

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación del efecto de crecimiento y desarrollo de la
especie Cucumis sativus (pepino) con el compost generado
en el Mercado Modelo de Chupaca, distrito de Ahuac,
Chupaca - 2023**

Jorge Luis Perez Yupanqui
Maribel Huincho Huaira
Luis Jose Feril Quispe

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : STEVE DANN CAMARGO HINOSTROZA
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 13 de abril de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA ESPECIE *Cucumis sativus* (PEPINO) CON EL COMPOST GENERADO EN EL MERCADO MODELO DE CHUPACA, DISTRITO DE AHUAC, CHUPACA – 2023"

Autores:

1. LUIS JOSE FERIL QUISPE – EAP. Ingeniería Ambiental
2. JORGE LUIS PEREZ YUPANQUI – EAP. Ingeniería Ambiental
3. MARIBEL HUINCHO HUAIRA – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas: 15 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



Asesor de trabajo de investigación

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a cada uno de mis compañeros que formaron parte de este trabajo de investigación. Su disposición a compartir no sólo su valioso tiempo, sino también sus profundas y enriquecedoras conocimientos ha sido el pilar fundamental para el desarrollo de este trabajo. Sus experiencias y conocimientos han permitido que sea el pilar esencial para la ejecución de los objetivos de esta tesis, y por ello, les estoy profundamente agradecido.

DEDICATORIA

A Dios y a mis queridos padres, por guiarme en cada paso de este viaje académico y darme la fuerza para perseverar constantemente y así reflejar el esfuerzo, y sacrificio puesto en dicho trabajo. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y entendimiento en este logro académico y por ser los faros en mi vida, por iluminar el camino hacia el conocimiento y por inculcarme la importancia del trabajo duro y la educación. Los amo profundamente.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS | IV |
| DEDICATORIA | V |
| ÍNDICE | VI |
| ÍNDICE DE TABLAS | X |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XI |
| RESUMEN | XII |
| ABSTRACT..... | XIII |
| INTRODUCCION | XIV |
| 1. CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO | 15 |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema..... | 15 |
| 1.1.1. Problema general..... | 19 |
| 1.1.2. Problemas específicos | 19 |
| 1.2. Objetivos | 19 |
| 1.2.1. Objetivo general | 19 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 19 |
| 1.3. Justificación e importancia..... | 19 |
| 1.3.1. Justificación ambiental..... | 20 |
| 1.3.2. Justificación social | 20 |
| 1.3.3. Justificación económica | 20 |
| 1.3.4. Justificación legal..... | 21 |
| 1.4. Delimitación del proyecto | 21 |
| 1.5. Hipótesis y variables | 21 |
| 1.5.1. Hipótesis general | 21 |
| 1.5.2. Operacionalización de variables..... | 21 |
| 2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 23 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación | 23 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales | 23 |

| | |
|---|----|
| 2.1.2. Antecedentes nacionales | 26 |
| 2.1.3. Antecedentes regionales y locales | 29 |
| 2.2. Bases teóricas | 29 |
| 2.2.1. Compostaje..... | 29 |
| 2.2.1.1. Peso de compost..... | 30 |
| 2.2.1.2. Volumen de compost | 30 |
| 2.2.1.3. Densidad del compost | 31 |
| 2.2.1.4. Importancia de la relación peso-volumen-densidad en el compostaje..... | 32 |
| 2.2.1.5. Fases de compostaje..... | 32 |
| 2.2.1.6. Organismos patógenos en el compost | 34 |
| 2.2.1.7. Índices de calidad del compost | 35 |
| 2.2.1.8. Parámetros físicos | 35 |
| 2.2.1.9. Parámetros químicos | 37 |
| 2.2.1.10. Parámetros microbiológicos..... | 40 |
| 2.2.2. Pepino..... | 41 |
| 2.2.2.1. Características botánicas | 42 |
| 2.3. Definición de términos básicos | 43 |
| 2.3.1. Residuos sólidos..... | 43 |
| 2.3.2. Valorización de residuos sólidos..... | 43 |
| 2.3.3. Residuos sólidos orgánicos | 44 |
| 2.3.4. Compostaje..... | 44 |
| 2.3.5. Suelo..... | 44 |
| 3. CAPÍTULO III METODOLOGÍA | 45 |
| 3.1. Método y alcance de la investigación..... | 45 |
| 3.1.1. Método general..... | 45 |
| 3.1.2. Método específico | 45 |
| 3.1.3. Tipo de investigación | 45 |
| 3.1.4. Nivel de investigación | 45 |
| 3.2. Diseño de la investigación..... | 46 |

| | |
|---|----|
| 3.3. Materiales y métodos..... | 47 |
| 3.3.1. Materiales..... | 47 |
| 3.3.2. Procedimientos..... | 48 |
| 3.3.2.1. Recolección de residuos orgánicos..... | 48 |
| 3.3.2.2. Preparación del sitio de compostaje..... | 50 |
| 3.3.2.3. Formación de capas..... | 50 |
| 3.3.2.4. Mantenimiento de pila..... | 50 |
| 3.3.2.5. Monitoreo de la pila..... | 50 |
| 3.3.2.6. Maduración del compost..... | 51 |
| 3.3.2.7. Caracterización del compost..... | 51 |
| 3.3.2.8. Preparación del suelo para la siembra del <i>Cucumis sativus</i> (pepino)..... | 51 |
| 3.3.2.9. Aplicación de compost..... | 51 |
| 3.3.2.10. Siembra..... | 52 |
| 3.3.2.11. Cosecha..... | 52 |
| 3.3.3. Datos registrados y formas de evaluación..... | 52 |
| 3.3.3.1. Altura de la planta de <i>Cucumis sativus</i> (pepino)..... | 52 |
| 3.3.3.2. Número de flores por planta..... | 52 |
| 3.3.3.3. Número de frutos por planta..... | 53 |
| 3.3.3.4. Longitud del fruto (cm)..... | 53 |
| 3.3.3.5. Peso del fruto (kg)..... | 53 |
| 3.3.3.6. Monitoreo..... | 53 |
| 3.4. Población y muestra..... | 54 |
| 3.4.1. Población..... | 54 |
| 3.4.2. Muestra..... | 54 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 55 |
| 3.5.1. Técnicas e instrumento..... | 55 |
| 3.6. Procesamiento de datos..... | 55 |
| 4. CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 56 |
| 4.1. Presentación de resultados..... | 56 |

