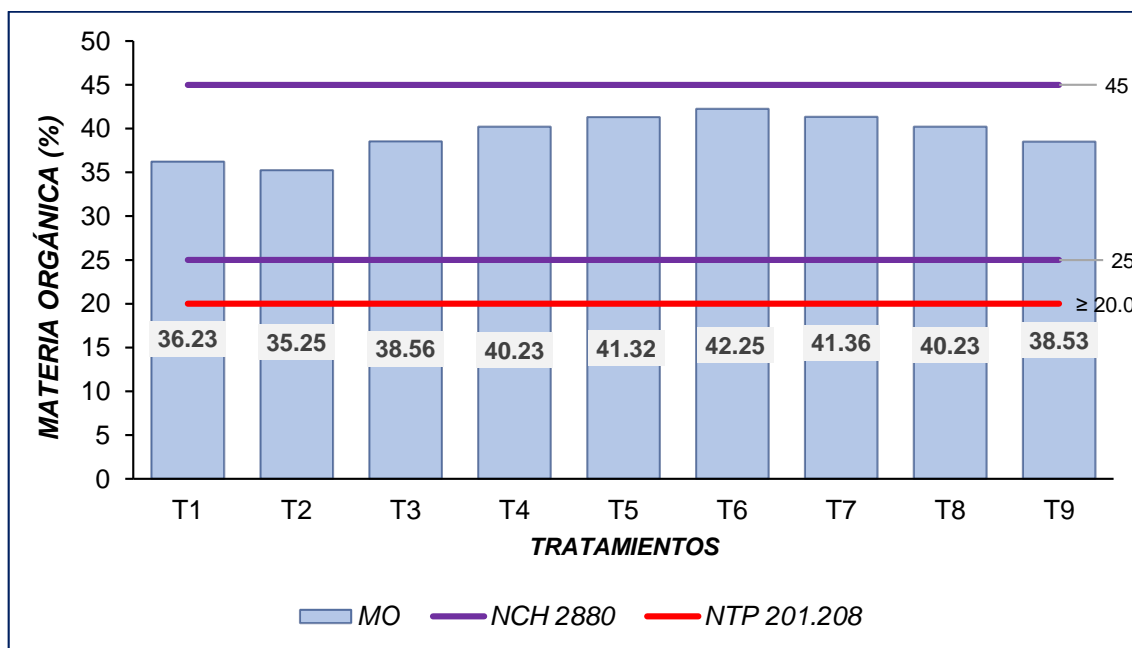


Figura 10

Comparación del contenido de MO del compost obtenido con las normativas vigentes.

Asimismo, al comparar los valores de materia orgánica obtenidos con la Norma Chilena NCh 2880, la cual establece un rango de 25% a 45%, se determinó que todos los tratamientos cumplen con los valores establecidos. Por otro lado, al contrastar los resultados con la Norma Técnica Peruana NTP 201.208, que exige un contenido mínimo de 20%, también se verificó que todos los tratamientos superan dicho umbral. En este caso, el tratamiento T6 obtuvo el mayor porcentaje (42,25%), seguido de T7 (41,36%) y T5 (41,32%), mientras que el valor más bajo correspondió al tratamiento T2, con 35,25%.

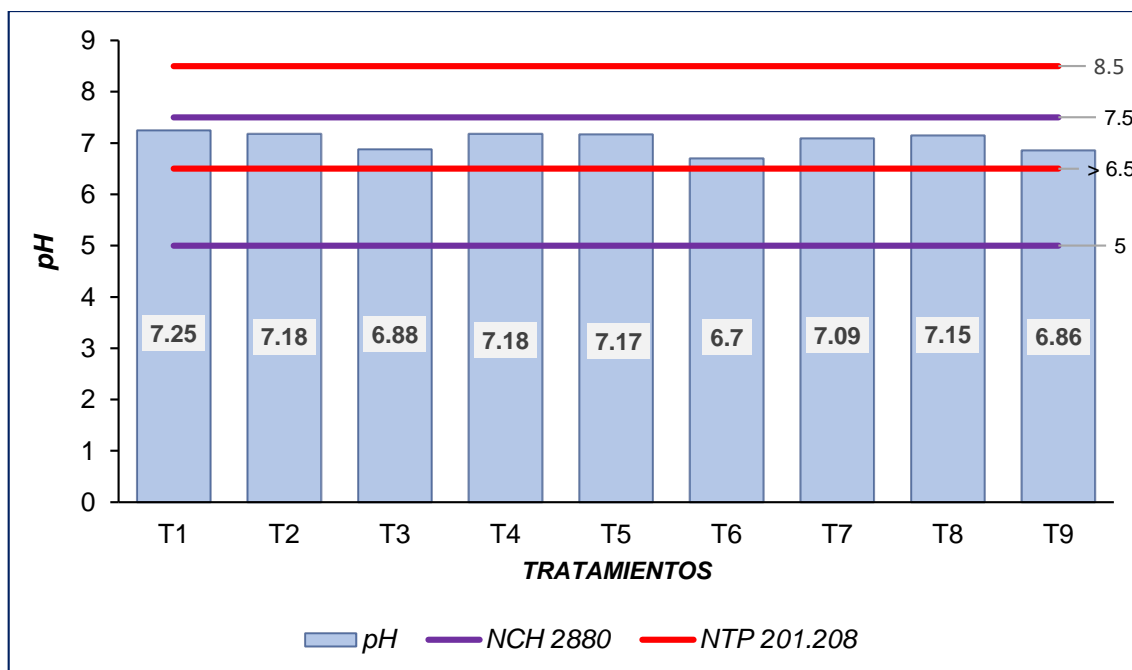


Figura 11

Comparación los niveles de pH del compost obtenido con las normativas vigentes.

Los niveles de pH registrados en los nueve tratamientos, al ser evaluados frente a las normativas actuales, evidenciaron conformidad con lo estipulado por la Norma Chilena NCh 2880, que establece un rango aceptable entre 5,0 y 7,5. Todos los valores obtenidos se ubicaron por encima del umbral mínimo de 5, cumpliendo así con dicho requisito. De igual manera, al comparar los resultados con la Norma Técnica Peruana NTP 201.208, la cual permite un intervalo más amplio, de 6,5 a 8,5, se constató que la totalidad de los tratamientos se ajusta a los valores exigidos, lo que confirma su adecuación a ambos marcos normativos.

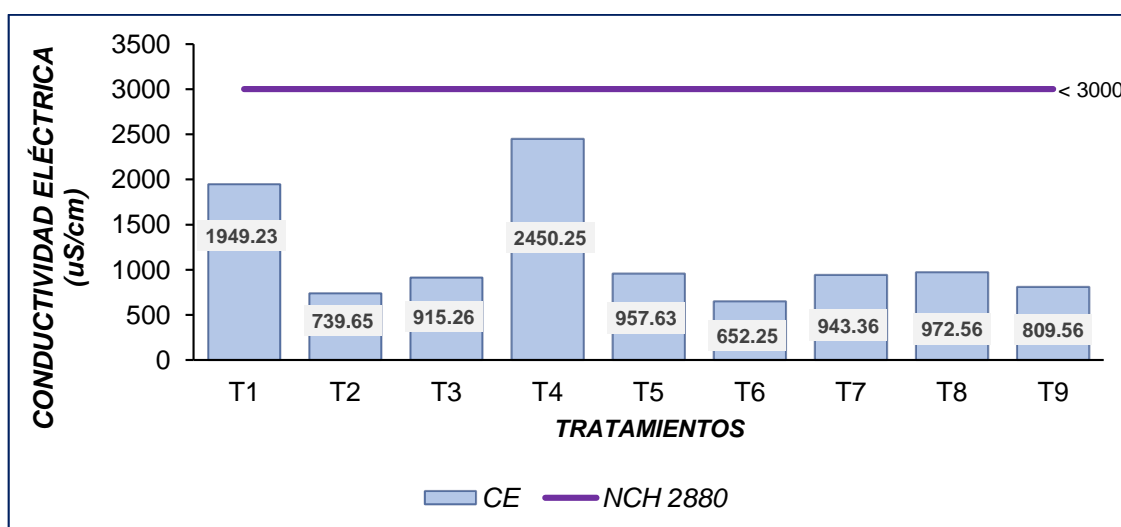


Figura 12

Comparación la conductividad eléctrica del compost obtenido con las normativas vigentes.

En cuanto al parámetro de conductividad eléctrica, al compararse con la Norma Chilena NCh 2880, que establece un límite inferior de 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se determinó que todos los tratamientos se encuentran dentro del rango permitido. El tratamiento T4 registró el valor más elevado, con 2450,24 $\mu\text{S}/\text{cm}$, seguido por el T1, con 1949,23 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por otro lado, los tratamientos que no incluyeron la adición de microorganismos eficaces (T7, T8 y T9) presentaron los valores más bajos, con 943,36; 972,56 y 809,56 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente.

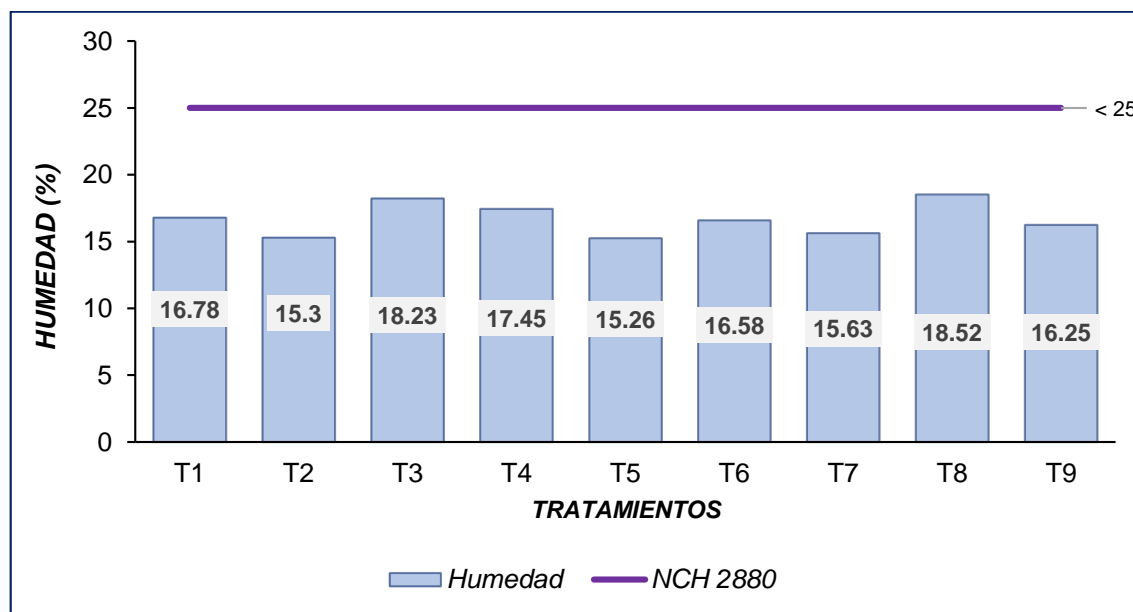


Figura 13

Comparación de la humedad del compost obtenido con las normativas vigentes.

Finalmente, el porcentaje de humedad presente en el compost fue comparado con lo establecido en la Norma Chilena NCh 2880, la cual define un límite inferior de 25 %. Se determinó que todos los tratamientos se encuentran por debajo de dicho umbral, siendo los valores más bajos los registrados en el tratamiento T5 (15,26 %) y en el T2 (15,3 %).

La caracterización fisicoquímica de los tratamientos con estiércol avícola y microorganismos eficientes (EM) evidenció resultados que no solo cumplen con los marcos normativos vigentes en Chile y Perú, sino que además concuerdan con diversos antecedentes nacionales e internacionales, demostrando el potencial agronómico de este tipo de compost. Particularmente, el tratamiento T6 destacó por presentar los valores más altos de nitrógeno (1,04 %), fósforo (0,93 %) y potasio (1,20 %), además de un elevado contenido de materia orgánica (42,25 %), lo que indica un compost altamente estabilizado y nutritivo. Comparativamente, estos resultados superan los observados por Yabar (2023) en tratamientos de gallinaza enriquecida con EM, donde los niveles de nitrógeno alcanzaron apenas el 0,58 %, y se situaron dentro del rango superior de

calidad propuesto por la NTP 201.208, superando incluso los rendimientos que él registró en cebolla china con compost procesado.

Asimismo, al comparar los valores promedio por aplicación de EM, se encontró que EM1 fue el tratamiento más eficaz, con 0,92 % de nitrógeno, 0,88 % de fósforo y 41,27 % de materia orgánica. Esta tendencia es coherente con los resultados reportados por Mamani (2023), donde el uso de gallinaza con EM-1 (10 t/ha + 10 L/ha) generó los mayores rendimientos en cebolla roja (16,55 t/ha), atribuidos precisamente a la mejora en la disponibilidad de nutrientes. En ambos casos, se evidencia que la aplicación de EM potencia la mineralización del estiércol, incrementando la liberación de macronutrientes esenciales como N, P y K. Esta mejora también fue observada por Mejía (2024) en quinua, donde la combinación de 2 t/ha de gallinaza y 25 L/ha de EM generó un rendimiento superior a 3800 kg/ha, superando ampliamente al control sin EM.

Por otro lado, si bien el contenido de potasio de todos los tratamientos cumplió con los parámetros de la NTP 201.208 (0,3–1,0 %), no alcanzaron el valor mínimo exigido por la NCh 2880 (>1,0 %) en algunos casos como T1 (0,86 %). Este comportamiento puede explicarse por la mineralización parcial del compost durante el periodo de maduración, lo cual fue también descrito por Ogaji et al. (2022), donde el potasio se concentró en etapas avanzadas del proceso. No obstante, al igual que ellos, este estudio demuestra que compost con valores intermedios de potasio sigue siendo agronómicamente útil, especialmente si está acompañado de otros nutrientes en equilibrio.

En cuanto al pH, todos los tratamientos se mantuvieron dentro del rango óptimo para el desarrollo vegetal (6,7–7,25), similar a lo informado por Moreno et al. (2022), quienes observaron que la aplicación de 20 g dm⁻³ de estiércol avícola estabilizó el pH del sustrato entre 6,6 y 7,1, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes y la absorción radicular en yerba mate. Asimismo, el contenido de materia orgánica superó el umbral mínimo en todos los tratamientos, y en algunos casos incluso se acercó al límite superior normativo (45 %), tal como también lo lograron Gallardo y Sánchez (2023) al emplear mezclas de microorganismos naturales y comerciales, alcanzando hasta 32,7 % de MO en compost de bovino, pero sin superar los niveles observados en este estudio (hasta 42,25 %).

Respecto a la conductividad eléctrica (CE), aunque ningún tratamiento excedió el límite inferior de 3000 µS/cm establecido por la NCh 2880, se observaron diferencias significativas entre tratamientos. T4 presentó el valor más alto (2450,25 µS/cm), lo que podría ser beneficioso en suelos lixiviados, pero también indicaría presencia de sales solubles. Este resultado guarda similitud con lo reportado por Akhil et al. (2022), donde

tratamientos con mayor dosis de estiércol y vermicompost alcanzaron CE cercanas a 2300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, generando un crecimiento más vigoroso del ajo gracias a una mayor disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, cabe advertir que valores excesivos podrían restringir el desarrollo de cultivos sensibles, por lo que es recomendable ajustar las dosis según el cultivo y el tipo de suelo.

En lo que respecta a la humedad del compost, los valores oscilaron entre 15,26 % y 18,52 %, situándose por debajo del 25 % mínimo estipulado por la normativa chilena. Esta condición, si bien implica que el compost está suficientemente maduro para su almacenamiento, podría limitar la actividad microbiana residual en campo. Situaciones similares se observaron en el estudio de Arévalo (2024), donde compost de residuos sólidos domésticos con humedad moderada (aproximadamente 20 %) logró mejorar significativamente la biomasa del frijol Boca Negra, indicando que estos niveles aún pueden ser funcionales si se complementan con adecuada humedad en el suelo.