| | |
|---|----|
| 4.2. Prueba de hipótesis..... | 61 |
| 4.3. Discusión de resultados..... | 69 |
| 5. CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 72 |
| 5.1. Conclusiones..... | 72 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 73 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 74 |
| 7. ANEXOS..... | 80 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Operacionalización de las variables..... | 22 |
| Tabla 2. Especificaciones referenciales de la calidad del compost según Norma Técnica Peruana 201.208:2021..... | 35 |
| Tabla 3. Tratamientos y las dosis de compost. | 47 |
| Tabla 4. Matriz de experimentos..... | 47 |
| Tabla 5. Monitoreo del crecimiento y desarrollo de <i>Cucumis sativus</i> | 53 |
| Tabla 6. Resultados del control de peso, volumen y densidad de los 7 días..... | 56 |
| Tabla 7. Resultados fisicoquímicos del compost. | 56 |
| Tabla 8. Prueba de normalidad de la altura de la planta. | 62 |
| Tabla 9. ANOVA de un factor de la altura de la planta..... | 62 |
| Tabla 10. Prueba de Post Hoc Tukey para la altura de la planta..... | 62 |
| Tabla 11. Prueba de normalidad del número de flores. | 63 |
| Tabla 12. ANOVA de un factor de número de flores. | 63 |
| Tabla 13. Prueba de Post Hoc Tukey para el número de flores. | 64 |
| Tabla 14. Prueba de normalidad del número de frutos. | 64 |
| Tabla 15. ANOVA de un factor de número de frutas. | 65 |
| Tabla 16. Prueba de Post Hoc Tukey para el número de frutos..... | 65 |
| Tabla 17. Prueba de normalidad de la longitud del fruto..... | 65 |
| Tabla 18. ANOVA de un factor de la longitud del fruto. | 66 |
| Tabla 19. Prueba Post Hoc Tukey para la longitud del fruto..... | 66 |
| Tabla 20. Prueba de normalidad del peso del fruto..... | 67 |
| Tabla 21. ANOVA de un factor del peso del fruto. | 67 |
| Tabla 22. Prueba de Post Hoc Tukey para el peso del fruto. | 68 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje. | 34 |
| Figura 2. Croquis experimental por repetición. | 51 |
| Figura 3. Croquis de la unidad experimental. | 52 |
| Figura 4. Resultados de la altura en cm de la planta. | 57 |
| Figura 5. Resultados del número de flores por semanas. | 58 |
| Figura 6. Resultados del número de frutos de cada planta por concentración. | 59 |
| Figura 7. Resultados de la longitud de frutos por cada planta y concentración. | 60 |
| Figura 8. Resultados del peso de frutos de cada planta por concentración de compost. | 61 |

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto del compost generado durante la investigación a partir de residuos orgánicos del Mercado Modelo de Chupaca en el crecimiento y desarrollo del pepino (*Cucumis sativus*), utilizando un diseño experimental de bloques completamente al azar. Se aplicaron tres dosis de compost (1 kg/m², 2.5 kg/m² y 4 kg/m²) a las plantas durante el ciclo de crecimiento, se registraron variables como la altura de las plantas, el número de flores, el número de frutos y su peso, y los resultados mostraron un incremento promedio del 52.62 % en las variables evaluadas debido al uso del compost. Las dosis intermedias de compost (2.5 kg/m²) resultaron ser más efectivas en comparación con las dosis más bajas y altas, evidenciando un incremento en la altura de las plantas y una mayor producción de frutos, lo que sugiere que la aplicación controlada del compost no solo mejora el crecimiento de *Cucumis sativus*, sino que también optimiza el uso de recursos en la agricultura. En conclusión, se acepta la hipótesis alternativa, afirmando que el compost generado en el Mercado Modelo de Chupaca contribuye significativamente al crecimiento y desarrollo de *Cucumis sativus*, destacando la importancia de integrar prácticas sostenibles que promuevan el uso de residuos orgánicos para mejorar la productividad agrícola.

Palabras clave: compost, *Cucumis sativus*, dosis, crecimiento, desarrollo, residuos orgánicos.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the impact of compost generated during the research from organic waste from the Chupaca model market on the growth and development of cucumber (*Cucumis sativus*), using a completely randomized block experimental design. Three doses of compost (1 kg/m², 2.5 kg/m² and 4 kg/m²) were applied to the plants during the growth cycle. Variables such as plant height, number of flowers, number of fruits and their weight were recorded, and the results showed an average increase of 52.62 % in the variables evaluated due to the use of compost. Intermediate doses of compost (2.5 kg/m²) proved to be more effective compared to lower and higher doses, evidencing an increase in plant height and higher fruit production, suggesting that the controlled application of compost not only improves the growth of *Cucumis sativus*, but also optimizes the use of resources in agriculture. In conclusion, the alternative hypothesis is accepted, affirming that the compost generated in the Chupaca model market contributes significantly to the growth and development of *Cucumis sativus* highlighting the importance of integrating sustainable practices that promote the use of organic residues to improve agricultural productivity.

Keywords: compost, *Cucumis sativus*, dosage, growth, development, organic residues, organic waste.

INTRODUCCION

La gestión de residuos sólidos constituye uno de los desafíos ambientales más importantes a nivel global, especialmente en áreas urbanas y mercados municipales, donde se generan grandes volúmenes de desechos orgánicos. Según el Sistema de Información de Gestión de Residuos Sólidos (1), en Perú la generación total de residuos sólidos municipales alcanzó 8,214,355.90 toneladas por año, lo que equivale a 22,505.08 toneladas diarias. De esta cantidad, el 56.70 % corresponde a residuos orgánicos. En el caso del Mercado Modelo de Chupaca, la acumulación de residuos orgánicos representa una oportunidad para implementar prácticas sostenibles, como el compostaje, que permitirá reducir el impacto ambiental negativo y promover el reciclaje de nutrientes al suelo.

El compostaje es un proceso biológico que transforma los desechos orgánicos en compost, un material rico en nutrientes que puede ser utilizado como fertilizante natural en suelos agrícolas. Esta práctica no solo contribuye a mitigar la contaminación generada por los residuos sólidos, sino que también reduce la emisión de gases de efecto invernadero y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (2). En este contexto, la investigación busca evaluar el efecto del compost generado a partir de residuos del mercado en el crecimiento y desarrollo de la especie *Cucumis sativus* (pepino), un cultivo de gran interés por sus propiedades nutricionales y su creciente demanda en la región.

Esta tesis está estructurada en cinco capítulos. En el primer capítulo se presenta el planteamiento del estudio, el cual incluye la formulación del problema, los objetivos, la justificación y las hipótesis. El segundo capítulo contiene el marco teórico donde incluye los antecedentes, bases teóricas y la definición de términos claves relacionados con el compostaje y el cultivo de *Cucumis sativus*. El tercer capítulo describe la metodología utilizada, detallando el diseño experimental, los materiales, la población y muestra, así como las técnicas de recolección de datos. El cuarto capítulo expone los resultados obtenidos y se discuten con base en la literatura existente. Finalmente, el quinto capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones, destacando el impacto del compost en el cultivo de *Cucumis sativus* y su contribución a la agricultura sostenible.

Esta investigación se enmarca en la búsqueda de soluciones sostenibles y eco-amigables para la gestión de residuos en mercados locales. Además, pretendemos contribuir a la generación de conocimiento en el ámbito de la agricultura orgánica, resaltando el impacto positivo que el compostaje puede tener tanto en la productividad de los cultivos como en la conservación del medio ambiente.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Los desechos sólidos se refieren a materiales que, según la opinión de quienes los generan, carecen de valor y deben ser descartados, excluyendo líquidos y gases. Estos residuos se producen en diversas actividades, y la cantidad generada varía según factores como el clima y la ubicación geográfica (3).

Un manejo inapropiado de residuos sólidos genera impactos negativos al medio natural que son percibidos por el agua, suelo, atmósfera, flora y fauna (4). Los desechos por lo general terminan en botaderos o en rellenos sanitarios, donde el compuesto orgánico, que presenta mayor cantidad de humedad (75 - 85 %), genera que la descomposición sea rápida y libera enormes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, particularmente CH₄ y CO₂ (5). Estos GEI permiten que la radiación infrarroja se quede en la atmósfera, provocando que la temperatura terrestre se incremente y por consiguiente se intensifique el efecto invernadero (6).

En consecuencia, el manejo de los desechos sólidos representa un desafío global que impacta a todas las formas de vida en nuestro planeta. Es alarmante que más del 90 % de los residuos se quemen o se depositen en vertederos a cielo abierto en países con bajos ingresos, lo que resulta en una mayor afectación para las comunidades más pobres. Otra consecuencia de esta mala gestión es que los deslizamientos de basureros han incrementado con el pasar del tiempo, siendo los individuos con menos recursos económicos los más afectados, ya que suelen residir en proximidad de vertederos de basura y participan en el proceso de reciclaje de su localidad recolectando residuos, lo que los expone a graves consecuencias (7).

La cantidad de residuos sólidos urbanos generados anualmente es de aproximadamente 1.3 billones de toneladas. Se proyecta que este volumen aumentará a 2.2 billones de toneladas para el año 2025 (8). Estos hallazgos subrayan la urgencia de implementar estrategias efectivas para abordar este problema y mitigar el impacto tanto en el ámbito social como ambiental que podría afectar a las generaciones futuras (9).

De acuerdo con las estimaciones del Banco Mundial (10), la producción mundial de residuos sólidos municipales en 2010 alcanzó aproximadamente los 2010 millones de toneladas, y alrededor del 33 % de estos residuos no fueron gestionados adecuadamente. La rápida urbanización, el crecimiento de la población y el desarrollo económico serán factores determinantes en un incremento del 70 % en la generación de desechos a nivel

global en los próximos 30 años. Se proyecta que esta cifra llegue a alcanzar los 3400 millones de toneladas anuales, en comparación con los 2010 millones de toneladas reportados en 2016 (10).

En contraste, en América Latina se estima que cada individuo genera alrededor de un kilogramo de basura diaria, lo que equivale aproximadamente a 541,000 toneladas en total, representando alrededor del 10 % de la basura a nivel mundial. Además, la tasa promedio de generación de residuos per cápita en los países latinoamericanos de habla hispana o portuguesa es de 0.87 kg al día, superando el promedio mundial establecido en 0.74 kg, sin embargo, la diferencia es aún mayor si se incluyen los países anglófonos del Caribe, con una cifra de 0.99 kg al día. Según las proyecciones del Banco Mundial para el año 2050, se espera que esta cifra alcance los 1.30 kg diarios per cápita (11).

En este escenario, el Perú no es ajeno a la problemática ambiental provocada por la deficiente gestión de los residuos sólidos; hoy por hoy, se estima que se generan diariamente alrededor de 21 mil toneladas de residuos municipales debido a la población de 30 millones de habitantes. Esto se traduce en una generación de aproximadamente 0.8 kilogramos de residuos por persona al día. De ese total, más del 50 % consiste en materia orgánica, como alimentos o vegetales (12). Específicamente, en Lima solo se generan 8 mil toneladas por día, y se cuentan con 4 rellenos sanitarios, sin embargo, hay un bajo reciclaje representando tan solo un 15 % del total. Los peruanos crecen más en las ciudades, es decir un 75 % vive en las áreas urbanas, esta situación implica un aumento considerable en la generación de residuos, y se estima que alrededor del 50 % de estos desechos no se gestionan de manera adecuada. A nivel nacional, existen más de 1500 vertederos de basura, los cuales representan un riesgo de infección para la comunidad y suponen un peligro para los recolectores de materiales reciclables que dependen de estos lugares como fuente de obtención de valor de los residuos (13).

Las autoridades locales son los que se encargan de brindar los distintos servicios públicos y tienen que cumplir con todas sus funciones, recursos y competencias. Es fundamental que cuente con un personal que se ocupe en identificar y clasificar los desechos, para su posterior transporte a un lugar apropiado, mejorando la calidad de vida de los residentes y protegiendo el medio natural. Una herramienta que ayuda a brindar este mejor servicio es la Gestión de Residuos Sólidos Municipales (GRSM) (14). Esta gestión mediante la reutilización en compostaje y la obtención de material para reciclaje de plásticos, vidrio, papel, cartón y metales, para su comercio como insumos para otros sectores económicos, son una oportunidad para crear puestos de trabajo y una fuente de generar ingresos económicos debido a que es un negocio altamente sostenible y rentable (15).