Finalmente, al comparar el cumplimiento de las normativas vigentes, se observa que tratamientos como T6, T4 y T9 cumplen simultáneamente con los valores exigidos por la NTP 201.208 en los parámetros de nitrógeno, fósforo, materia orgánica y pH, posicionándose como los más prometedores. Esto refuerza lo expuesto por Dani et al. (2021) y Vargas (2024), quienes sostienen que las combinaciones de estiércol de pollo y EM no solo mejoran la calidad fisicoquímica del compost, sino que también promueven un rendimiento agrícola superior sin necesidad de fertilizantes químicos.

1.3. Se evaluó el desarrollo del cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china) usando los compost obtenidos de cada combinación como abono en 3 repeticiones cada una

Tabla 14

Desarrollo del cultivo de Allium fistulosum

Bloques	Tratamientos	Altura (cm)	Nº Hojas	Diám, Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)
1	T1	41,01	20,70	5,62	21,20
1	T2	29,63	19,10	4,50	14,90
1	T3	45,21	23,10	6,30	23,30
1	T4	49,31	27,80	7,59	25,60
1	T5	50,59	25,40	6,75	26,20
1	T6	55,45	30,50	8,09	28,40
1	T7	41,92	20,90	5,88	22,20
1	T8	47,44	26,60	7,13	25,50
1	T9	44,06	22,60	5,83	22,20
2	T1	40,86	22,10	5,84	21,50
2	T2	29,08	18,10	4,73	15,70
2	T3	45,45	23,60	7,35	22,90
2	T4	49,96	27,30	6,95	24,90
2	T5	49,77	24,30	7,41	25,80
2	T6	53,91	30,60	8,34	28,20
2	T7	42,41	22,60	6,80	22,00
2	T8	49,5	28,50	7,17	25,20

2	T9	44,8	22,30	6,78	22,90
3	T1	40,45	22,60	6,46	21,40
3	T2	28,13	20,00	4,97	18,70
3	T3	44,19	23,30	6,63	22,80
3	T4	48,91	26,20	7,39	25,00
3	T5	50,88	27,00	7,19	25,90
3	T6	54,17	30,70	7,73	28,60
3	T7	42,81	22,30	6,86	21,20
3	T8	48,35	24,90	6,84	24,90
3	T9	43,82	23,00	6,82	22,10

La tabla presenta los resultados del desarrollo agronómico de *Allium fistulosum* bajo nueve tratamientos de compost, diferenciados por el uso de inoculantes microbianos: EM2 (T1–T3), EM1 (T4–T6) y sin EM (T7–T9). Al analizar las variables de altura, número de hojas, diámetro de bulbo y peso fresco, se observa que los tratamientos que incorporaron EM1 (T4–T6) generaron un crecimiento más vigoroso del cultivo. En particular, el tratamiento T6 destacó consistentemente con los valores más altos en todas las variables: una altura promedio de 54,51 cm, 30,60 hojas por planta, un diámetro de bulbo de 8,05 cm y un peso fresco de 28,40 g. Este rendimiento sugiere una alta eficacia del EM1 en la mejora de las condiciones microbiológicas del suelo y en la disponibilidad de nutrientes esenciales.

Por otro lado, los tratamientos que emplearon EM2 (T1–T3) mostraron resultados intermedios. T3 fue el más destacado de este grupo, superando a T1 y T2, lo que indica cierta eficacia del EM2, aunque menor que la del EM1. Finalmente, los tratamientos sin inoculante (T7–T9) presentaron un comportamiento más variable; si bien T8 mostró un desarrollo aceptable y cercano al de algunos tratamientos con EM, en general este grupo tuvo un desempeño inferior. En conjunto, los datos sugieren que la incorporación de microorganismos eficientes, especialmente EM1, tuvo un efecto positivo y significativo sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de cebolla china en comparación con el compost sin inoculación.

Tabla 15
Índice de emergencia (día 7)

Bloques	Tratamientos	Altura (cm)
1	T1	0
1	T2	0,29
1	T3	0,14
1	T4	0,86
1	T5	0
1	T6	0,14
1	T7	0
1	T8	0,14
1	T9	0,43
2	T1	0
2	T2	0,57
2	T3	0,29
2	T4	0,29

2	T5	0,14
2	T6	0,29
2	T7	0,71
2	T8	0,14
2	T9	0
3	T1	0,29
3	T2	0,14
3	T3	0,86
3	T4	0
3	T5	0,71
3	T6	0,14
3	T7	0,29
3	T8	0
3	T9	0,14

El índice de emergencia, que representa la proporción de plántulas emergidas respecto al total sembrado, mostró variaciones marcadas entre los tratamientos. El tratamiento T3 (estiércol + aserrín con EM1) en el bloque 3 alcanzó el valor más alto (0,86), lo que indica un proceso de emergencia más rápido y eficiente. Asimismo, T4 (estiércol + paja de arroz con EM1) presentó un índice igualmente elevado en el bloque 1 (0,86), resaltando la eficacia de la aplicación de microorganismos eficientes (EM1) en promover una germinación inicial más vigorosa. Estos datos refuerzan la importancia del tipo de material orgánico y del uso de EM en los procesos iniciales del cultivo.

Tabla 16

Análisis descriptivo del registro de temperatura interna (°C) de cada parcela

Combinaciones	Días	rango	mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	CV (%)
T1	60	1,40	21,80	23,20	22,61	0,28	0,08	1,24
T2	60	1,50	22,80	24,30	23,35	0,25	0,06	1,07
T3	60	1,60	22,00	23,60	22,82	0,29	0,09	1,27
T4	60	1,50	21,90	23,40	22,66	0,26	0,07	1,15
T5	60	1,20	22,80	24,00	23,36	0,25	0,06	1,07
T6	60	1,20	22,60	23,80	23,13	0,30	0,09	1,30
T7	60	1,20	21,90	23,10	22,44	0,28	0,08	1,25
T8	60	1,10	22,10	23,20	22,70	0,25	0,06	1,10
T9	60	1,10	21,70	22,80	22,33	0,25	0,06	1,12

Nota: CV (%) es el coeficiente de variación porcentual

El análisis descriptivo de la temperatura interna en las parcelas compostadas durante 60 días reveló una estabilidad térmica general con rangos estrechos en todas las combinaciones evaluadas. Las medias oscilaron entre 22,33 °C (T9) y 23,36 °C (T5), evidenciando diferencias leves en la acumulación térmica, probablemente asociadas a las características fisicoquímicas del sustrato y la actividad microbiana.

Los tratamientos T2, T5 y T6 presentaron las medias más elevadas, superando los 23 °C, lo cual sugiere una mayor actividad biológica en esos tratamientos, posiblemente favorecida por un mayor contenido de materia orgánica o una mejor relación carbono-

nitrógeno. Por otro lado, las combinaciones T1, T4, T7, T8 y T9 se mantuvieron en un rango más bajo, aunque con desviaciones estándar igualmente pequeñas (entre 0,25 y 0,30), lo que indica un comportamiento térmico homogéneo.

La presente investigación evidenció que la aplicación de compost enriquecido con microorganismos eficientes, especialmente EM1, tuvo un efecto significativamente positivo sobre el desarrollo agronómico de *Allium fistulosum*. Los tratamientos T4, T5 y T6, que incorporaron EM1, mostraron los mayores valores en altura de planta, número de hojas, diámetro del bulbo y peso fresco, destacando T6 con promedios de 54,51 cm, 30,60 hojas, 8,05 cm y 28,4 g, respectivamente. Estos resultados son comparables con lo reportado por Yabar (2023) y Mamani (2023), quienes también encontraron mejoras sustanciales en cultivos de cebolla con la aplicación de abonos orgánicos procesados con EM. De forma similar, Pérez et al. (2024) comprobaron que el uso de compost y humus incrementó de manera significativa el rendimiento del cultivo, aunque en nuestro caso, la incorporación de EM1 mostró un efecto superior.

En contraste, los tratamientos con EM2 (T1–T3) presentaron un desempeño intermedio. Aunque T3 logró valores aceptables, estos no alcanzaron el nivel de eficacia observado con EM1. Este comportamiento coincide con lo señalado por Dani et al. (2021), quienes observaron que la eficacia de los microorganismos depende tanto del tipo como de la dosis aplicada, lo cual sugiere una posible menor compatibilidad o actividad de EM2 frente a EM1. Por otro lado, los tratamientos sin inoculación (T7–T9) mostraron una respuesta menos uniforme, con T8 como único caso de desempeño comparable a los tratamientos con EM, lo que refuerza la importancia de la actividad microbiana en la mejora del crecimiento vegetal, en línea con lo reportado por Ogaji et al. (2022) y Gallardo y Sánchez (2023).

En cuanto al índice de emergencia, se observó que los tratamientos con EM1 (especialmente T3 y T4) favorecieron una germinación más rápida y efectiva. Este resultado coincide con los hallazgos de Vargas (2024), quien reportó un inicio más vigoroso del desarrollo del maní cuando se aplicó gallinaza enriquecida con EM. El estímulo a la germinación podría atribuirse a la acelerada mineralización de nutrientes y a la producción de fitohormonas por parte de los microorganismos eficaces. Asimismo, los datos de temperatura registrados durante el proceso de compostaje mostraron un comportamiento estable en todas las combinaciones, con ligeras variaciones atribuibles a la actividad microbiana. Las temperaturas más elevadas en T2, T5 y T6 sugieren una mayor actividad biológica, lo cual concuerda con lo reportado por Moreno et al. (2022) y

Mejía (2024), quienes también relacionaron el incremento térmico con una mayor descomposición de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes.

1.4. Se determinó la combinación óptima de compost para el desarrollo del cultivo de *Allium fistulosum* (cebolla china) por medio del análisis estadístico de los datos obtenidos

Tabla 17

Resumen del análisis de varianza del diseño experimental para la variable altura (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura (cm)	27	0,99	0,99	1,46

Los resultados revelaron una alta precisión experimental ($R^2=0,99$, $CV = 1,46\%$), lo que demuestra que las variaciones observadas son directamente atribuibles a los factores del modelo, permitiendo conclusiones sólidas sobre su desarrollo.

Tabla 18

Análisis de variancia para la altura (cm) de la cebolla china

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1302,19	10	130,22	302,50	<0,0001
Bloques	0,96	2	0,48	1,12	0,3515
Tratamientos	1301,23	8	162,65	377,84	<0,0001
Error	6,89	16	0,43		
Total	1309,08	26			

El análisis de varianza (ANOVA) presentado evidencia diferencias estadísticamente significativas en la altura de *Allium fistulosum* (cebolla china) atribuibles a los tratamientos evaluados. El modelo general fue altamente significativo ($p < 0,0001$), con una F de 302,50, lo que indica que existe un efecto real de al menos uno de los factores analizados. Específicamente, el factor tratamientos mostró una influencia muy significativa sobre la altura de las plantas ($F = 377,84$; $p < 0,0001$), lo que sugiere que las distintas combinaciones de enmiendas orgánicas y aplicaciones de microorganismos eficientes impactaron de forma importante el crecimiento en altura del cultivo.

En contraste, el factor bloques, que representa la variabilidad entre repeticiones o condiciones experimentales, no resultó significativo ($p = 0,3515$), indicando que no hubo diferencias sustanciales entre las repeticiones del ensayo. La baja varianza explicada por el error ($CM = 0,43$) refuerza la confiabilidad del modelo y evidencia una alta precisión experimental.

Tabla 19

Prueba de Tukey entre los tratamientos con una $\alpha = 0,05$ para la altura (cm)

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Comparaciones
T2	28,95	3	0,38	A
T1	40,77	3	0,38	B
T7	42,38	3	0,38	B C

T9	44,23	3	0,38	C	D	
T3	44,95	3	0,38		D	
T8	48,43	3	0,38			E
T4	49,39	3	0,38			E F
T5	50,41	3	0,38			F
T6	54,51	3	0,38			G

Nota: Media con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Tukey reveló diferencias significativas en la altura de *Allium fistulosum* entre tratamientos ($\alpha = 0,05$). El tratamiento T6 presentó la mayor media (54,51 cm), siendo estadísticamente superior a todos los demás, seguido por T5, T4 y T8, que conformaron un grupo homogéneo sin diferencias entre sí. En contraste, T2 mostró el menor crecimiento (28,95 cm), significativamente inferior al resto. T3, T9, T7 y T1 ocuparon posiciones intermedias con diferencias graduales. Estos resultados indican que T6 es el tratamiento más efectivo para promover la altura en cebolla china.

Tabla 20

Resumen del análisis de varianza del diseño experimental para la variable número de hojas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº hojas	27	0,95	0,91	4,19

El análisis de varianza para la variable número de hojas en *Allium fistulosum* mostró un coeficiente de determinación (R²) de 0,95 y un R² ajustado de 0,91, lo que indica que el modelo explica el 95 % de la variabilidad total y que se ajusta adecuadamente a los datos. Además, el coeficiente de variación (CV) fue de 4,19 %, lo cual refleja una baja variabilidad experimental relativa, lo que respalda la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos para esta variable en el diseño experimental.

Tabla 21

Análisis de variancia para el número de hojas de la cebolla china

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	293,75	10	29,37	28,29	<0,0001
Bloques	0,69	2	0,34	0,33	0,7232
Tratamientos	293,06	8	36,63	35,28	<0,0001
Error	16,61	16	1,04		
Total	310,36	26			

El análisis de varianza para el número de hojas en *Allium fistulosum* reveló diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$), con un valor F de 35,28, lo que indica que la aplicación de los tratamientos tuvo un efecto marcado en esta variable. La fuente de variación por bloques no fue significativa ($p = 0,7232$), lo cual sugiere que las repeticiones no influyeron de forma relevante en los resultados. El modelo general fue altamente significativo ($F = 28,29$; $p < 0,0001$), y explicó una gran proporción de la variación total (SC = 293,75 de un total de 310,36). El bajo error cuadrático medio (CM = 1,04) confirma la precisión del experimento y la consistencia de los datos.

Tabla 22

Prueba de Tukey entre los tratamientos con una $\alpha = 0,05$ para el número de hojas

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Comparaciones
T2	19,07	3	0,59	A
T1	21,80	3	0,59	A B
T7	21,93	3	0,59	A B
T9	22,63	3	0,59	B C
T3	23,33	3	0,59	B C
T5	25,57	3	0,59	C D
T8	26,67	3	0,59	D
T4	27,10	3	0,59	D
T6	30,60	3	0,59	E

Nota: Media con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Tukey para el número de hojas en *Allium fistulosum* evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($\alpha = 0,05$). El tratamiento T6 presentó la mayor media (30,60 hojas), conformando un grupo estadísticamente distinto (letra E), seguido por T4, T8 y T5, que integraron un grupo homogéneo (letra D). T3 y T9 ocuparon posiciones intermedias (grupo C), mientras que T1, T7 y T2 mostraron las menores medias, sin diferencias estadísticas entre sí (grupo A-B). Estos resultados indican que el tratamiento T6 fue el más efectivo para incrementar el número de hojas del cultivo, superando de manera significativa a la mayoría de los demás tratamientos.

Tabla 23

Resumen del análisis de varianza del diseño experimental para la variable diámetro del bulbo (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro del bulbo (cm)	27	0,91	0,86	5,44

El análisis de varianza para el diámetro del bulbo en *Allium fistulosum* reveló un coeficiente de determinación (R^2) de 0,91 y un R^2 ajustado de 0,86, lo que indica que el modelo explica el 91% de la variabilidad total de la variable. El coeficiente de variación (CV) fue de 5,44%, evidenciando una buena precisión experimental. Estos valores reflejan una alta consistencia en los datos y una adecuada capacidad del diseño experimental para detectar diferencias reales entre tratamientos.

Tabla 24

Análisis de variancia para el diámetro del bulbo (cm) de la cebolla china

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21,80	10	2,18	16,59	<0,0001
Bloques	0,89	2	0,44	3,38	0,0594
Tratamientos	20,91	8	2,61	19,90	<0,0001
Error	2,10	16	0,13		
Total	23,90	26			

El análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro del bulbo de *Allium fistulosum* mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$), indicando que los

factores evaluados influyeron directamente en esta variable morfológica. La fuente de variación tratamientos explicó la mayor parte de la variabilidad total (SC = 20,91), con un valor $F = 19,90$, muy superior al del error experimental. Aunque los bloques presentaron una tendencia cercana a la significancia ($p = 0,0594$), no afectaron de forma estadísticamente significativa la variable.

Tabla 25

Prueba de Tukey entre los tratamientos con una $\alpha = 0,05$ para el diámetro del bulbo (cm)

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Comparaciones
T2	4,73	3	0,21	A
T1	5,97	3	0,21	B
T9	6,48	3	0,21	B C
T7	6,51	3	0,21	B C
T3	6,76	3	0,21	B C
T8	7,05	3	0,21	C D
T5	7,12	3	0,21	C D
T4	7,31	3	0,21	C D
T6	8,05	3	0,21	D

Nota: Media con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de comparación múltiple de Tukey para el diámetro del bulbo en *Allium fistulosum* evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($\alpha = 0,05$). El tratamiento T6 presentó el mayor valor promedio (8,05 cm), agrupándose en la categoría "D", siendo estadísticamente superior a todos los demás. En contraste, el tratamiento T2 mostró el menor diámetro (4,73 cm), ubicado en el grupo "A", significativamente diferente del resto. Tratamientos intermedios como T4, T5 y T8 (medias entre 7,05 y 7,31 cm) compartieron el grupo "C-D", sin diferenciarse entre sí, pero sí respecto a los extremos. Este patrón sugiere que las prácticas asociadas a T6 optimizan significativamente el engrosamiento del bulbo en este cultivo.

Tabla 26

Resumen del análisis de varianza del diseño experimental para la variable peso fresco (g)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco (g)	27	0,97	0,95	3,33

El análisis de varianza para la variable peso fresco revela un ajuste altamente significativo del modelo, con un coeficiente de determinación R^2 de 0,97 y un R^2 ajustado de 0,95, lo que indica que el 95% de la variabilidad en los datos puede explicarse por el modelo. Además, el coeficiente de variación (CV) de 3,33% sugiere una baja dispersión relativa de los datos respecto a la media, lo cual refuerza la precisión experimental.

Tabla 27

Análisis de variancia para el peso fresco (g) de la cebolla china

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	282,90	10	28,29	46,89	<0,0001
Bloques	0,13	2	0,07	0,11	0,8955

Tratamientos	282,76	8	35,35	58,59	<0,0001
Error	9,65	16	0,60		
Total	292,55	26			

El análisis de varianza para el peso fresco de la cebolla china muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$), lo que indica un fuerte efecto del tipo de tratamiento en esta variable. El modelo explica una gran proporción de la variación total (SC = 282,90 de 292,55), mientras que el efecto de los bloques no fue significativo ($p = 0,8955$), sugiriendo uniformidad entre repeticiones. El bajo error cuadrático medio (0,60) confirma la precisión experimental, respaldando la validez del diseño y la influencia real de los tratamientos sobre el peso fresco.

Tabla 28

Prueba de Tukey entre los tratamientos con una $\alpha = 0,05$ para el peso fresco (g)

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Comparaciones		
T2	16,43	3	0,45	A		
T1	21,37	3	0,45	B		
T7	21,80	3	0,45	B		
T9	22,40	3	0,45	B		
T3	23,00	3	0,45	B	C	
T4	25,17	3	0,45		C	D
T8	25,20	3	0,45		C	D
T5	25,97	3	0,45			D
T6	28,40	3	0,45			E

Nota: Media con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Tukey para el peso fresco de *Allium fistulosum* reveló diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento T6 presentó el mayor valor promedio (28,40 g), perteneciendo al grupo estadísticamente superior (E), seguido de T5, T8 y T4, que compartieron el grupo D. En contraste, T2 mostró el menor peso fresco (16,43 g), ubicándose en el grupo A, significativamente inferior. T1, T7, T9 y T3 formaron grupos intermedios (B y C), lo que indica una respuesta diferenciada del cultivo según el tratamiento aplicado, con claras ventajas de T6 sobre el resto.

Tabla 29

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

Variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Altura (cm)	0,919	9	0,383
Humedad (%)	0,927	9	0,453
Nº Hojas	0,968	9	0,876
Diámetro de bulbo (cm)	0,944	9	0,620
Peso en fresco (g)	0,952	9	0,711
Nitrógeno (%)	0,952	9	0,715
Fósforo (%)	0,906	9	0,291
Potasio (%)	0,757	9	0,007
Materia orgánica (%)	0,923	9	0,418
pH	0,851	9	0,077

Conductividad eléctrica (uS/cm)	0,730	9	0,003
------------------------------------	-------	---	-------

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a las variables evaluadas mostró que la mayoría de ellas presentaron una distribución normal, con valores de significancia ($p > 0,05$), lo que valida el uso de pruebas paramétricas para su análisis estadístico. Variables como altura de planta, número de hojas, diámetro de bulbo, peso fresco, nitrógeno, fósforo, materia orgánica y pH cumplieron con el supuesto de normalidad. No obstante, el potasio y la conductividad eléctrica presentaron valores de significancia inferiores a 0,05 ($p = 0,007$ y $p = 0,003$ respectivamente), indicando una desviación significativa de la normalidad en estas variables.

Tabla 30
Modelo de regresión lineal múltiple

Parámetros	R	R ²	ANOVA		Coeficientes		
			F	Sig.	Dimensiones	Beta (B)	p
Altura (cm)	0,980 ^a	0,960	3,446	0,393 ^{a*}	(Constante)	0	0,506
					X ₁	0,393	0,515
					X ₂	-,615	0,490
					X ₃	-,048	0,933
					X ₄	1,052	0,263
					X ₅	0,003	0,995
					X ₆	0,066	0,923
					X ₇	0,551	0,338
Número de hojas	0,956 ^a	0,914	1,509	0,558 ^{a*}	(Constante)	0	0,741
					X ₁	0,774	0,423
					X ₂	0,183	0,869
					X ₃	-,098	0,907
					X ₄	0,194	0,823
					X ₅	0,202	0,772
					X ₆	-,415	0,693
					X ₇	0,290	0,652
Diámetro del bulbo (cm)	0,985 ^a	0,971	4,798	0,338 ^{a*}	(Constante)	0	0,740
					X ₁	0,277	0,575
					X ₂	-0,270	0,689
					X ₃	-0,062	0,898
					X ₄	0,867	0,271
					X ₅	-0,142	0,728
					X ₆	0,091	0,875
					X ₇	0,387	0,394
Peso fresco en	0,964 ^a	0,930	1,889	0,510 ^{a*}	(Constante)	0	0,589
					X ₁	0,500	0,528
					X ₂	-,411	0,695
					X ₃	-,129	0,866
					X ₄	0,885	0,385
					X ₅	0,107	0,862
					X ₆	-,157	0,862
					X ₇	0,502	0,450

Nota. *Significativa al 0,05; ^aPredictores: (constante), Nitrógeno = X₁ (%), Fósforo = X₂ (%), Potasio = X₃ (%), Materia orgánica = X₄ (%), pH = X₅, Conductividad eléctrica = X₆(μS/cm), Humedad = X₇ (%)

El modelo de regresión lineal múltiple aplicado a las variables agronómicas del cultivo de *Allium fistulosum* evidenció altos coeficientes de determinación (R^2), especialmente para diámetro de bulbo (0,971), altura (0,960) y peso fresco (0,930), lo que indica que la mayoría de la variabilidad observada puede explicarse por las propiedades fisicoquímicas del compost. Sin embargo, a pesar de los altos R^2 , los valores de significancia ($p > 0,05$) en el ANOVA para todos los modelos sugieren que las regresiones no fueron estadísticamente significativas, lo cual podría deberse al tamaño muestral reducido o a la multicolinealidad entre predictores. En cuanto a los coeficientes individuales, ninguna de las variables predictoras resultó significativa ($p < 0,05$), aunque se observaron tendencias como la influencia positiva de la materia orgánica (X4) sobre todas las variables agronómicas, especialmente altura y peso fresco, lo que resalta su posible importancia biológica en el desarrollo del cultivo.

El análisis de varianza para las variables agronómicas evaluadas en *Allium fistulosum* mostró efectos altamente significativos de los tratamientos ($p < 0,0001$), con valores F muy superiores a 1 en altura de planta ($F = 377,84$), número de hojas ($F = 35,28$), diámetro del bulbo ($F = 19,90$) y peso fresco ($F = 58,59$). Esto evidencia un efecto real de las enmiendas orgánicas evaluadas sobre el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo. Asimismo, los coeficientes de determinación ($R^2 > 0,90$ en la mayoría de las variables) y los coeficientes de variación bajos ($CV < 5\%$) reflejan la alta precisión experimental y la baja dispersión de los datos, concordando con la recomendación de Shapiro-Wilk que validó la normalidad de la mayoría de las variables ($p > 0,05$).

Estos resultados estadísticos guardan similitud con los hallazgos de Pérez et al. (2024) quienes, al evaluar humus y compost en cebolla, reportaron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) en altura de planta, número de hojas y peso fresco, con coeficientes de variación que oscilaron entre 3,29 % y 7,43 %, indicando alta precisión del diseño en bloques completos al azar. Al igual que en el presente estudio, Pérez et al. (2024) encontraron que el tratamiento con mayor dosis de humus ($4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) generó un crecimiento superior, reflejado en promedios de altura de 60,10 cm y peso fresco de 185,25 g.

De manera similar, Mamani (2023) evaluó abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces en *Allium cepa* var. *Ilabaya* y halló efectos significativos en la altura de planta, número de hojas y rendimiento ($p < 0,05$), con un aumento notable en los tratamientos con humus + EM ($16,55 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) frente al control ($9,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Aunque los valores F no fueron tan elevados como los obtenidos en el presente estudio (en gran

parte por el mayor número de tratamientos y el tipo de diseño factorial), sí confirmaron que la varianza entre tratamientos es mucho mayor que la atribuible al error.

Por otro lado, estudios en otros cultivos, como el de Vargas (2024) en maní con gallinaza + microorganismos eficientes, también reportaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el número de cápsulas por planta, peso de cápsulas y rendimiento ($5,04 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en el mejor tratamiento), validando el efecto de las prácticas orgánicas con soporte biológico sobre parámetros de rendimiento. Sin embargo, su coeficiente de variación fue ligeramente superior ($CV = 8 \%$), posiblemente debido a la mayor heterogeneidad ambiental del cultivo de maní respecto a la cebolla.

El presente estudio presenta una ventaja metodológica notable frente a estos antecedentes: un coeficiente de variación extremadamente bajo ($1,46 \%$ en altura y $3,33 \%$ en peso fresco), que sugiere una alta homogeneidad experimental y control ambiental, lo que fortalece la robustez de las conclusiones. Además, los valores de F (por ejemplo, $377,84$ para altura y $58,59$ para peso fresco) superan ampliamente los reportados en los antecedentes, lo que implica que el efecto del compost y los microorganismos eficientes en *Allium fistulosum* fue particularmente marcado y estadísticamente más sólido que los reportados en otros estudios similares.

CONCLUSIONES

1. Se establecieron combinaciones a partir de estiércol avícola en conjunto con tres tipos de aditivos orgánicos: paja de arroz, aserrín y viruta de madera, todos aplicados en proporción 50:50. Cada combinación fue codificada de T1 a T9 para facilitar su identificación durante el proceso experimental. Las combinaciones T1 a T3 recibieron la aplicación de EM2, T4 a T6 fueron tratadas con EM1, y T7 a T9 constituyeron los tratamientos control sin aplicación de microorganismos.
2. El uso de microorganismos eficientes (EM) durante el proceso de compostaje del estiércol avícola optimiza la actividad biológica y la estabilidad del producto final. Los tratamientos con EM, evidencian un proceso de descomposición más dinámico, caracterizado por una mayor variabilidad en la temperatura, lo que sugiere una gestión más eficiente de la actividad microbiana. De manera paralela, la inoculación con EM demuestra ser crucial para estabilizar el pH del compost, facilitando la creación de un medio propicio para la mineralización de nutrientes.
3. La caracterización fisicoquímica de los compost obtenidos muestra que las combinaciones enriquecidas con EM1, en especial el tratamiento T6, alcanzan los niveles más altos de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, manteniéndose dentro de los estándares establecidos por las normativas chilenas y peruanas. Este tratamiento no solo presenta un perfil nutricional superior, sino que también evidencia una mejor estabilización y madurez del compost.
4. La evaluación agronómica del cultivo de cebolla china demuestra que los tratamientos compostados con EM1, particularmente el tratamiento T6 (50 kg Estiércol + 50 kg viruta de madera), promueven un crecimiento significativamente superior en todas las variables morfológicas, tales como altura de planta, número de hojas, diámetro de bulbo y peso fresco. Asimismo, estos tratamientos favorecen una emergencia más temprana y vigorosa de las plántulas.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los productos y futuros proyectos continuar utilizando el proceso de bioestabilización con EM1 y viruta de madera (T6). A futuros investigadores promover y estandarizar el uso del compost obtenido en el T6 como biofertilizante de elección para el cultivo *Allium fistulosum* (cebolla china) en la región de San Martín, dada su eficiencia superior en distintos parámetros agrológicos.
2. Realizar estudios complementarios para optimizar la dosis y frecuencia de aplicación del compost T6 en campo abierto para maximizar el rendimiento agronómico y económico del cultivo de cebolla china.
3. Evaluar opciones más económicas para obtener o activar EM a partir de subproductos de camales (mataderos) o plantas procesadoras de alimentos, luego de un pretratamiento adecuado, para buscar cepas más adaptadas al estiércol avícola. Esto con el objetivo de reducir la dependencia del EM comercial y potenciar la autonomía local en la producción de bioinsumos.
4. A las universidades y centros de investigación agraria, profundizar en el estudio de la interacción entre aditivos orgánicos y microorganismos eficientes en distintos contextos edafoclimáticos, generando evidencia científica que respalde el desarrollo de tecnologías biofertilizantes adaptadas a cultivos locales y de alto valor comercial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul, N., Hamzah, N., Mohd, S., Zainuddin, N., Mohamed, I., Ab Wahid, M., Mohd, Z., y Komari, M. (2024). Performance of Effective Microorganism (EM) in Food Waste Composting and Their Association with Seed Germination on Kale Seed. *Jurnal Kejuruteraan*, 36(4), 1711–1721. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2024-36\(4\)-33](https://doi.org/10.17576/jkukm-2024-36(4)-33)
- Adamu, G., Hassim, H. A., Kumar, P., Sazili, A. Q., y Mohd Zainudin, M. H. (2024). Controlling odour emissions in poultry production through dietary interventions: prospects and challenges. *World's Poultry Science Journal*, 80(4), 1101–1122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00439339.2024.2384868>
- Addeo, N., Nocera, F., Toscanesi, M., Trifuoggi, M., Bovera, F., De Martino, L., y De Prisco, R. (2023a). On effect of poultry manure treatment with Effective Microorganisms with or without zeolite. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(39), 91189–91198. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28793-2>
- Addeo, N., Nocera, F., Toscanesi, M., Trifuoggi, M., Bovera, F., De Martino, L., y De Prisco, R. (2023b). On effect of poultry manure treatment with Effective Microorganisms with or without zeolite. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(39), 91189–91198. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28793-2>
- Agaba, J., Osiru, D., y Ndizihwe, D. (2023). Effect of Different Poultry Manure on the Performance of Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* mill). *American Journal of Agriculture*, 5(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.47672/aja.1315>
- Akhil, A., Singh, K., Maurya, B., Vikram, S., y Anshul, A. (2022). Effect of organic manure and inorganic fertilizer on growth, yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.). *International Journal of Pharmacognosy and Pharmaceutical Sciences*, 4(1), 63–65. <https://doi.org/10.33545/27067009.2022.v4.i1a.54>
- Ali, M., Youssef, T., Aly, M., y Abuzaid, A. (2021). Application of effective microorganisms technology on dairy wastewater treatment for irrigation purposes. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 8(4), 2917–2923. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2021.084.2917>
- Arevalo, J. (2024). *Determinación de biomasa del frijol boca negra, con aplicación de compost de residuos sólidos domésticos de Las Palmas, Tarapoto, 2024* [Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/166524/Arevalo_PJ-M-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias, J., y Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación* (1st ed.). https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf

- Baishya, A., Sorathiya, L., Barot, B., Rathwa, A., Gadhvi, D., y T.K.S.Rao. (2025). Poultry Waste Utilisation: A Nutrient-Rich Organic Resource for Sustainable Agriculture. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 25(6), 42–49. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2025/v25i6629>
- Bernales, R., y Revilla, V. (2021). *Producción de compost a partir de estiércol de gallina de postura, mediante dosis de microorganismos eficaces, Tarapoto* [Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/80828/Bernales_MR-Revilla_MVH-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Casinillo, L., Abapo, A., Martinez, S., Milleza, K., y Remoto, M. (2024). Effects of Eggshells and Wood Ashes as Organic Fertilizers on the Growth Performance of Scallions (*Allium fistulosum* L.). *Journal of Science and Mathematics Letters*, 12(1), 18–26. <https://doi.org/10.37134/jsml.vol12.1.3.2024>
- Cerquera, D., y Diaz, M. (2024). *Valorización de los residuos sólidos orgánicos mediante compostaje con microorganismos eficaces en modalidad semipresencial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, Filial Rioja: Nueva Cajamarca* [Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://repositorio.ucss.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/7728061d-5044-497a-874c-dac833ef109b/content>
- Chandra, R., y Yadav, S. (2016). The Use of PMDE with Sugar Industries Pressmud for Composting: A Green Technology for Safe Disposal in the Environment. In *Environmental Waste Management* (pp. 15–46). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19243-5>
- Da Silva, P., Cavalcante, V., Dos Santos, J., Dos Santos, J., y Dos Santos, J. (2014). Quantitative analysis of chives irrigated with saline wate. *Comunicata Scientiae*, 5, 241–251. <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/b0fba158-0bca-478b-897d-a7ea6084ae8b>
- Dani, U., Budiarti, A., y Wijaya, A. (2021). Application of Chicken manure Dosage and Plant Growth Promoting Rhizobacetría on the Growth and Yield of Shallot Plants (*Allium ascalonicum* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 748(1), 012044. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/748/1/012044>
- De Gisi, S., Todaro, F., Fedele, G., Carella, C., y Notarnicola, M. (2018). Alternating pure oxygen and air cycles for the biostabilization of unsorted fraction of municipal solid waste. *Waste Management*, 79, 404–414. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.011>
- Devi, P., Kumar, P., y Singh, J. (2024). Application of potential microbes in bioremediation. In *Development in Waste Water Treatment Research and*

- Processes* (pp. 201–225). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13609-2.00021-5>
- Drózdź, D., Wystalska, K., Malińska, K., Grosser, A., Grobelak, A., y Kacprzak, M. (2020). Management of poultry manure in Poland – Current state and future perspectives. *Journal of Environmental Management*, 264. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110327>
- Emadian, S., Kuzulcan, M., Küçüker, M., Demirel, B., y Onay, T. (2020). *Enzymatic Pretreatment of Chicken Manure for Improved Biogas Yield* (pp. 357–358). https://doi.org/10.1007/978-3-030-13068-8_89
- Erdaw, M., y Beyene, W. (2022). Trends, prospects and the socio-economic contribution of poultry production in sub-Saharan Africa: a review. *World's Poultry Science Journal*, 78(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00439339.2022.2092437>
- FAO. (2013). *Manual del compostaje del agricultor*. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Fernandes, F. (2024). Experimental design for chemometrics: best practices. In *Chemometrics* (pp. 39–59). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-21493-6.00003-4>
- Gallardo, L., y Sanchez, I. (2023). *Elaboración del compost a partir de excretas de bovino con aplicación de microorganismos eficientes comerciales y naturales en Tarapoto, 2023* [Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/149692>
- Gavrilescu, D., Barjoveanu, G., Apopei, P., Gherghel, A., y Teodosiu, C. (2023). Preliminary performance evaluation for chicken manure treatment and valorization options. *Environmental Engineering and Management Journal*, 22(9), 1535–1545. <https://doi.org/10.30638/eemj.2023.129>
- González, S., Pérez, F., García, E., Leija, P., Medrano, J., Dávila, I., Juárez, A., Rivas, E., y Benavides, A. (2017). Selenium and Sulfur to Produce Allium Functional Crops. *Molecules*, 22(4), 558. <https://doi.org/10.3390/molecules22040558>
- Gržinić, G., Piotrowicz, A., Klimkowicz, A., Górný, R., Ławniczek, A., Piechowicz, L., Olkowska, E., Potrykus, M., Tankiewicz, M., Krupka, M., Siebielec, G., y Wolska, L. (2023). Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Science of The Total Environment*, 858, 160014. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160014>
- Gunawan, V., Bin Shamsuddin, M., Bin Mat Isa, N., y Bin Julaihi, M. (2020). Performance analysis of effective microorganisms on chicken manure composting. *Science, Engineering and Health Studies*, 14(2), 132–140. <https://doi.org/10.14456/sehs.2020.12>

- Hernandez, R., Fernandez, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación Científica* (Mc Graw Hill/Interamericana, Ed.; 6ta ed.). <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Hidalgo, D., Corona, F., y Martín, J. (2022). Manure biostabilization by effective microorganisms as a way to improve its agronomic value. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12(10), 4649–4664. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02428-x>
- Kayat, F., Mohammed, A., y Ibrahim, A. (2021). Spring Onion (*Allium fistulosum* L.) Breeding Strategies. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops* (pp. 135–182). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66969-0_4
- Kozyr, D. (2024). Aspects of thermal utilization of organic poultry waste. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University Geo Assets Engineering*, 335(8), 187–196. <https://doi.org/10.18799/24131830/2024/8/4494>
- Kumari, S. (2024). Review of ichthyological studies of poultry manure and its impacts on fish growth and water quality. *Acta Entomology and Zoology*, 5(1), 77–79.
- Laza, E., Cristea, O., y Ungureanu, N. (2021). Technology for biohumus production, an alternative to conventional fertilizers for bio agriculture. *E3S Web of Conferences*, 286, 03014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128603014>
- Mamani, R. (2023). *Influencia de abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces en el rendimiento de cebolla roja (allium cepa l.) var. Ilabaya* [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. <https://repositorio.unjbg.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7fe77253-640a-4b02-a422-6791dcaa6b6d/content>
- Manogaran, D., Shamsuddin, R., Mohd, M., Lay, M., y Siyal, A. (2022). A review on treatment processes of chicken manure. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 2, 100013. <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2022.100013>
- Manogaran, M., Shamsuddin, M., Mohd, Y., y Lay, M. (2022). An Overview on Available Treatment Processes of Poultry Manure in Malaysia. *II international scientific forum on computer and energy sciences (WFCES-II 2021)*. <https://doi.org/10.1063/5.0099555>
- Mejía, Y. (2024). *Niveles de gallinaza, fertilización N-P-K y microorganismos eficientes en el rendimiento de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) comunidad de Casaorcco - Carmen Alto (3300 msnm) - Ayacucho* [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/332bf50a-899c-4875-a483-d7d3cab36780/content>

- Moore, P., Daniel, T., Sharpley, A., y Wood, C. (1995). Poultry manure management: Environmentally sound options. *Journal of Soil and Water Conservation*, 50(3), 321–327. <https://doi.org/10.1080/00224561.1995.12456969>
- Moreno, M., Santin, D., Wendling, I., y Benedetti, E. (2022). Poultry manure increases soil fertility, growth and nutritional status of yerba mate seedlings. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 137–148. <https://doi.org/10.22490/21456453.5388>
- Ogaji, S., Watako, A., Nyongesah, J., y Bulli, P. (2022). Effects of Cricket Frass Biofertilizer on Growth of Spring Onion (*Allium Fistulosum* L.) and Physicochemical Properties of Soil. *Journal of Modern Agriculture and Biotechnology*, 1(3), 14. <https://doi.org/10.53964/jmab.2022014>
- Oshins, C., Michel, F., Louis, P., Richard, T., y Rynk, R. (2022). The composting process. In *The Composting Handbook* (pp. 51–101). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85602-7.00008-X>
- Otieno, H., y Mageto, E. (2023). Use of poultry manure as an alternative to inorganic fertilizer: A review of potential human and environmental health risks. *Fundamental and Applied Agriculture*, 8(3), 567. <https://doi.org/10.5455/faa.144232>
- Pacheco, J., Torres, D., Josefina, P., Valera, R., Álvarez, S., y García, Y. (2021). Factores que afectan la calidad de semillas y el potencial productivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). *Acta Agronómica*, 69(4), 314–320. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/acag.v69n4.69401>
- Pérez, Y., Ponce, V., Cobeña, M., y Rivera, V. (2024). Efecto de la fertilización orgánica en plantas de cebolla (*Allium fistulosum* L.) en la comunidad Pilancón. *Nexo Agropecuario*, 12(2), 23–28.
- Perner, H., Schwarz, D., Krumbein, A., Li, X., y George, E. (2007). Influence of nitrogen forms and mycorrhizal colonization on growth and composition of Chinese bunching onion. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(6), 762–768. <https://doi.org/10.1002/jpln.200625103>
- Prabakaran, R., y Valavan, S. (2021). Wealth from poultry waste: an overview. *World's Poultry Science Journal*, 77(2), 389–401. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1901557>
- Qumsani, A. (2024). The contribution of microorganisms to sustainable development: towards a green future through synthetic biology and systems biology. *Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s43994-024-00180-8>
- Raimi, H., Shahrul, N., Ismail, T. N., Ali, R., Shaheed, R., y Yusop, F. (2024). The Influence of Compost Bin Volume and Effective Microorganisms (EM) Quantity for

- Efficient Food Waste Composting. *Journal of Advanced Research in Micro and Nano Engineering*, 16(1), 70–84. <https://doi.org/10.37934/armne.16.1.7084>
- Ramirez, S. (2022). *Purín de Urtica dioica “Ortiga” para mejorar el desarrollo fenológico de Lycopersicon sculentum “tomate” en Santa Rosa de Cocayacu - Rioja* [Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/d2b9b302-80c2-43cc-b256-ee5e200cf5d7/content>
- Ren, Z., Wang, J., Gao, J., Wen, Y., Han, J., Li, X., Li, X., Ma, P., y Zhang, H. (2024). Impacts of thermal hydrolysis on anaerobic digestion and heavy metal risk in chicken and cow manure. *Nongye Gongcheng Xuebao Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 40(4), 254–261. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.202310042>
- Safwat, S., y Matta, M. (2021). Environmental applications of Effective Microorganisms: a review of current knowledge and recommendations for future directions. *Journal of Engineering and Applied Science*, 68(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s44147-021-00049-1>
- Sani, S., Abdulkadir, I., Umar, A., y Gurjar, O. (2024). Assessment of Integrated Poultry Manure and Synthetic Fertilizer Effects on Maize (*Zea mays*) Growth and Soil Properties: A Study from Bayero University, Kano. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 9(5). <https://doi.org/https://doi.org/10.38124/ijisrt/ijisrt24may1434>
- Semenov, M., Zhelezova, A., Ksenofontova, N., Ivanova, E., y Nikitin, D. (2023). Chicken manure as an organic fertilizer: composting technologies and impact on soil properties (a review). *Bulleten' Pochvennogo Instituta Imeni V.V. Dokuchaeva*, 115, 160–198. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2023-115-160-198>
- Sharma, A., Sharma, R., Arora, A., Shah, R., Singh, A., Pranaw, K., y Nain, L. (2014). Insights into rapid composting of paddy straw augmented with efficient microorganism consortium. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 3(2), 54. <https://doi.org/10.1007/s40093-014-0054-2>
- Showler, A. (2022). Effects of compost on onion quality, yield, and thrips infestation. *Environmental Systems Research*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40068-022-00268-2>
- Sosa, C. (2022). *Propuesta de instalación de una planta productora de compost a partir de plumas de pollo en Lambayeque* [Universidad Santo Toribio de Mogrovejo]. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5093/1/TL_SosaRondoyCecilia.pdf

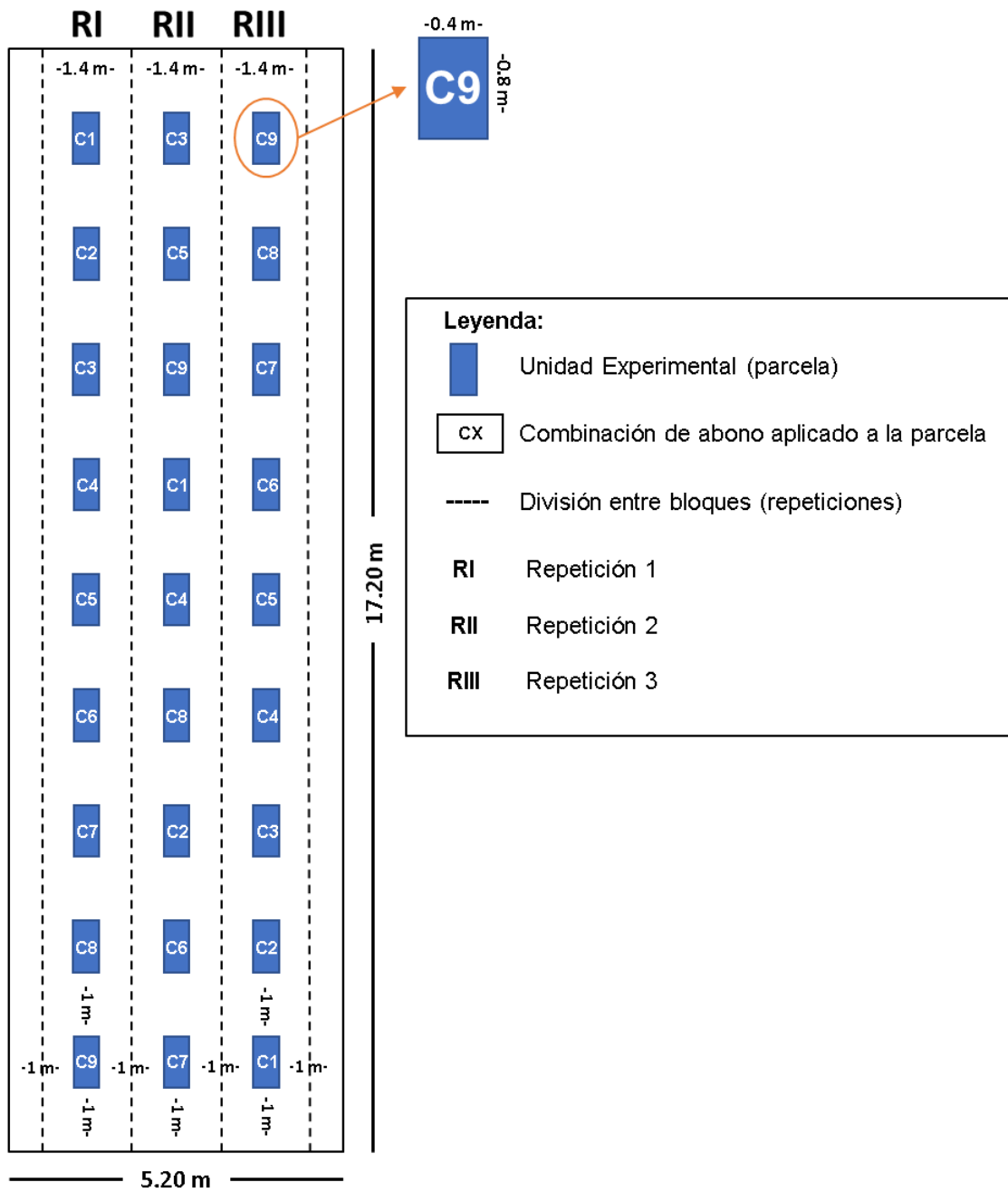
- Tabassum, A., Reitz, S., Rogers, P., y Pappu, H. (2016). First report of Iris yellow spot virus infecting green onion (*Allium fistulosum*) in the United States. *Plant Disease*, 100(12), 2539–2539. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-16-0599-PDN>
- Vargas, L. (2024). *Efecto de la aplicación de gallinaza con microorganismos eficientes (EM) sobre la productividad del maní (Arachis hypogaea L.) variedad rojo en la CCNN. Santa Rosa de Dinamarca distrito de Masisea* [Universidad Nacional de Ucayali]. <https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5f0f1c29-a053-432f-8169-f36eea35b0fe/content>
- Xu, P., Shen, Y., Ding, J., Meng, H., y Zhang, P. (2020). Slurry manure collection and design of storage system on scaled pig farms. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 36(9), 255–262. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2020.09.029>
- Yabar, P. (2023). *Efecto de tres fuentes orgánicas procesadas con microorganismos eficaces sobre el rendimiento de cebolla china (Allium fistulosum L.) en un inceptisol de Pucallpa* [Universidad Nacional de Ucayali]. <https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c6b43e0a-c081-4199-8b8b-56d4f2c30dda/content>
- Zhang, L., Ren, J., y Bai, W. (2023). A Review of Poultry Waste-to-Wealth: Technological Progress, Modeling and Simulation Studies, and Economic- Environmental and Social Sustainability. *Sustainability*, 15(7). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su15075620>
- Zhao, C., Wang, Z., Cui, R., Su, L., Sun, X., Borrás, O., Li, K., Wei, J., Yue, Q., y Zhao, L. (2021). Effects of nitrogen application on phytochemical component levels and anticancer and antioxidant activities of *Allium fistulosum*. *PeerJ*, 9, e11706. <https://doi.org/10.7717/peerj.11706>