Centrándonos más en la opción del rehusó, el compostaje es una técnica que posibilita la conversión de desechos y subproductos orgánicos en materiales estables desde el punto de vista biológico. Estos materiales pueden ser utilizados como enmiendas o fertilizantes para el suelo, así como sustratos para cultivos sin suelo. Al hacerlo, se logra reducir el impacto ambiental asociado a estos residuos, ofreciendo una alternativa sostenible y amigable con el medio ambiente (16). Para ejecutar el compostaje, es imprescindible mezclar los residuos en proporciones que aseguren una relación adecuada de carbono a nitrógeno (C/N), así como un nivel de humedad entre el 40 % y 60 %, junto con una adecuada ventilación. Estas condiciones son esenciales para favorecer la actividad microbiana, la cual desempeña un rol crucial en la transformación de la estructura de los materiales y en la disponibilidad de nutrientes (17).

Este proceso genera el compost cuya principal cualidad es su versatilidad para ser aplicado y utilizado en diversos tipos de suelos, incluso en regiones con condiciones áridas y semiáridas, así como en ecosistemas que han sufrido incendios y sequías, esta problemática persiste. El compost posee una abundante cantidad de proteínas y minerales, lo que le confiere un alto valor nutricional. Al ser aplicado, proporciona nutrientes esenciales y ayuda a restablecer las características físicas y químicas de los suelos que han sido afectados por prácticas agrícolas. Asimismo, su utilización reduce la dependencia de agroquímicos, lo que resulta en una disminución de la toxicidad y previene la erosión y degradación del suelo (18).

Es así como la agricultura orgánica a través del compost es un modo sostenible de producir, puesto que se reduce el uso de plaguicidas como fertilizantes. El empleo de residuos ayuda a prevenir el deterioro ambiental. Para alcanzar este objetivo, es necesario utilizar tecnologías que permitan su aplicación en áreas y cultivos específicos, de acuerdo con la demanda existente. El compost, debido a sus características como sustrato para el cultivo, cobertura o mulch, y alternativa o complemento de fertilizantes sintéticos, juega un papel crucial en la regulación de diversos procesos asociados a la productividad agrícola (19).

La utilización de fertilizantes orgánicos brinda beneficios significativos al preservar, restaurar y mejorar las características del suelo, al tiempo que promueve su equilibrio biológico, físico, químico y ecológico. Asimismo, contribuye a la recuperación de la flora microbiana, esto se debe a que los fertilizantes orgánicos suministran nutrientes esenciales como N, P, K y materia orgánica, lo cual ayuda a mantener niveles óptimos en el suelo y a salvaguardar los ecosistemas (20). A pesar de esto, el uso de compost que no ha alcanzado su madurez y que es inestable puede tener repercusiones desfavorables, como la retención del nitrógeno en el suelo, la limitación en el crecimiento de las plantas y la

manifestación de efectos fitotóxicos (21). Para evitar este tipo de situaciones, es esencial llevar a cabo un análisis completo de la calidad del compost que se utilizará como enmienda y fertilizante. Esto permitirá incrementar la productividad y reducir el impacto ambiental. Aprovechar este recurso valioso, rico en proteínas y minerales, requiere considerar detalladamente sus características físicas y químicas, asegurando así su correcta aplicación (22).

Bajo este marco, en esta investigación, con el fin de fortalecer la gestión y manejo de los residuos sólidos orgánicos en el distrito de Chupaca ubicado en la provincia de Chupaca, región de Junín, se enfocará particularmente en el Mercado Modelo de Chupaca, a causa de que este espacio produce de 1 a 1.5 t/día de desechos, siendo la materia orgánica el de mayor porcentaje (80 %) (23), se propone aplicar la técnica de compostaje para aprovechar todo este material para un buen uso en lugar que sea destinado a un botadero sin ningún tipo de control ni autorización alguna por parte del gobierno local.

No obstante, en este trabajo no solo se enfocará en sensibilizar y capacitar a los comerciantes con respecto al proceso de compostaje, sino que este mismo abono casero obtenido de las pilas de compostaje será aplicado en dos parcelas de terreno (2 m x 9.8 m) conformado por suelos agrícolas, para determinar cuál es el efecto del compost sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de pepino. En la actualidad, el cultivo del pepino está adquiriendo una creciente relevancia debido a la difusión de sus beneficios medicinales. Esta situación ha generado una demanda en alza, lo que a su vez ha permitido obtener rendimientos e ingresos significativos en períodos de tiempo cortos. Esto ha llevado a que cada vez más agricultores se sientan atraídos por su cultivo (24).

Con el objetivo de aumentar la eficiencia de los cultivos, se suele recurrir a la aplicación de pesticidas y fertilizantes minerales. No obstante, estudios han revelado que el uso excesivo de estos productos químicos conlleva consecuencias negativas, como altos costos económicos y una serie de impactos ambientales perjudiciales. Entre estos se incluyen la contaminación del suelo, la disminución de la biodiversidad, el incremento de la salinidad, el agotamiento de los recursos energéticos del suelo y la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales (25).

Los desafíos ambientales y económicos que impactan nuestro planeta han llevado a que entidades, empresas y organizaciones reconsideren la importancia de un reciclaje eficiente de los residuos orgánicos agrícolas, así como la utilización de abonos orgánicos y biofertilizantes. Esto tiene como objetivo reducir al máximo la dependencia de los fertilizantes minerales como fuente de nutrientes para las plantas (26). Este enfoque ha motivado la exploración de alternativas que permitan una nutrición orgánica sostenible

para el medio ambiente, al mismo tiempo que se satisfacen las necesidades humanas y se preserva y mejora el entorno natural. Una de estas opciones es la utilización del compost orgánico (27).