ANEXOS

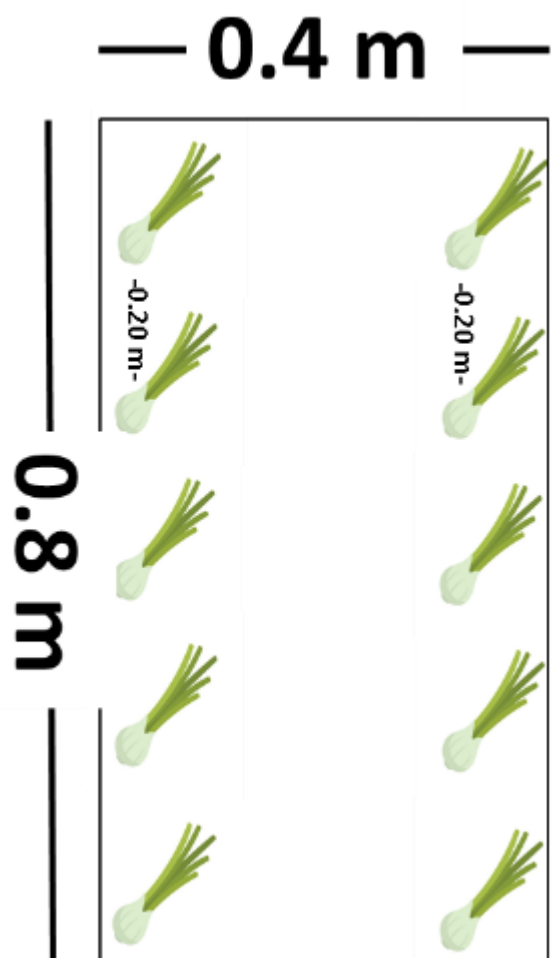
Anexo 1: Mapa de ubicación del área de estudio



Anexo 2: Bosquejo del diseño experimental del compostaje



Anexo 3: Distribución de plantas por unidad experimental



Anexo 4: Ficha de registro de combinaciones

FICHA DE REGISTRO DE COMBINACIONES				
Fecha de inicio:	02/03/2025	Hora:	11:36 a. m.	
NÚMERO DE COMBINACIÓN	PROPORCIÓN 50:50 (Kg)		DOSIS DE EM	TRATAMIENTO
	TIPO DE ESTIÉRCOL	ADITIVO		
1	AVÍCOLA	PAJA DE ARROZ	EM2	T1
2	AVÍCOLA	ASERRÍN	EM2	T2
3	AVÍCOLA	VIRUTA DE MADERA	EM2	T3
4	AVÍCOLA	PAJA DE ARROZ	EM1	T4
5	AVÍCOLA	ASERRÍN	EM1	T5
6	AVÍCOLA	VIRUTA DE MADERA	EM1	T6
7	AVÍCOLA	PAJA DE ARROZ	EM0	T7
8	AVÍCOLA	ASERRÍN	EM0	T8
9	AVÍCOLA	VIRUTA DE MADERA	EM0	T9

Anexo 5: Ficha de recolección de datos de temperatura (°C) y pH

Ficha de recolección de datos de temperatura (°C) y pH																				
Tratamientos			T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
Monitoreo			°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH
Volteo	Fecha	Días																		
	02/03/2025	1	31.5	8.2	31.2	8.3	31.4	8.2	31	8.1	30.7	8	30.8	8.1	30.8	8.5	30.5	8.4	31.2	8.5
	03/03/2025	2	32	8.1	31.8	8.2	32.2	8.1	31.5	8	31.2	7.9	31.3	8	31.5	8.4	31.1	8.3	31.8	8.4
	04/03/2025	3	33.5	8	33.2	8.1	33.8	8	32.5	7.9	32.2	7.8	32.7	7.9	32.2	8.3	31.8	8.2	32.5	8.3
	05/03/2025	4	35	7.9	34.8	8	35.5	7.9	33.5	7.8	33.2	7.7	33.8	7.8	33.5	8.2	33	8.1	33.8	8.2
	06/03/2025	5	36.5	7.8	36.2	7.9	37.1	7.8	34.5	7.7	34	7.6	34.8	7.7	34.8	8.1	34.3	8	35.1	8.1
	07/03/2025	6	38	7.9	37.8	8	38.5	7.9	36.5	7.8	36	7.7	36.8	7.8	35.8	8.1	35.3	8	36.1	8.1
X	08/03/2025	7	40	8	39.5	8.1	40.8	8	38.5	7.9	38	7.8	38.8	7.9	37.2	8	36.8	7.9	37.5	8
	09/03/2025	8	42	8.1	41.5	8.2	42.8	8.1	40.5	8	40	7.9	41	8	38.5	8	38.1	7.9	39	8
	10/03/2025	9	44.5	8.2	43.8	8.3	45.5	8.2	42	8.1	41.5	8	42.5	8.1	40	8	39.5	8	41	8
	11/03/2025	10	47	8.3	46.5	8.4	48	8.3	44	8.2	43.5	8.1	44.5	8.2	41.5	8	41	8	42.5	8
	12/03/2025	11	49.5	8.4	49	8.5	50.5	8.4	46	8.3	45.5	8.2	46.5	8.3	43	8	42.5	8	44	8
	13/03/2025	12	52	8.5	51.5	8.6	53	8.5	48	8.4	47.5	8.3	48.5	8.4	44.5	8	44	8	45.5	8
	14/03/2025	13	55	8.6	54.5	8.6	56	8.5	50.5	8.5	50	8.4	51	8.5	45.5	8.1	45	8.1	46.5	8.1
X	15/03/2025	14	57.5	8.6	57	8.5	58.5	8.5	53	8.6	52.5	8.5	53.5	8.6	46.5	8.1	46	8.1	47.5	8.1
	16/03/2025	15	60	8.5	59.5	8.4	61	8.4	55.5	8.7	55	8.6	56	8.7	47.5	8.1	47	8.1	48.5	8.1
	17/03/2025	16	62	8.5	61.5	8.4	63	8.4	58	8.7	57.5	8.6	58.5	8.7	48.5	8.1	48	8.1	49.5	8.1
	18/03/2025	17	61	8.4	60.5	8.3	62	8.3	59.5	8.6	59	8.5	60	8.6	49	8.2	48.5	8.2	50	8.2

Ficha de recolección de datos de temperatura (°C) y pH																				
Tratamientos			T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
Monitoreo			°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH
Volteo	Fecha	Días																		
	19/03/2025	18	59.5	8.3	58	8.2	60	8.2	57.5	8.5	57	8.4	58	8.5	49.5	8.2	49	8.2	50.5	8.2
	20/03/2025	19	56.5	8.2	55	8.1	57.5	8.1	54.5	8.4	54	8.3	55	8.4	49.8	8.1	49.3	8.1	50.2	8.1
	21/03/2025	20	53	8.1	51.5	8	53.5	8	51.5	8.3	51	8.2	52	8.3	50	8.1	49.5	8.1	50.5	8.1
X	22/03/2025	21	49	8	47.5	7.9	49.5	7.9	47.5	8.2	47	8.1	48	8.2	50.2	8	49.8	8	50.8	8
	23/03/2025	22	46	7.9	44.5	7.8	46.5	7.8	44.5	8.1	44	8	45	8.1	50	8	49.5	8	50.5	8
	24/03/2025	23	43	7.8	41.5	7.7	43.5	7.7	41.5	8	41	7.9	42	8	49.5	7.9	49	7.9	50	7.9
	25/03/2025	24	40	7.7	38.5	7.6	40.5	7.6	38.5	7.9	38	7.8	39	7.9	48	7.9	47.5	7.8	48.5	7.9
	26/03/2025	25	37.5	7.6	36	7.5	38	7.5	36	7.8	35.5	7.7	36.5	7.8	46.5	7.8	46	7.8	47	7.8
	27/03/2025	26	35	7.5	33.5	7.4	35.5	7.4	33.5	7.7	33	7.6	34	7.7	45	7.7	44.5	7.7	45.5	7.7
	28/03/2025	27	33.5	7.4	32	7.3	34	7.3	32	7.6	31.5	7.5	32.5	7.6	43.5	7.7	43	7.6	44	7.7
X	29/03/2025	28	32	7.3	30.5	7.2	32.5	7.2	30.5	7.5	30	7.4	31	7.5	42	7.6	41.5	7.6	42.5	7.6
	30/03/2025	29	31	7.2	29.5	7.1	31.5	7.1	29.5	7.4	29	7.3	30	7.4	40.5	7.6	40	7.5	41	7.6
	31/03/2025	30	30	7.2	28.5	7.1	30.5	7.1	28.5	7.3	28	7.2	29	7.3	39	7.5	38.5	7.5	39.5	7.5
	01/04/2025	31	29.5	7.1	28	7	30	7	28	7.2	27.5	7.1	28.5	7.2	38	7.5	37.5	7.4	38.5	7.5
	02/04/2025	32	29	7.1	27.5	7	29.5	7	27.5	7.1	27	7.1	28	7.1	37	7.5	36.5	7.4	37.5	7.5
	03/04/2025	33	28.5	7	27	6.9	29	6.9	27	7.1	26.5	7	27.5	7.1	36	7.4	35.5	7.4	36.5	7.4
	04/04/2025	34	28	7	26.5	6.9	28.5	6.9	26.5	7	26	6.9	27	7	35	7.4	34.5	7.3	35.5	7.4
X	05/04/2025	35	27.8	7	26.3	6.9	28.3	6.9	26.3	7	25.8	6.9	26.8	7	34.5	7.4	34	7.3	35	7.3

Ficha de recolección de datos de temperatura (°C) y pH																				
Tratamientos			T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
Monitoreo			°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH
Volteo	Fecha	Días																		
	06/04/2025	36	27.5	7	26	6.8	28	6.8	26	7	25.5	6.9	26.5	7	34	7.3	33.5	7.2	34.5	7.3
	07/04/2025	37	27.3	7	25.8	6.8	27.8	6.8	25.8	7	25.3	6.9	26.3	6.9	33.5	7.3	33	7.2	34	7.3
	08/04/2025	38	27	6.9	25.5	6.8	27.5	6.8	25.5	6.9	25	6.8	26	6.9	33	7.2	32.5	7.1	33.5	7.2
	09/04/2025	39	26.7	6.9	25.3	6.8	27.2	6.8	25.2	6.9	24.7	6.8	25.7	6.9	32.5	7.2	32	7.1	33	7.2
	10/04/2025	40	26.5	6.9	25.1	6.8	27	6.8	25	6.9	24.5	6.8	25.5	6.8	32	7.2	31.5	7.1	32.5	7.1
	11/04/2025	41	26.3	6.9	24.9	6.7	26.8	6.7	24.8	6.8	24.3	6.8	25.3	6.8	31.5	7.1	31	7	32	7.1
X	12/04/2025	42	26	6.8	24.7	6.7	26.5	6.7	24.5	6.8	24	6.7	25	6.8	31	7.1	30.5	7	31.5	7
	13/04/2025	43	25.8	6.8	24.5	6.7	26.3	6.7	24.3	6.8	23.8	6.7	24.8	6.7	30.5	7.1	30	7	31	7
	14/04/2025	44	25.5	6.8	24.3	6.7	26	6.7	24	6.7	23.5	6.7	24.5	6.7	30	7	29.5	6.9	30.5	7
	15/04/2025	45	25.3	6.8	24.1	6.6	25.8	6.6	23.8	6.7	23.3	6.6	24.3	6.6	29.5	7	29	6.9	30	6.9
	16/04/2025	46	25	6.7	23.9	6.6	25.5	6.6	23.5	6.6	23	6.6	24	6.6	29	7	28.5	6.9	29.5	6.9
	17/04/2025	47	24.8	6.7	23.7	6.6	25.3	6.6	23.3	6.6	22.8	6.5	23.8	6.6	28.5	6.9	28	6.8	29	6.8
	18/04/2025	48	24.5	6.7	23.5	6.6	25	6.6	23	6.6	22.5	6.5	23.5	6.6	28	6.9	27.5	6.8	28.5	6.8
X	19/04/2025	49	24.3	6.7	23.3	6.5	24.8	6.5	22.8	6.5	22.3	6.5	23.3	6.5	27.5	6.8	27	6.8	28	6.8
	20/04/2025	50	24.1	6.6	23.1	6.5	24.6	6.5	22.6	6.5	22.1	6.5	23.1	6.5	27	6.8	26.5	6.7	27.5	6.7
	21/04/2025	51	23.9	6.6	22.9	6.5	24.4	6.5	22.4	6.5	21.9	6.4	22.9	6.4	26.8	6.8	26.3	6.7	27.3	6.7
	22/04/2025	52	23.7	6.6	22.7	6.4	24.2	6.4	22.2	6.4	21.7	6.4	22.7	6.4	26.5	6.7	26	6.7	27	6.7
	23/04/2025	53	23.5	6.6	22.5	6.4	24	6.4	22	6.4	21.5	6.3	22.5	6.3	26.3	6.7	25.8	6.6	26.8	6.6

Ficha de recolección de datos de temperatura (°C) y pH																				
Tratamientos			T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
Monitoreo			°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH	°T	pH
Volteo	Fecha	Días																		
	24/04/2025	54	23.3	6.5	22.3	6.4	23.8	6.4	21.8	6.3	21.3	6.3	22.3	6.3	26	6.7	25.5	6.6	26.5	6.6
	25/04/2025	55	23.1	6.5	22.1	6.3	23.6	6.3	21.6	6.3	21.1	6.3	22.1	6.3	25.8	6.6	25.3	6.6	26.3	6.6
X	26/04/2025	56	22.9	6.5	21.9	6.3	23.4	6.3	21.4	6.3	20.9	6.2	21.9	6.2	25.5	6.6	25	6.6	26	6.6
	27/04/2025	57	22.7	6.4	21.7	6.3	23.2	6.3	21.2	6.2	20.7	6.2	21.7	6.2	25.3	6.6	24.8	6.5	25.8	6.5
	28/04/2025	58	22.5	6.4	21.5	6.2	23	6.2	21	6.2	20.5	6.2	21.5	6.2	25	6.5	24.5	6.5	25.5	6.5
	29/04/2025	59	22.3	6.4	21.3	6.2	22.8	6.2	20.8	6.1	20.3	6.1	21.3	6.1	24.8	6.5	24.3	6.5	25.3	6.5
X	30/04/2025	60	22.1	6.4	21.1	6.1	22.6	6.1	20.6	6.1	20.1	6.1	21.1	6.1	24.5	6.5	24	6.4	25	6.4

Anexo 6: Ficha de recolección de datos del cultivo *Allium Fistulosum*

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM													
Tratamiento	N° de planta	Bloque 1				Bloque 2				Bloque 3			
		Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)	Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)	Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)
T1	1	42.1	21	6.9	23	42.6	23	5.8	21	40.7	23	8.2	21
	2	40.6	21	8.3	22	38.1	19	5.3	22	39.5	20	7.3	22
	3	40.2	24	5.3	21	41.8	18	6.4	21	40	24	6.1	26
	4	41.6	18	4	21	39.8	24	7.5	22	39.7	21	5.4	19
	5	39.1	23	4.6	20	39.4	21	6.5	23	41.7	23	6	21
	6	44	21	6.1	19	40.1	21	4.3	20	38.3	20	5.4	20
	7	40	22	4.2	22	42.7	27	5.9	22	40.8	23	8.8	21
	8	39.9	21	5.1	23	41.8	19	6.5	23	41.6	22	4	21
	9	41.1	18	7.2	20	41	28	4.1	22	41.2	32	5.7	21
	10	41.5	18	4.5	21	41.3	21	6.1	19	41	18	7.7	22
T2	1	30.9	18	4	13	27.4	19	6	14	30.1	18	5.9	16
	2	30.5	24	6.4	14	31.3	18	5.5	17	26.6	18	5	19
	3	29.6	18	4	16	28.9	18	4	14	30.4	31	5.1	24
	4	27.2	18	4	17	29.2	17	4.7	16	21.3	18	4.2	16
	5	27.8	17	4.2	14	29.4	21	4	18	27.8	17	4	15
	6	29.8	19	5.5	15	30.6	19	5.5	16	34	21	5.3	26
	7	29	21	4	14	28.9	18	4.3	15	28.4	18	4.4	19
	8	30.4	19	4.3	16	27.7	16	5	17	27.9	18	4	16
	9	28	18	4	14	29.8	18	4	16	29.5	23	7.5	17
	10	33.1	19	4.6	16	27.6	17	4.3	14	25.3	18	4.3	19
T3	1	43	23	7.2	24	44.9	26	8.9	21	44.8	26	5.2	25

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM													
Tratamiento	N° de planta	Bloque 1				Bloque 2				Bloque 3			
		Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)	Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)	Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)
	2	42.2	22	5.8	22	48.9	18	6.2	24	42.6	19	8.2	24
	3	48.2	25	4.6	24	45.2	21	6.2	22	45.9	26	6.5	22
	4	48.9	28	5.2	26	43.5	27	7	22	44.8	21	7.9	23
	5	47.2	21	7.1	24	46.4	25	7.7	24	43	22	7.1	22
	6	42.8	24	4	22	43	22	7.6	24	43	25	6.8	22
	7	44.1	19	8.9	21	44.6	24	8.4	22	43.7	25	4.3	21
	8	43.7	24	8.6	21	45.7	23	6.1	24	43.2	23	6.9	25
	9	47	24	5	26	46.3	27	8.4	23	46.3	23	6.4	22
	10	45	21	6.6	23	46	23	7	23	44.6	23	7	22
	T4	1	50.4	32	7	26	46.1	24	7.2	25	50.1	26	4.1
2		50.7	25	7.5	25	48.4	29	5.6	25	46.7	29	7.7	24
3		49.5	23	7.2	26	49.6	28	8.2	24	48.3	22	7.1	26
4		52.2	30	10.4	24	46.3	31	7.7	24	47.4	28	6.4	24
5		51.1	27	10.4	24	52.4	27	8.9	25	49.1	22	6.3	24
6		47.6	24	4	25	53.4	33	6.8	27	53.3	26	6.1	26
7		47.8	27	7.7	28	50.6	32	5.7	26	49.1	25	8.1	26
8		51.2	24	5.8	26	51.4	19	5.4	23	48.3	24	6.7	23
9		46.7	34	8.9	25	48.8	29	9.4	25	46.3	32	9.6	25
10		45.9	32	7	27	52.6	21	4.6	25	50.5	28	11.8	27
T5	1	50.2	23	4.9	26	47.2	29	6.3	27	51.1	35	8.6	26
	2	49	21	6.4	25	49	20	4.9	26	52.9	25	4.3	25
	3	53.9	30	7.3	28	51	23	8.3	24	46.8	26	7.4	28
	4	50.7	24	9.6	27	50.4	22	6.3	26	51.2	26	8.6	23

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM														
Tratamiento	N° de planta	Bloque 1				Bloque 2				Bloque 3				
		Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)	Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)	Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)	
	5	48.4	26	6	24	48.8	25	8.8	25	51	30	5.1	27	
	6	52.4	35	5.2	27	52.2	22	8.1	28	51.2	25	8.3	29	
	7	49.2	25	6.4	25	45.6	24	8.2	26	50.9	28	6.6	25	
	8	50.6	24	7.7	26	51.2	25	7.5	26	52.2	24	7.4	25	
	9	50	23	6.5	27	52.8	28	7.8	25	51.5	28	8.9	25	
	10	51.5	23	7.5	27	49.5	25	7.9	25	50	23	6.7	26	
	T6	1	56.7	26	9.3	30	54.5	36	7.6	27	56.6	25	7.2	29
		2	56	37	6.8	27	54.7	28	4	28	52.8	32	7.6	28
		3	51.6	35	9	28	54.7	32	10.8	30	56.6	31	7.5	30
		4	55.8	25	11.7	29	54.7	25	11.9	28	53	32	8.9	28
5		55.4	32	8.7	29	55.2	29	8.3	28	55.9	24	9.4	28	
6		53.6	31	10.8	30	54.1	27	8	28	54.2	34	6.9	27	
7		58.4	27	6.5	28	53.8	30	7.6	30	52.1	32	6.1	30	
8		55.3	34	5.5	30	49.9	34	9.9	26	51	36	8.3	28	
9		54.9	28	6.5	26	54.5	28	5.9	27	54.1	31	7.9	30	
10		56.8	30	6.1	27	53	37	9.4	30	55.4	30	7.5	28	
T7	1	42.9	18	4.1	23	41.1	23	10	22	44.2	20	6.3	21	
	2	42.6	22	6.2	22	44.6	20	6.1	24	41.4	21	6.5	21	
	3	41.2	19	6.4	21	41	30	7.2	21	44.8	19	5.9	21	
	4	43.1	18	7.7	22	43.5	26	7.1	20	45.2	23	7.7	20	
	5	42.8	26	8.6	23	40.8	21	6	22	42.8	26	6.3	23	
	6	38.6	18	5.2	22	42.6	18	6.7	22	41.2	28	9.6	21	
	7	43.3	20	6.4	21	43.4	27	7.4	22	41.4	28	8.5	21	
	8	41.1	18	4.7	20	42.1	18	6.8	22	41.4	21	4.1	21	
	9	40.3	27	4.7	25	42.8	18	4.5	23	40.3	19	6.1	22	

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM													
Tratamiento	N° de planta	Bloque 1				Bloque 2				Bloque 3			
		Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)	Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)	Altura (cm)	N°Hojas (und)	Diam. Bulbo (cm)	Peso Fresco (g)
	10	43.3	23	4.8	23	42.2	25	6.2	22	45.4	18	7.6	21
T8	1	48.1	28	5.3	25	53.2	24	6.2	26	50.3	22	7.2	24
	2	48.5	28	7.4	28	49.5	33	7.9	24	50.5	20	6.1	25
	3	46.9	24	6	24	49.3	30	8.2	25	51.3	25	6.2	27
	4	46.9	30	9.1	24	50.3	30	9.1	26	45.3	18	7.6	24
	5	46.5	28	6.2	25	47.8	26	8.8	24	46.1	29	7.3	24
	6	48.6	20	9.3	27	48.9	24	7	26	45.6	29	8	25
	7	46.9	24	7.4	25	48.5	26	4.9	26	51.8	21	4.7	24
	8	49.5	34	6.7	24	49.4	34	6.5	25	48.1	27	6.6	25
	9	45.4	23	6.9	27	48.7	32	6.8	25	45.7	31	6.9	26
	10	47.1	27	7	26	49.4	26	6.3	25	48.8	27	7.8	25
T9	1	44.7	28	6.6	23	46.3	27	6.4	22	46.8	21	7.9	22
	2	43.3	29	5.3	24	44.9	25	7.6	23	43.1	27	7.3	20
	3	43.4	18	6.5	22	45.6	21	8.3	23	46.4	29	5.4	23
	4	45.1	21	5.6	20	47.6	20	8.9	23	44.4	24	5.5	22
	5	42.6	18	4	23	42.2	21	5.8	23	43.4	28	7.1	22
	6	45	25	4.9	22	44.5	21	6.3	25	45	18	8	20
	7	43.4	18	8.6	23	46.9	25	6.4	22	42.7	19	4.4	24
	8	43	23	6.6	20	44.7	19	5.9	20	42.5	25	6.2	23
	9	43	20	4.8	22	44.3	26	5.6	24	43.6	18	7.8	22
	10	47.1	26	5.4	23	41	18	6.6	24	40.3	21	8.6	23

Anexo 7: Ficha de recolección de datos del índice de emergencia

INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL
			C1_RI				C1_RII				C1_RIII
Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia
1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1
2	6	7	3	2	1	3	0.5	2	1	2	0.5
3	2	9	0.666666667	3	1	4	0.333333333	3	1	3	0.333333333
4	1	10	0.25	4	0	4	0	4	2	5	0.5
5	0	10	0	5	4	8	0.8	5	2	7	0.4
6	0	10	0	6	2	10	0.333333333	6	1	8	0.166666667
7	0	10	0	7	0	10	0	7	2	10	0.285714286
INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL
			C2_RI				C2_RII				C2_RIII
Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia
1	0	0	0	1	1	1	1	1	5	5	5
2	1	1	0.5	2	0	1	0	2	1	6	0.5
3	1	2	0.333333333	3	1	2	0.333333333	3	0	6	0
4	2	4	0.5	4	0	2	0	4	2	8	0.5
5	3	7	0.6	5	0	2	0	5	1	9	0.2
6	1	8	0.166666667	6	4	6	0.666666667	6	0	9	0
7	2	10	0.285714286	7	4	10	0.571428571	7	1	10	0.142857143
INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL
			C3_RI				C3_RII				C3_RIII

Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia
1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
2	4	4	2	2	2	2	1	2	1	1	0.5
3	1	5	0.333333333	3	1	3	0.333333333	3	0	1	0
4	2	7	0.5	4	2	5	0.5	4	1	2	0.25
5	1	8	0.2	5	2	7	0.4	5	1	3	0.2
6	1	9	0.166666667	6	1	8	0.166666667	6	1	4	0.166666667
7	1	10	0.142857143	7	2	10	0.285714286	7	6	10	0.857142857
INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL
			C4_RI				C4_RII				C4_RIII
Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia
1	1	1	1	1	2	2	2	1	0	0	0
2	0	1	0	2	0	2	0	2	1	1	0.5
3	1	2	0.333333333	3	0	2	0	3	0	1	0
4	0	2	0	4	2	4	0.5	4	6	7	1.5
5	2	4	0.4	5	2	6	0.4	5	2	9	0.4
6	0	4	0	6	2	8	0.333333333	6	1	10	0.166666667
7	6	10	0.857142857	7	2	10	0.285714286	7	0	10	0
INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL
			C5_RI				C5_RII				C5_RIII
Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia
1	1	1	1	1	2	2	2	1	0	0	0
2	1	2	0.5	2	2	4	1	2	0	0	0

3	2	4	0.666666667	3	1	5	0.333333333	3	0	0	0
4	2	6	0.5	4	2	7	0.5	4	2	2	0.5
5	3	9	0.6	5	1	8	0.2	5	1	3	0.2
6	1	10	0.166666667	6	1	9	0.166666667	6	2	5	0.333333333
7	0	10	0	7	1	10	0.142857143	7	5	10	0.714285714
INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL
			C6_RI				C6_RII				C6_RIII
Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia
1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1	1
2	2	3	1	2	1	4	0.5	2	3	4	1.5
3	4	7	1.333333333	3	1	5	0.333333333	3	4	8	1.333333333
4	1	8	0.25	4	2	7	0.5	4	1	9	0.25
5	0	8	0	5	1	8	0.2	5	0	9	0
6	1	9	0.166666667	6	0	8	0	6	0	9	0
7	1	10	0.142857143	7	2	10	0.285714286	7	1	10	0.142857143
INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL
			C7_RI				C7_RII				C7_RIII
Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia
1	3	3	3	1	0	0	0	1	5	5	5
2	5	8	2.5	2	3	3	1.5	2	0	5	0
3	0	8	0	3	0	3	0	3	1	6	0.333333333
4	1	9	0.25	4	1	4	0.25	4	1	7	0.25
5	1	10	0.2	5	1	5	0.2	5	1	8	0.2
6	0	10	0	6	0	5	0	6	0	8	0

7	0	10	0	7	5	10	0.714285714	7	2	10	0.285714286
INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL
			C8_RI				C8_RII				C8_RIII
Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia
1	2	2	2	1	5	5	5	1	2	2	2
2	0	2	0	2	0	5	0	2	2	4	1
3	1	3	0.333333333	3	1	6	0.333333333	3	1	5	0.333333333
4	5	8	1.25	4	2	8	0.5	4	0	5	0
5	1	9	0.2	5	0	8	0	5	4	9	0.8
6	0	9	0	6	1	9	0.166666667	6	1	10	0.166666667
7	1	10	0.142857143	7	1	10	0.142857143	7	0	10	0
INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL	INDICE DE EMERGENCIA CULTIVO ALLIUM FISTULOSUM			UNIDAD EXPERIMENTAL
			C9_RI				C9_RII				C9_RIII
Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia	Día	N° de Plántulas Emergidas	N° de Plántulas Acumuladas	Índice de Emergencia
1	0	0	0	1	0	0	0	1	3	3	3
2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	5	1
3	2	4	0.666666667	3	1	3	0.333333333	3	0	5	0
4	0	4	0	4	6	9	1.5	4	1	6	0.25
5	2	6	0.4	5	0	9	0	5	2	8	0.4
6	1	7	0.166666667	6	1	10	0.166666667	6	1	9	0.166666667
7	3	10	0.428571429	7	0	10	0	7	1	10	0.142857143