1.1.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de crecimiento y desarrollo de la especie *Cucumis sativus* (pepino) con la aplicación del compost generado en el mercado modelo de Chupaca, distrito de Ahuac, Chupaca - 2023?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el peso, volumen y densidad de los residuos sólidos orgánicos del mercado modelo de Chupaca?
- ¿Cuál es el sistema de compost mediante pilas con volteo manual?
- ¿Cuáles serán los parámetros fisicoquímicos del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos?
- ¿Cuáles serán las características físicas de la especie *Cucumis sativus* (pepino) con la aplicación del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de crecimiento y desarrollo de la especie *Cucumis sativus* (pepino) con la aplicación compost generado en el mercado modelo de Chupaca, distrito de Ahuac, Chupaca - 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el peso, volumen y densidad de los residuos sólidos orgánicos en el mercado modelo de Chupaca.
- Realizar un sistema de compostaje mediante pilas con volteo manual.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos.
- Describir las características físicas de la especie *Cucumis sativus* (pepino) después de la aplicación del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación ambiental

El compostaje es una solución ecológica que contribuye a mitigar los impactos ambientales generados por la acumulación de residuos orgánicos en los mercados municipales. En el caso del Mercado Modelo de Chupaca, donde los desechos orgánicos representan más del 80 % del total, esta técnica permite reducir significativamente la cantidad de residuos destinados a botaderos, disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero como metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). Además, al utilizar compost como fertilizante natural, se mejora la calidad del suelo, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles que reducen la dependencia de agroquímicos, lo que a su vez minimiza la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua. Este proyecto, por lo tanto, fomenta la conservación del entorno natural y promueve un modelo de gestión de residuos sostenible.

1.3.2. Justificación social

La implementación del compostaje en el Mercado Modelo de Chupaca tiene un impacto social positivo al involucrar a los comerciantes ya la comunidad en prácticas de gestión sostenible de residuos. Sensibilizar y capacitar a los comerciantes sobre el manejo adecuado de los desechos orgánicos fomenta una cultura de reciclaje y reutilización, mejorando la calidad de vida de los residentes locales al reducir los problemas asociados con la acumulación de basura. Además, el proyecto contribuye a fortalecer el tejido social al generar conciencia ambiental y promover un entorno más limpio y saludable, lo que resulta en beneficios para la salud pública al reducir riesgos de enfermedades relacionadas con la contaminación.

1.3.3. Justificación económica

Desde una perspectiva económica, el compostaje representa una oportunidad para disminuir los costos asociados con la gestión y disposición de residuos orgánicos en el Mercado Modelo de Chupaca. La producción de compost puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos costosos, ofreciendo una alternativa económica y accesible para los agricultores locales. Además, el compost generado podría convertirse en un producto comercializable, generando ingresos adicionales y fomentando el desarrollo de un mercado local de fertilizantes orgánicos. Este enfoque no solo optimiza el uso de los recursos disponibles, sino que también contribuye a la economía circular, promoviendo prácticas agrícolas más rentables y sostenibles.

1.3.4. Justificación legal

La gestión adecuada de los residuos sólidos está respaldada por el marco normativo peruano, como la Ley General de Residuos Sólidos (D.L. 1278) y su reglamento (Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM), que promueven la valorización de residuos orgánicos mediante procesos como el compostaje. Además, este proyecto se alinea con los objetivos del Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos, que busca reducir la cantidad de residuos enviados a botaderos no autorizados y fomentar la implementación de tecnologías sostenibles. El cumplimiento de estas normativas refuerza la viabilidad y relevancia del proyecto, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y al cumplimiento de las metas nacionales en gestión de residuos.

1.4. Delimitación del proyecto

El estudio se llevó a cabo durante el año 2023, en cuanto al ámbito geográfico, el estudio se realizó en el Mercado Modelo de Chupaca, en el distrito de Ahuac, para la obtención de los residuos sólidos orgánicos.

1.5. Hipótesis y variables

1.5.1. Hipótesis general

La aplicación del compost generado en el mercado modelo de Chupaca mejora significativamente el crecimiento y desarrollo de la especie *Cucumis sativus* (pepino) en comparación con las plantas que no reciben dicho compost.

- Hipótesis alternativa (H_i): la aplicación del compost generado en el mercado modelo de Chupaca mejora significativamente el crecimiento y desarrollo de la especie *Cucumis sativus* (pepino) en comparación con las plantas que no reciben dicho compost.
- Hipótesis nula (H_0): la aplicación compost generado en el mercado modelo de Chupaca no mejora significativamente el crecimiento y desarrollo de la especie *Cucumis sativus* (pepino) en comparación con las plantas que no reciben dicho compost.

1.5.2. Operacionalización de variables

Tabla 1. *Operacionalización de las variables.*

| VARIABLES | DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
|---|--|------------------------------|--|------------------------------|
| Variable independiente, Aplicación de Compost | La aplicación de compost consiste en la incorporación de este material orgánico al suelo con el propósito de mejorar su calidad, incrementar su contenido de nutrientes y favorecer el desarrollo óptimo de los cultivos. Este proceso implica la distribución uniforme del compost en la superficie o su incorporación mediante técnicas agrícolas adecuadas, asegurando su integración en la zona radicular de las plantas. Su uso no solo aporta macronutrientes y micronutrientes esenciales, sino que también mejora la estructura y retención de humedad del suelo, promoviendo una mayor actividad microbiana. Además, la aplicación de compost ayuda a reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos y contribuye a la sostenibilidad agrícola al reciclar residuos orgánicos de manera eficiente (28). | Parámetros fisicoquímicos | pH | - |
| | | | Nitrógeno | % |
| | | | Fósforo | % |
| | | | Potasio | % |
| | | Dosis | 1 | |
| | | | 2.5 | kg/m ² |
| | | | 4 | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Variable dependiente, <i>Cucumis sativus</i> (pepino) | El <i>Cucumis sativus</i> (pepino) pertenece a la familia Cucurbitaceae y se encuentra ampliamente distribuido en todo el mundo, especialmente en Asia, África y América del Sur. El pepino se suele servir como aperitivo; además, está asociado con efectos refrescantes, curativos, calmantes y emolientes (29). | Crecimiento | Altura del <i>Cucumis sativus</i> por semana | cm |
| | | | Desarrollo | Números de flores por planta |
| | | Números de frutos por planta | | Cantidad |
| | | Longitud del fruto | | cm |
| | | Peso promedio del fruto | | kg |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En el sector Chipe Hamburgo 2, situado en la parroquia El Triunfo del cantón La Maná, Acosta y Loor (30) evaluaron los efectos de diferentes distancias de siembra y dos tipos de fertilizantes orgánicos en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Se empleó un arreglo factorial A x B con tres distancias de siembra y dos tipos de fertilizantes, con cuatro repeticiones en cada tratamiento. El estudio evaluó diversas variables de crecimiento y producción en las plantas, incluyendo altura en diferentes días, días hasta la floración, número de flores y relación flores/frutos. Además, se examinaron parámetros de producción como cantidad, longitud, diámetro y peso de los frutos, así como el rendimiento agronómico. Se observó que el tratamiento T1 tuvo la mayor altura de plantas a los 15, 30, 45 y 60 días, registrando 23.23 cm, 55.35 cm, 154.20 cm y 182.15 cm, respectivamente. El tratamiento T5 mostró el período más breve hasta la floración (16.10 días). El tratamiento T3 tuvo el mayor número de flores (22.40), mientras que la relación flores/frutos más favorables se encontró en el tratamiento T5, con 1.17 flores por fruto. En cuanto a producción, el tratamiento T5 mostró los mejores resultados, con más frutos (11.70), mayor longitud (27.80 cm), diámetro (6.92 cm) y peso (7.20 kg) de pepinos cosechados. En términos económicos, el tratamiento T1 logró la mayor producción, alcanzando 44,904.76 kg por hectárea. El tratamiento T3 tuvo un beneficio neto positivo de USD 7,847.62, mientras que el tratamiento T5 mostró una relación beneficio-costo favorable, con USD 1.10 por cada unidad económica invertida (30).

El estudio realizado por Medina *et al.* (31) evaluó el efecto del compost tipo bocashi en la germinación y desarrollo de plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum*). La investigación se llevó a cabo en la Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, utilizando un diseño experimental con cinco tratamientos diferentes: 100 % peat moss, 90 % peat moss + 10 % bocashi, 80 % peat moss + 20 % bocashi, 90 % peat moss + 10 % bocashi con sangre de bovino, y 80 % peat moss + 20 % bocashi con sangre de bovino. Según los hallazgos obtenidos, la adición de bocashi, especialmente cuando se combina con sangre de bovino en una concentración del 20 %, favoreció significativamente el crecimiento y desarrollo de las plántulas, mejorando variables como la altura de la planta, el diámetro del tallo y la longitud de la raíz. Estos resultados sugieren que el uso de bocashi puede

contribuir al desarrollo de plántulas más saludables y vigorosas, destacando la importancia de los abonos orgánicos en la agricultura sostenible (31).

El estudio realizado por Teófilo (32) examinó los impactos de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el cultivo al aire libre de pepino (*Cucumis sativus* L.) de la variedad Poinsett 76. La investigación tuvo lugar en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y se utilizó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados. Los tratamientos evaluados en el estudio incluyeron composta, lombricomposta, borregaza y fertilizante químico. Según los hallazgos obtenidos, se observó que la adición de composta, lombricomposta y estiércol de borrego a un suelo andosol no generó alteraciones significativas en las propiedades físicas y químicas a corto plazo. En cuanto a la producción, se encontró que el tratamiento con borregaza demostró los mejores resultados, con plantas de mayor altura, frutos más grandes y un mayor peso total, seguido por el tratamiento químico. No obstante, al analizar la calidad de los frutos de acuerdo con la norma NOM-FF-023-1982, se determinó que todos los tratamientos se clasificaron en las categorías C y D. Estas clasificaciones se basan en los criterios sensoriales y físicos establecidos por la norma para productos destinados al consumo nacional (32).

En el estudio llevado a cabo por Andrade y Yampara (33) se evaluaron tres productos orgánicos con diferentes métodos de aplicación (edáfica y foliar) en un cultivo de pepino para ensalada. Se analizaron variables de producción como rendimiento, peso, longitud y diámetro de los frutos, altura de las plantas y cantidad de frutos por planta. Se realizó una evaluación comparativa de tres estudios independientes que investigaron la efectividad de diversos productos comerciales en el cultivo de pepino para ensalada. Los productos incluidos fueron Nutripell 70 de Ariztia (un fertilizante orgánico de liberación lenta en gránulos), Biol (un fertilizante orgánico líquido casero para aplicaciones foliares y al suelo) y Cytokin de Miller Chemical & Fertilizer (un bioestimulante y fertilizante orgánico para aplicaciones foliares y de fertirrigación). Se recopilaron datos de investigaciones locales e internacionales en países como Ecuador, México y Colombia sobre diferentes tratamientos en diversas condiciones ambientales y con varias dosis. Se analizaron minuciosamente estos datos para identificar la respuesta productiva más beneficiosa. Los hallazgos indicaron que Cytokin tuvo el rendimiento más alto (51,716.38 kg/ha), con frutos promedio de 561.3 g y 9 frutos por planta. Biol resultó en una cosecha temprana (46 días) y presentó mayor longitud promedio por fruto (29.8 cm). Finalmente, Nutripell 70 impulsó el crecimiento en altura de las plantas (1.84 m) y aumentó el diámetro promedio de los frutos (15.8 cm) (33).

En el estudio realizado por Ponce (34) en el año 2020, se evaluaron los efectos de varios fertilizantes orgánicos, comerciales y caseros, en el cultivo de pepino durante la temporada de lluvias. El experimento tuvo lugar en el Campus "La María" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con un arreglo factorial 3 x 3 para examinar los impactos de abonos orgánicos (Bayfolan, Ihumix-DG y Humus de lombriz) en diferentes dosis (alta, media y baja). Cada tratamiento se repitió tres veces para asegurar la fiabilidad de los resultados. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre los distintos abonos orgánicos en relación con la altura de las plantas, con valores promedio de 35.09 cm y 55.90 cm a los 30 y 45 días, respectivamente. No se hallaron diferencias significativas en los días hasta la floración (promedio de 31.26 días) ni en los días hasta la fructificación (promedio de 45.04 días). Sin embargo, el uso de Bayfolan mejoró las cualidades de los frutos, mostrando valores superiores en longitud (19.69 cm), diámetro (4.35 cm) y peso (377.01 g). Los resultados indican que el uso de este abono orgánico puede tener un efecto positivo en esas variables. Además, la aplicación de Bayfolan resultó en el rendimiento más alto con 29,422.67 kg/ha. Las dosis altas de cada producto llevaron a mejores resultados, como mayor altura de las plantas (36.43 cm y 57.70 cm a los 30 y 45 días), mayor cantidad de frutos por planta (5.70) y frutos más grandes en longitud (22.12 cm), diámetro (4.57 cm) y peso (417.62 g), junto con un rendimiento superior (26,990.52 kg/ha) (34).