Anexo 8: Ficha de registro de temperatura interna (°C) de cada parcela

FICHA DE REGISTRO DE TEMPERATURA INTERNA (°T) DE CADA PARCELA																														
Tratamientos	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8			T9					
Día	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	22.2	23.1	22.9	22.5	23.5	24	22	24.4	22.7	22.5	23.5	22.8	22.7	23.7	22.8	22.7	23.6	23.7	21.8	23.8	22.7	21.8	22.5	22.8	22.4	23.7	22.3			
2	22.9	22.6	22.5	23.2	24.1	23.7	22.6	22.9	22.5	22.1	23.6	22.9	23.5	23.4	23.3	21.6	23.6	24.2	22.6	23.3	22.9	23	22.9	22.6	21.6	23.5	23			
3	22.9	23.1	22.1	22.9	22.7	23.8	21.4	22.7	23.6	22.5	23.5	22.7	23.1	23.4	23	22.2	23.4	24.1	22.4	23.4	21.3	22.2	23	22.7	22.7	22.5	22.1			
4	23.3	23.7	21.9	22.1	24.2	24.1	22.5	23.5	22.2	23.4	22.8	21.7	23.6	23.5	23.5	21.8	23.1	23	22	23.5	22.2	21.6	23.5	21.8	21.8	22.2	21.7			
5	22.5	22.9	22.4	22.9	23	23.4	22	23.8	21.9	22.8	22.7	22.1	23.4	23.8	23.5	22.7	23.3	24.5	22.8	23.4	22.8	22.9	22.8	21.5	22.1	22.8	21.5			
6	22.5	23.7	21.5	23	22.7	24.8	21.4	23.6	23.3	22.2	24.3	22.6	22	23.4	23.7	21.4	23.2	24.4	22.2	23.2	21.2	24	22.5	22.9	21.3	21.9	22.1			
7	22.5	21.6	22.3	22.3	23.2	23.3	22.6	22.5	22.9	22.9	23.5	21.7	23	24.3	22.8	21.9	24.6	23.4	22.6	23.1	22.2	22.7	23.7	22	22.4	22.9	21.9			
8	22.3	23.4	21.6	22.8	24.3	23.2	21.2	23.5	22.9	22.1	23.4	22.7	23.3	23.2	23.2	22.3	23.4	23.9	21.8	23	22	23.1	22.9	22.1	22.7	22.7	23.1			
9	21.4	23	22.4	22.8	23.3	24.4	21.1	22.9	22.7	21.3	23.3	22.2	22.5	23.6	22.3	22.9	23.7	24	22.3	22.7	22.3	22.8	23.5	22.9	21.8	22.5	23			
10	23.2	22.8	22	22.2	22.9	24.2	22.3	23.9	22.7	21.8	23.8	22.1	23.5	23.4	22.6	22.1	24.3	23.9	23.3	22.9	21.7	22.7	23.4	22.5	21.5	22	21.6			
11	23.2	23	21.9	22.9	22.7	24.1	22.4	23.8	22.6	21.4	24.7	22.7	22.4	24.4	23.6	21.9	23	23.5	22.8	22.2	21.3	23.2	23	22.4	22.2	23	21.8			
12	22	22	21.6	23.1	23.3	24.1	22.6	23.1	22.6	22.2	23.7	22.5	22.8	23.8	22.7	23.1	23.4	23.4	22.4	23	21.1	22.6	23	23.3	22.7	22.5	22.2			
13	22.5	22.8	21.9	23.3	22.3	23.8	22.5	23.3	22.7	22.3	23.1	22.1	23.9	24.2	22.8	21.4	23.3	23.7	22.1	22.6	22.5	22.9	22.9	21.9	21.3	22.2	22.8			
14	22.4	23.1	22.4	23.3	22.7	23.3	22.8	23	22.7	23.2	23.3	22.9	22.8	22.9	23.2	21	23.3	24.3	22.3	22.5	22.6	22.9	23	22.7	21.5	21.3	22.2			
15	22.4	23.7	22.6	22.1	24.1	23.8	22.4	23.5	22.4	22.5	23.9	21.8	23.5	23.8	23.5	22.4	23.3	24	22.4	23.2	22.2	22.4	23.5	22.2	21.8	22.8	21.8			
16	21.7	22.7	22.3	22.3	24	23.5	22	24	22.6	22.2	23.1	22.6	22.3	24.1	22.7	21.9	23	23.6	22.5	23.8	21.8	23.2	22.7	22.3	21.6	23.7	22.1			
17	22.4	22.5	22.8	23	23.3	24.3	22.1	23.1	21.6	22.7	23.8	22.6	24.2	23.7	21.4	21.6	23.5	24.1	21.7	23.5	21.2	22.6	23.1	23	21.6	23.6	21.8			
18	23	22.7	23.4	23	23.1	23.7	21.9	23.8	23.2	21.2	22.2	22.2	23	24.2	22.8	22.5	22.9	22.3	22.6	22.3	22.3	22.5	22.5	21	22.5	22.4				
19	24	23.4	21.9	23	23.3	23.4	22.2	23.3	23.1	22.4	23.3	22.5	23.2	23.4	23.8	22.3	23.9	24.3	21.7	22.6	21.5	23	22.6	22.5	22.3	22.5	21.8			
20	22.9	23.1	22	24.7	24.5	23.6	21.5	23.2	22.8	22.7	23.7	21.7	23.3	24.4	23.4	21.9	23.7	22.9	23.1	23.5	21.7	22.3	23	22.7	22.2	23	21.9			
21	22.8	22.7	21.4	23.1	23.5	24	22.3	23.5	23	21.6	24	22.8	23.5	24.8	23.8	21.5	23.1	23.6	21.9	22.6	21.8	22.7	22.1	22	21.2	22.3	22.7			

FICHA DE REGISTRO DE TEMPERATURA INTERNA (°T) DE CADA PARCELA																											
Tratamientos	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8			T9		
Día	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
22	22.5	23.2	22.7	23.3	23.8	23.5	22	23	23	22.9	23	22.2	22.4	23.5	22.6	22.6	23.2	23.2	22.4	23	21.9	22.7	24.1	21.8	22.7	22.9	21.8
23	22.4	23	22.7	23.2	23.2	23.4	22.2	23.3	22.5	22.5	22.6	22.1	23.2	23.4	22.4	22.5	23.5	23.1	22.8	23.3	21.7	23.3	22.5	21.7	22.9	23.2	21.4
24	23.2	23.4	21.6	23.1	23.4	23.9	22.2	23	22.6	22.1	23.3	22.8	22.9	24.4	23.4	22.1	23	24.3	22.2	22.6	22.1	23	23	21.2	21.6	23.4	22.2
25	22.9	22.6	22.4	22.6	23.6	23.9	21	24.5	23.1	22.6	22.8	22	22.4	24.4	23.3	23.1	24.3	23.5	22.4	23.1	21.7	22.7	23.6	23.2	22.6	22.7	22
26	22.4	22.8	22.7	23.1	23.4	23.5	21.6	23.6	23	23.5	23.3	21.6	23.7	23.4	23.3	21.6	23.6	23.9	23	22.4	22.4	23.1	22.6	21.6	21.7	22.7	22.4
27	22.2	22.7	22.2	22.4	22.4	23.6	22	23.2	23.9	22.4	23.4	21.5	23	23.4	23.7	21.4	23.6	23.7	22.6	22.8	22.6	23.4	21.9	22.1	22.1	22.3	22.3
28	22.7	22.2	22.5	22.7	24	23.9	22.1	23.7	23.7	22.5	22.7	22.6	23.3	23.5	23.4	21.8	23.7	24	22.5	23.2	22.1	23	22.8	22.1	21.6	22.4	22.1
29	22.5	23.1	22.2	22.5	23	23.1	22.2	23.5	23.3	22.1	23.8	21.7	23.3	23	23.4	22.1	23.1	23.8	21.4	22.3	22.3	22.7	22.6	22.4	23.1	22.7	22.1
30	22.7	23.1	21.5	22.8	24.4	23.1	22.2	23.5	22.5	21.9	23.3	23.2	23	23.2	23.5	22.3	23.9	23.1	21.8	23.3	23.1	22.1	21.9	22.6	21.9	23	21.8
31	22.6	22.9	22.6	23.9	23.7	23.4	22.8	23.9	22.6	22.7	23.9	21.3	24.2	23.2	23.4	22	23.4	24.2	22.8	23.1	21.5	22.2	23.2	22.6	22.1	23.2	22.2
32	22.9	22.8	22.7	21.8	23.4	23.7	22.2	23.9	22.4	21.9	22.5	23.2	23.2	23.3	23.6	22.3	23.9	23.5	22.6	23.3	21.4	22.6	23.2	21.9	21.7	22.4	22.6
33	22.1	22.2	22.4	23.1	23.5	23.9	21.9	23.3	23	22.4	22.9	22.4	22.4	23.6	23.7	21.5	23.3	23	22.6	23.2	22.4	22.4	23.6	22.1	22.9	23.5	21.6
34	23.3	22.7	21.6	22	23.3	24.5	21.3	23.3	21.5	22.1	23.7	22.3	23	23.8	24	22.9	24	23.5	22.6	23.7	23	22.6	22.5	22.3	23	22.6	22.1
35	24.1	22.8	21.7	22.5	23.1	24.2	21.4	23.4	22.6	22.6	23	22	23.5	24.4	22.9	22.1	23.6	24.5	22.9	23.1	21.9	22.7	22.3	22.1	22.8	22.8	22.7
36	23.3	22.5	21.5	23.3	23.4	23.7	22.4	22.4	22.7	22.5	23.3	22.5	23.5	23.2	23.4	22.7	24.5	24.2	22.1	22.9	22.9	23	22.9	23	22.5	22.4	22.4
37	22.9	22.9	22.5	22.8	23.8	23.8	22.6	22.8	22.1	22.8	23.4	22.3	22.7	24.1	23	22.3	23.2	23.6	22.3	23.1	22.1	22.7	23	22.4	21.7	21.6	22.8
38	23.2	23.1	22.7	22.2	23.1	23.3	22.9	24.3	23.3	22.1	23.5	22.9	23.7	23.6	22.8	22.4	23.5	23.6	21.8	23.3	21.7	23	23.5	22.6	22.4	23.2	21.9
39	22.2	23.9	22.3	22.4	23	23.8	21.7	24.4	22.3	22.2	23.1	22.4	22.3	23.6	22.8	22.4	22.9	23.6	21.6	23.1	21.6	22.8	23.8	22.5	22	23.1	21.2
40	22	23	22.6	23.1	23.1	23.6	21.9	23.4	23	21.8	23.5	22.4	23.8	24	23.4	22.4	23.1	24.8	21.5	23.1	22.4	21.7	23.7	22.8	22.7	22.6	22.2
41	23.1	23.1	21.6	22.4	23.8	24	22.2	23.9	24.3	22.1	23	22.1	22.5	23.1	23.4	22.5	23.7	23.9	21.8	22.7	21.6	22.3	23.2	22.3	22.6	22.8	22.3
42	22.5	22.9	22.2	22.9	24	23.4	23.1	23.7	22.1	22.5	23.7	22.3	23.1	23.8	23.4	22.8	24	24	23.1	22.7	22.1	22.6	23.5	21.5	21.7	23	22.8
43	22.1	22	21.4	22.8	23.5	24.1	22.1	25	22.8	22.7	23.3	22.5	23.7	23.7	23.1	22.2	24.9	24.3	21.5	22.4	22.8	22.1	22.7	22.4	22.5	22	22.7
44	22.3	22.9	21.7	22.4	23.6	24.6	22.9	24.1	22.7	21.9	23.5	21.5	23.3	23.9	23.2	22.5	23.3	23.9	22.1	23.9	21.9	23	23.1	21.9	22.4	22.5	22.4
45	22.2	23	22.5	23.8	23	23.7	22.2	23.5	22.6	22.8	24.7	21.6	23.6	23.8	23.6	22.1	22.9	23.6	21.6	22.4	22.7	23.5	22.5	21.9	21	23.2	22.5
46	22.8	24.2	22	23.1	23.8	24	22.7	23.1	23.2	23	22.8	22.7	23.5	24.9	22.4	22.9	23.8	23.6	22	22.7	21.4	23.3	23.1	22.5	22.4	22.1	22

FICHA DE REGISTRO DE TEMPERATURA INTERNA (°T) DE CADA PARCELA																											
Tratamientos	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8			T9		
Día	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
47	23	22.8	22.7	21.8	23.6	24.1	22.6	22.8	23.4	22.5	24.1	22.4	23.8	23.3	23.2	21.8	22.8	23.7	22.4	22.7	21.8	22.6	23.1	22.8	21.8	22.9	21.5
48	23.2	23.1	22.4	22.9	23	23.6	22.2	23.7	23.2	23.3	22.1	22.2	23.7	23.4	23.2	23	23.7	23.7	21.9	23.5	21.3	23.5	23.9	22.2	21.6	22.1	22.2
49	23.2	22.9	23.4	22.4	22.4	23.9	21.6	23.2	22.5	21.9	22.4	22.3	23	23.3	23.6	22.1	23.1	24.1	22.8	22.9	22.1	22.8	22.9	22.4	21.6	23	22.6
50	23.1	22.4	22.1	23.2	22.7	23.8	22	22.9	24.1	21.7	22.8	22.5	23.5	23.4	22.5	21.4	23.5	23.8	23	23.7	22.4	22.6	23.1	23	22	22.7	22.5
51	22.6	23.5	21.4	22.4	23	23.8	22.8	23.2	22	21.4	22.8	22	22.4	23.3	23.9	22.2	23.9	24.1	21.2	22.7	22.1	22.4	23.2	22.3	22.3	22	22.6
52	22.4	23.3	22.1	22.7	23.9	23.4	22.5	23	22.3	23.1	23.5	21.9	23.2	24.3	23.3	21.8	23.3	23.7	21.9	23.2	22.7	22.6	22.8	23.5	21.3	23.4	21.9
53	22	23.3	21.6	23	24.1	23.8	21.9	24.4	22.9	22.7	23.5	22.4	23.6	24.4	23.3	22.6	23.9	23.8	22.3	22.6	21.7	22.5	22.7	22.5	22.1	22.4	22
54	23.3	22.5	22.6	23.2	23.1	24	21.9	24	22.9	22.3	23.3	21.8	23.3	23.4	23	21.8	23.8	22.7	22.8	24.1	22.2	22.8	23.7	21.3	22.3	22.4	22.4
55	22.7	23.6	22.1	22.2	23.1	24.5	21.2	23.6	23.1	22.5	23.3	22.5	23.4	23.2	23.5	21.9	22.5	24.2	22.1	22.5	21.8	22.8	22.6	22.6	22.9	22.9	21.9
56	22.5	22.2	22	22.6	23.5	24.3	22.8	24.3	23.7	21.8	23.7	21.5	23.1	23.9	23.2	21.2	22.9	23.9	22.3	23.2	22.2	22.7	22.4	22.4	21.5	23.3	21.9
57	23.3	23.2	22	22.5	23.3	24.9	22.5	23.6	22.8	23.6	23.8	22.8	23.8	23.4	23.8	21.9	22.6	24.2	21.7	23.4	22.3	22.9	23.4	22.8	21.8	22.3	22.3
58	22.3	24	22.5	22.4	23.8	23.4	22	23.1	22.9	22.4	22.7	22.5	23.2	24	22.5	21	24.4	22.3	21.5	23.3	22.3	23.3	23.6	22.5	22.1	22.8	22.5
59	23.2	22.4	21.9	23.7	23.1	24.2	22.2	24.3	22.6	22.4	23.2	22.4	23	23.8	23.3	21.3	23.3	24.8	23	23	21.5	23.2	22.8	22.1	22.6	23	22
60	22.9	22.7	22.5	23	23.8	23.9	21	23.8	23.2	22.7	23.4	22.8	23.6	22.9	23.4	22.5	24.3	23.7	21.4	23	21.6	22	22.8	21.6	21.9	23.1	21.6

Anexo 9: Datos de humedad y temperatura externa del campo experimental

Informe de datos

Archivo creado el: 2025-07-26 08:55:53



Información del dispositivo

Modelo de dispositivo:	RC-1HC	Probe Type:	Temperatura & Humedad
Número de serie:	EF723A101802	Versión de firmware:	V1.6
Espacio total:	16000		

Información de itinerario

Numero de viaje: N/A
 Descripción del viaje: VIVERO ALLIUM FISTOLUSUM

Config. Info

Presiona el botón:	Habilitar	Intervalo de registro:	15m
Tono de botón:	Inhabilitar	Intervalo de registro acortado en alarma:	--
Tono de alarma:	Inhabilitar	Modo de almacenamiento:	--