En el estudio realizado por Álvarez y Urroz (35) se analizó el impacto de un biofertilizante microbiano en cultivos de ciclo corto (chiltoma, pepino y rábano) en un invernadero controlado, que combinaba cuatro bacterias: *Bacillus megaterium*, *Bacillus marisflavi*, *Exiguobacterium aurantiacum* y *Pseudomonas mendocina*. Se realizó un estudio experimental con cuatro bloques, aplicando tres tratamientos: biofertilizante (TB), fertilizante químico (TQ) y control absoluto (T0, sin fertilización). Para asegurar el adecuado desarrollo y rendimiento de las plantas, se usó un invernadero tipo túnel y un sistema de riego por goteo con botones tipo espagueti. Esto permitió crear condiciones óptimas a través de la agricultura protegida. También se colocaron cuatro atomizadores para reducir las altas temperaturas en horas de calor. El sustrato fue sometido a esterilización solarizada durante 60 días. Luego, se sembraron rábano y pepino directamente en macetas de plástico. Durante el crecimiento y cosecha, se registraron diversas variables para ambos cultivos. Se utilizó el software InfoStat para el análisis estadístico, que indicó que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Sin

embargo, el tratamiento biológico mostró un mejor desempeño en variables de crecimiento como grosor del tallo, cantidad de flores y número de hojas. En términos de cosecha, el tratamiento biológico mostró mejores resultados en peso, longitud y cantidad de frutos en chiltoma. Estos resultados sugieren que los biofertilizantes son una opción prometedora para la fertilización de cultivos (35).

2.1.2. Antecedentes nacionales

El estudio realizado por Sánchez (36) evaluó el efecto de diferentes niveles de abonamiento orgánico en el crecimiento y desarrollo de plantones injertados de camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) en un inceptisol de Pucallpa. La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de Ucayali, utilizando un diseño de bloques completamente al azar. Los tratamientos evaluados incluyeron diferentes proporciones de compost a base de residuos industriales de palma aceitera. Los resultados demostraron que la aplicación de 2 kg/m² de compost resultó en la mayor altura de planta y número de hojas, destacando en las variables de crecimiento y desarrollo de los plantones injertados. Estos hallazgos subrayan la importancia del uso racional de materia orgánica en la agricultura sostenible y proporcionan una base para investigar los efectos del compost en otros cultivos y condiciones edafoclimáticas.

En el estudio llevado a cabo por Bernardo (37) en el Centro de Investigación Frutícola y Olerícola (CIFO) - UNHEVAL, se analizó el efecto de diversas concentraciones de microorganismos eficaces activados (EMA) en el rendimiento del cultivo de pepinillo. Para realizar la investigación, se administró una cantidad inicial de abono orgánico en forma de compost (4 toneladas por hectárea) y se llevaron a cabo aplicaciones foliares de microorganismos eficaces activados (EMA) en distintas concentraciones: 0 %, 5 %, 7.5 % y 10 % a las 8:00 a.m. Los resultados obtenidos del análisis de los datos mostraron que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en términos de la longitud y diámetro de los frutos de pepinillo. No obstante, se observaron diferencias estadísticamente significativas en relación al número y peso de los frutos. De manera específica, los tratamientos que emplearon dosis de 7.5 % y 10 % de EMA demostraron tener los mayores impactos en cuanto al número y peso de los frutos. Específicamente, la dosis de 7.5 % de EMA mostró un aumento destacado en el rendimiento, logrando una producción de 13.08 toneladas por hectárea. Se pudo comprobar que la aplicación de microorganismos eficaces activados tiene un impacto significativo en el número

y peso de los frutos del cultivo de pepinillo. Además, se identificó que la dosis óptima de EMA se encuentra en el tratamiento con un 7.5 % de concentración (37).

El estudio realizado por Turpo (38) evaluó el efecto del compost y el biofertilizante en el crecimiento inicial de las plantas de *Schizolobium amazonicum* Huber. ex Ducke ("pinochuncho") establecidas en suelos degradados. La investigación se llevó a cabo en el Caserío Sausal, distrito de Padre Felipe Luyando, utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial 2A x 2B. Los tratamientos evaluados incluyeron diferentes combinaciones de compost y biofertilizante, midiendo indicadores de crecimiento como la altura total, el diámetro del tallo, la dimensión de la hoja y la dimensión de la copa. Según los hallazgos obtenidos, no se lograron registrar efectos estadísticamente significativos al utilizar compost y biofertilizante en el crecimiento inicial de las plantas de pinochuncho, aunque se resaltó una alta variabilidad dentro de los bloques establecidos. Este estudio subraya la importancia de considerar la variabilidad del suelo y otros factores ambientales al evaluar el impacto de los abonos orgánicos en la recuperación de suelos degradados y el desarrollo de especies forestales (38).

En la Universidad Nacional de Ucayali, Sebastián (39) realizó una investigación para analizar el efecto de dos niveles de abonos orgánicos (Mallki y compost de escobajo de palma aceitera) en la producción del cultivo de pepinillo regional tutorado. Se llevaron a cabo cinco conjuntos experimentales, incluyendo un grupo de control, utilizando distintas cantidades de Mallki y compost de escobajo de palma aceitera por metro cuadrado. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones para la realización del estudio. El tratamiento con 2 kg/m² de compost de escobajo presentó el mayor número promedio de frutos por planta (14). Le siguieron el tratamiento de compost a 1 kg/m² y el de Mallki a 2 kg/m² con 12 y 10 frutos por planta, respectivamente. No hubo diferencias significativas en tamaño y diámetro de los frutos entre los tratamientos. Sin embargo, el uso de 2 kg/m² de compost de escobajo resultó en frutos con 19.8 cm de longitud y 7.2 cm de diámetro en promedio, destacándose en estas medidas. En relación con el peso de los frutos, los tratamientos con 2 kg/m² de compost de escobajo y 1 kg/m² de Mallki presentaron los mejores resultados, con pesos promedio de 560 g y 529 g por fruto, respectivamente. En cuanto al rendimiento, el tratamiento con 2 kg/m² de compost de escobajo mostró el mejor desempeño, con 4.18 kg por planta y 6.98 toneladas por hectárea. De manera similar, el tratamiento con Mallki a 1 kg/m² presentó rendimientos promedio de 2.86 kg por planta y 4.76 toneladas por hectárea (39).