Umbral de alarma

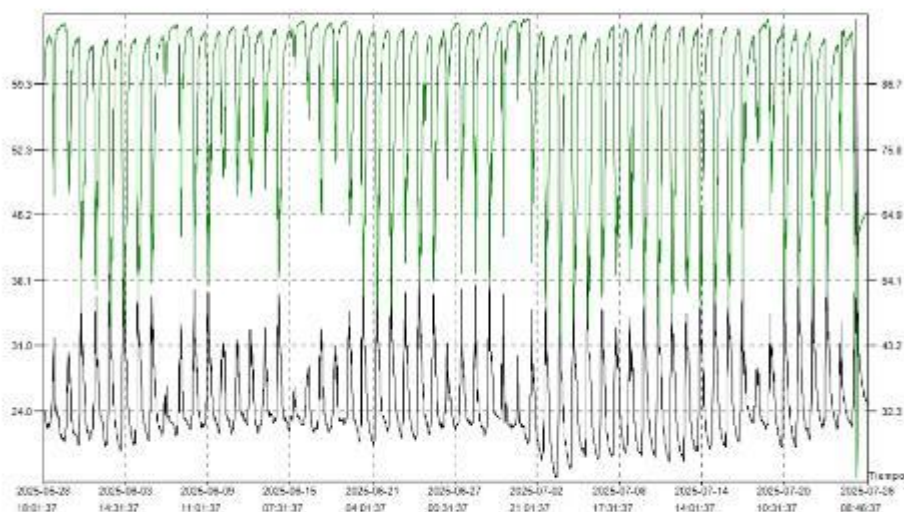
Estado de alarma

HI: Encima:	60.0°C		Alarm
Zona ideal:	Ilimitado		
LI: Abajo:	10.0°C		Ok
HH: Encima:	90.0%RH		Alarm
Zona ideal:	Ilimitado		
HL: Abajo:	10.0%RH		Ok

Resumen

Máximo:	86.4°C / 97.6%RH	hora de apertura:	2025-05-28 18:01:37
Mínimo:	16.9°C / 21.4%RH	hora de parada esperada:	2025-07-26 08:48:37
Promedio:	24.9°C / 85.2%RH	Tiempo de grabación:	586 14h 45m
MKT:	26.2°C	Puntos totales:	5628
hora de alarma(Te):	2025-07-26 14:18:37	Lecturas actuales:	5628
hora de alarma(Humedad):	2025-05-28 20:48:37		

— Temperatura°C --- Humedad%RH



Anexo 10: Resultados del laboratorio del compost por tratamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto
 Jr. Amorarca Cdra. 3
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA
 Morales - San Martín
 Telf: 985800927
cverde@unsm.edu.pe

INFORME DE ENSAYO MUESTRA ORGÁNICA

Solicitante : JEIGER MOISES CHUQUISTA ARÉVALO
 Dirección : MORALES - SAN MARTÍN
 Zona de estudio : WINULLUICO
 Representante : CARLOS EDUARDO LÓPEZ HIDALGO
 Cantidad de muestra : 1000 g Aprox.
 Fecha de reporte : 2/06/2025
 Muestra : C1

Parámetros medidos	
Parámetros Químicos	Contenido
Nitrógeno total (%)	0,67
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	0,68
Potasio K ₂ O (%)	0,86
Materia orgánica (%)	36,23
Parámetros Físicos	Contenido
pH	7,25
Conductividad eléctrica (µS/cm)	1949,23
Humedad (%)	16,78


 Ing. MSc. Carlos Verde Girbau
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
 UNSM - TARAPOTO
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3
 Distrito de Morales
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe
 Telf: 985800927



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto
 Jr. Amorarca Cdra. 3
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA
 Morales - San Martín
 Telf. 985800927
cverde@unsm.edu.pe

INFORME DE ENSAYO MUESTRA ORGÁNICA

Solicitante : **JEIGER MOISES CHUQUISTA ARÉVALO**
 Dirección : **MORALES - SAN MARTIN**
 Zona de estudio : **WINULLUICO**
 Representante : **CARLOS EDUARDO LÓPEZ HIDALGO**
 Cantidad de muestra : **1000 g Aprox.**
 Fecha de reporte : **2/06/2025**
 Muestra : **C2**

Parámetros medidos	
Parámetros Químicos	Contenido
Nitrógeno total (%)	0,48
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	0,65
Potasio K ₂ O (%)	1,13
Materia orgánica (%)	35,25
Parámetros Físicos	Contenido
pH	7,18
Conductividad eléctrica (uS/cm)	739,65
Humedad (%)	15,3


 Ing. MSc. Carlos Verde Elba
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
 UNSM - TARAPOTO
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3
 Distrito de Morales
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe
 Telf. 985800927



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto
 Jr. Amorarca Cdra. 3
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA
 Morales - San Martín
 Telf. 985800927
cverde@unsm.edu.pe

INFORME DE ENSAYO MUESTRA ORGÁNICA

Solicitante : **JEIGER MOISES CHUQUISTA ARÉVALO**
 Dirección : **MORALES - SAN MARTIN**
 Zona de estudio : **WINULLUICO**
 Representante : **CARLOS EDUARDO LÓPEZ HIDALGO**
 Cantidad de muestra : **1000 g Aprox.**
 Fecha de reporte : **2/06/2025**
 Muestra : **C3**

Parámetros medidos	
Parámetros Químicos	Contenido
Nitrógeno total (%)	0,56
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	0,82
Potasio K ₂ O (%)	1,2
Materia orgánica (%)	38,56
Parámetros Físicos	Contenido
pH	6,88
Conductividad eléctrica (uS/cm)	915,26
Humedad (%)	18,23


 Ing. MSc. Carlos Verde Gurbau
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
 UNSM - TARAPOTO
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3
 Distrito de Morales
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe
 Telf. 985800927



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto
 Jr. Amozarca Cdra. 3
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA
 Morales - San Martín
 Telf. 985800927
cverde@unsm.edu.pe

INFORME DE ENSAYO MUESTRA ORGÁNICA

Solicitante : **JEIGER MOISES CHUQUISTA ARÉVALO**
 Dirección : **MORALES - SAN MARTIN**
 Zona de estudio : **WINULLUICO**
 Representante : **CARLOS EDUARDO LÓPEZ HIDALGO**
 Cantidad de muestra : **1000 g Aprox.**
 Fecha de reporte : **2/06/2025**
 Muestra : **C4**

Parámetros medidos	
Parámetros Químicos	Contenido
Nitrógeno total (%)	0,99
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	0,96
Potasio K ₂ O (%)	1,1
Materia orgánica (%)	40,23
Parámetros Físicos	Contenido
pH	7,18
Conductividad eléctrica (uS/cm)	2450,25
Humedad (%)	17,45


 Ing. MSc. Carlos Verde Girbau
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
 UNSM - TARAPOTO
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amozarca cdra 3
 Distrito de Morales
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe
 Telf. 985800927



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto
 Jr. Amorarca Cdra. 3
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA
 Morales - San Martín
 Telf. 985800927
cverde@unsm.edu.pe

INFORME DE ENSAYO MUESTRA ORGÁNICA

Solicitante : **JEIGER MOISES CHUQUISTA ARÉVALO**
 Dirección : **MORALES - SAN MARTIN**
 Zona de estudio : **WINULLUICO**
 Representante : **CARLOS EDUARDO LÓPEZ HIDALGO**
 Cantidad de muestra : **1000 g Aprox.**
 Fecha de reporte : **2/06/2025**
 Muestra : **C5**

Parámetros medidos	
Parámetros Químicos	Contenido
Nitrógeno total (%)	0,74
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	0,75
Potasio K ₂ O (%)	1,16
Materia orgánica (%)	41,32
Parámetros Físicos	Contenido
pH	7,17
Conductividad eléctrica (uS/cm)	957,63
Humedad (%)	15,26


 Ing. MSc. Carlos Verde Gilbau
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
 UNSM - TARAPOTO
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3
 Distrito de Morales
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe
 Telf. 985800927



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES




Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto
 Jr. Amorarca Cdra. 3
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA
 Morales - San Martín
 Telf. 985800927
cverde@unsm.edu.pe

INFORME DE ENSAYO MUESTRA ORGÁNICA

Solicitante : **JEIGER MOISES CHUQUISTA ARÉVALO**
 Dirección : **MORALES - SAN MARTIN**
 Zona de estudio : **WINULLUICO**
 Representante : **CARLOS EDUARDO LÓPEZ HIDALGO**
 Cantidad de muestra : **1000 g Aprox.**
 Fecha de reporte : **2/06/2025**
 Muestra : **C6**

Parámetros medidos	
Parámetros Químicos	Contenido
Nitrógeno total (%)	1,04
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	0,93
Potasio K ₂ O (%)	1,2
Materia orgánica (%)	42,25
Parámetros Físicos	Contenido
pH	6,7
Conductividad eléctrica (uS/cm)	652,25
Humedad (%)	16,58


 Ing. MSc. Carlos Verde Girbau
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
 UNSM - TARAPOTO
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3
 Distrito de Morales
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe
 Telf. 985800927



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

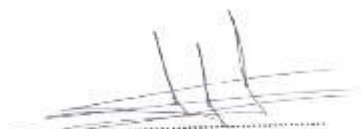


Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto
 Jr. Amorarca Cdra. 3
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA
 Morales - San Martín
 Telf. 985800927
cverde@unsm.edu.pe

INFORME DE ENSAYO MUESTRA ORGÁNICA

Solicitante : **JEIGER MOISES CHUQUISTA ARÉVALO**
 Dirección : **MORALES - SAN MARTIN**
 Zona de estudio : **WINULLUICO**
 Representante : **CARLOS EDUARDO LÓPEZ HIDALGO**
 Cantidad de muestra : **1000 g Aprox.**
 Fecha de reporte : **2/06/2025**
 Muestra : **C7**

Parámetros medidos	
Parámetros Químicos	Contenido
Nitrógeno total (%)	0,65
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	0,85
Potasio K ₂ O (%)	1,16
Materia orgánica (%)	41,36
Parámetros Físicos	Contenido
pH	7,09
Conductividad eléctrica (uS/cm)	943,36
Humedad (%)	15,63


 Ing. MSc. Carlos Verde Girbau
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
 UNSM - TARAPOTO
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3
 Distrito de Morales
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe
 Telf. 985800927



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto
 Jr. Amorarca Cdra. 3
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA
 Morales - San Martín
 Telf. 985800927
cverde@unsm.edu.pe

INFORME DE ENSAYO MUESTRA ORGÁNICA

Solicitante : **JEIGER MOISES CHUQUISTA ARÉVALO**
 Dirección : **MORALES - SAN MARTIN**
 Zona de estudio : **WINULLUICO**
 Representante : **CARLOS EDUARDO LÓPEZ HIDALGO**
 Cantidad de muestra : **1000 g Aprox.**
 Fecha de reporte : **2/06/2025**
 Muestra : **C8**

Parámetros medidos	
Parámetros Químicos	Contenido
Nitrógeno total (%)	0,74
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	0,92
Potasio K ₂ O (%)	1,23
Materia orgánica (%)	40,23
Parámetros Físicos	Contenido
pH	7,15
Conductividad eléctrica (uS/cm)	972,56
Humedad (%)	18,52


 Ing. MSc. Carlos Verde Gurbau
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
 UNSM - TARAPOTO
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3
 Distrito de Morales
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe
 Telf. 985800927



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto
 Jr. Amorarca Cdra. 3
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA
 Morales - San Martín
 Telf. 985800927
cverde@unsm.edu.pe

INFORME DE ENSAYO MUESTRA ORGÁNICA

Solicitante : **JEIGER MOISES CHUQUISTA ARÉVALO**
 Dirección : **MORALES - SAN MARTIN**
 Zona de estudio : **WINULLUICO**
 Representante : **CARLOS EDUARDO LÓPEZ HIDALGO**
 Cantidad de muestra : **1000 g Aprox.**
 Fecha de reporte : **2/06/2025**
 Muestra : **C9**

Parámetros medidos	
Parámetros Químicos	Contenido
Nitrógeno total (%)	0,809
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	0,68
Potasio K ₂ O (%)	1,12
Materia orgánica (%)	38,53
Parámetros Físicos	Contenido
pH	6,86
Conductividad eléctrica (uS/cm)	809,56
Humedad (%)	16,25


 Ing. MSc. Carlos Verde Girbau
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas
 UNSM - TARAPOTO
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3
 Distrito de Morales
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe
 Telf. 985800927

Anexo 11: Ficha técnica de EM



Jr. Pedro Torres Malarín N°355-Pueblo Libre-Lima
 RPM: *11282 / #0045663 / #656656
 Movistar: 943603740 / 952086694 / 943629819
 Oficina: 01-4630329
 informes@bioem.com.pe
 www.bioem.com.pe



FICHA TÉCNICA

EM•COMPOST®
 MICROORGANISMOS EFICACES™

ORIGEN

El **EM•COMPOST®** es un **producto natural** que contiene microorganismos benéficos. Fue desarrollado en la década de los 80 por el Dr. Teruo Higa, de la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón. Actualmente se utiliza en más de 180 países a nivel mundial.

DESCRIPCIÓN

El **EM•COMPOST®** es una mezcla de diferentes microorganismos naturales. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. Son microorganismos que promueven procesos de fermentación benéfica, aceleran la descomposición de la materia orgánica y promueven el equilibrio de la flora microbiana, reduciendo la presencia de nematodos en los suelos.

CONTENIDO MÍNIMO UFC/mL

- * Bacterias ácido lácticas 10^4
- * Bacterias Fotosintéticas 10^3
- * Levaduras 10^3
- * Enzimas

DATOS FÍSICOS

Apariencia: líquido color marrón-amarillo
Olor: Fermento-agradable
pH: 3.5

COMPATIBILIDAD

- Es compatible con aceites minerales y fertilizantes.
- No es compatible con cloro, desinfectantes, sulfato de cobre, oxidantes y pesticidas (fungicidas, insecticidas y bactericidas).

ACTIVACIÓN

El **EM•COMPOST**[®] está en latencia (inactivo), para conservar a largo plazo, por lo tanto antes de usarlo, hay que activarlo.

El activado consiste en 5% de **EM•COMPOST**[®] y 5% de melaza diluidos en 90% de agua limpia en un recipiente herméticamente cerrado. Se deja reposar la mezcla durante siete días. Un olor agrídulce y un pH de 3.5 o menos indican que el proceso de activación está completo.

DOSIS DE APLICACIÓN

- Se recomienda usar 20 litros **EM•COMPOST**[®] Activado por cada 10 TM de materia orgánica a compostar.
- 20 litros **EM•COMPOST**[®] Activado por hectárea vía sistema de riego.

FRECUENCIA DE APLICACIÓN

- Se recomienda hacer aplicaciones semanales o quincenales según las necesidades del cultivo.

Para mayor información, contactar con nuestro equipo técnico.

Atentamente,



www.bioem.com.pe www.em-la.com www.emrojapan.com

Anexo 12: Panel Fotográfico



Imagen 1: Acopio y preparación de materiales



Imagen 2: Activación de microorganismos eficientes



Imagen 3: *Preparación del área de compostaje*



Imagen 4: *Mezclado y compostaje*



Imagen 5: *Etiquetado de las combinaciones de los tratamientos*



Imagen 6: *Monitoreo del proceso de compostaje*



Imagen 7: Toma de muestra del compost



Imagen 8: Muestras etiquetadas para su análisis en el laboratorio



Imagen 9: *Acondicionamiento del terreno experimental*



Imagen 10: *Protección del área experimental*



Imagen 11: *Aplicación del compost (abonamiento)*



Imagen 12: *Siembra del cultivo de Allium fistulosum*



Imagen 13: *Índice de emergencia*



Imagen 14: *Monitoreo de condiciones ambientales*



Imagen 15: Cosecha y evaluación de parámetro agronómicos



Imagen 16: Medición de parámetro agronómicos

Jeiger Moisés Chuquista Arévalo

Bioestabilización del estiércol avícola por microorganismo eficientes como abono para el cultivo de *Allium fistulosum* (ce...

 INFORME DE TESIS

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:576517402

Fecha de entrega

9 abr 2026, 10:40 GMT-5

Fecha de descarga

9 abr 2026, 11:07 GMT-5

Nombre del archivo

Informe Final_25_03_2026_FORMATO CORREGIDO.docx

Tamaño del archivo

4.4 MB

131 páginas

29.880 palabras

156.448 caracteres




11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.