Vilca (40) realizó un estudio en Colpa Alta, Amarilis - Huánuco, para analizar los efectos de la fertilización orgánica e inorgánica en el rendimiento del cultivo de pepinillo, especialmente la variedad Marketmore. Se aplicaron 8 enfoques de fertilización que combinaron factores como gallinaza, guano de isla, ovinaza, gallinaza + N-P-K, guano de isla + N-P-K, ovinaza + N-P-K, N-P-K y la ausencia de fertilizantes. Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar en la investigación. Se evaluaron varios aspectos incluyendo altura, número, diámetro, longitud, peso y rendimiento de los frutos. El tratamiento T4, que incluyó la aplicación de gallinaza + N-P-K, mostró el mayor número promedio de frutos por planta, con un promedio de 4.53 unidades. El tratamiento T3, con ovinaza, mostró una altura destacada de las plantas a los 60 días después de la siembra, alcanzando 1.24 metros. Además, tuvo un fruto con mayor diámetro (57.31 mm), longitud (19.27 cm), peso promedio por planta (1,104.05 g) y un rendimiento de 22,090.00 kg por hectárea. Durante todo el ciclo de cultivo, este tratamiento mostró consistentemente resultados superiores en comparación con los demás. En las condiciones agroecológicas de la zona, una dosis de 5,740 kg/ha de ovinaza mostró resultados significativos en comparación con otros tratamientos, destacando la importancia de la ovinaza como fuente principal en el plan nutricional del cultivo de pepinillo (40).

En el estudio realizado por Siña (41) se investigó la influencia de distintas fuentes de materia orgánica en el rendimiento del cultivo de pepinillo. Se emplearon diversos tratamientos, que incluyeron: t1: materia orgánica de origen vacuno, t2: materia orgánica de origen avícola, t3: materia orgánica de origen ovino, t4: materia orgánica de origen cuy y t0: ausencia de materia orgánica (grupo de control). Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones para evaluar el efecto de distintas variables en el cultivo de pepinillo. Se registraron diversas medidas, como la altura de las plantas, el diámetro ecuatorial de los frutos, la longitud de los frutos, el peso individual de cada fruto, el número de frutos por planta y el peso total de los frutos por unidad experimental. Los resultados obtenidos indicaron que el tratamiento denominado t2, que consistió en la aplicación de estiércol de gallina, registró el mayor rendimiento en términos de producción de frutos, alcanzando una cantidad de 57.54 toneladas por hectárea. Se pudo concluir que el uso de estiércol de gallina como fuente de materia orgánica resultó altamente efectivo en cuanto al rendimiento de frutos de pepinillo. Se obtuvo un promedio de 57.54 toneladas por hectárea, lo cual evidencia su contribución significativa en la producción agrícola (41).

2.1.3. Antecedentes regionales y locales

El estudio realizado por Oré (42) examinó los efectos del compost en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en suelos andosoles. La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar. Los tratamientos evaluados en el estudio incluyeron tres niveles de compost (5 t/ha, 10 t/ha, y 15 t/ha) y un testigo sin compost. Según los hallazgos obtenidos, se observó que el tratamiento con 15 t/ha de compost mostró el mejor desempeño en términos de altura de las plantas a los 20, 40, 60 y 90 días, con 8.53 cm/planta, 12.97 cm/planta, 18.15 cm/planta y 20.10 cm/planta respectivamente. En contraste, el testigo presentó los menores valores de altura. Estos resultados indican que la aplicación de compost puede mejorar significativamente el crecimiento de la lechuga en suelos andosoles (42).

En el estudio realizado por Castillo (43) se evaluó la calidad del compost generado al combinar cuatro variedades de desechos orgánicos. Se utilizaron diferentes materiales, como estiércol de vaca, estiércol de oveja, residuos de mercado y sobras de cosecha. Se utilizó un método experimental con diseño de muestreo al azar, empleando 12 recipientes de compost de tamaño 0.8 m x 0.6 m. Se realizaron mediciones periódicas de temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la UNALM, en el departamento de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. Los resultados mostraron que los parámetros evaluados en el compost cumplen con los estándares de calidad establecidos por normativas como la Norma Técnica Chilena, la FAO, el IIAP-Iquitos y la EPA-Australia. Los niveles de cadmio y zinc en el compost excedieron los límites establecidos por la EPA-Australia y la Norma Técnica Chilena, al superar 1 ppm. Se evidenció que la adición de "Microorganismos Eficaces" (EM) durante el compostaje aumentó la humedad, conductividad eléctrica, Ca, Cu, Zn, relación C:N, Cd y Cr en el compost, en comparación con el compost sin EM (43).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Compostaje

El proceso de descomposición del compost es una actividad biológica que ocurre en un entorno con abundante oxígeno (aeróbico). Al mantener niveles adecuados de humedad y temperatura, se asegura una conversión sanitaria de los desechos orgánicos en un producto uniforme y fácilmente absorbible por las plantas (43).

El compostaje se puede conceptualizar como una secuencia de procesos metabólicos intrincados llevados a cabo por una variedad de microorganismos. Estos microorganismos aprovechan el oxígeno disponible para utilizar el N y C presentes, generando su propia biomasa en el proceso. Como consecuencia de estas actividades, se genera calor y se produce un producto sólido denominado compost, el cual presenta una menor concentración de C y N, pero mayor estabilidad (44).

A medida que los microorganismos descomponen los componentes de la materia orgánica, como el C, N y otros, se genera calor, el cual puede ser cuantificado a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. El compostaje se divide en diferentes etapas principales, las cuales están determinadas por la temperatura generada durante el proceso. Además, existe una etapa de maduración cuya duración puede variar.

2.2.1.1. Peso de compost

El peso del compost es una característica fundamental que influye en su manejo, transporte y aplicación en los suelos. Este peso está determinado por la cantidad de materia orgánica presente y su contenido de humedad. En términos generales, el compost con mayor humedad es más pesado debido a la retención de agua en su estructura porosa (44).

El peso del compost es una variable clave en la planificación de su aplicación agrícola, ya que un compost más pesado puede implicar mayores costos logísticos y dificultades en su manipulación. Asimismo, el peso influye en la compactación del suelo, ya que una aplicación excesiva de compost demasiado denso puede reducir la aireación del sustrato y afectar el crecimiento radicular de las plantas (44).

En la evaluación de la calidad del compost, el peso se mide en kilogramos (kg) y es un factor relevante para establecer dosis adecuadas de aplicación según el tipo de cultivo y las condiciones edafoclimáticas (44).

2.2.1.2. Volumen de compost

El volumen del compost se refiere al espacio tridimensional que ocupa el material orgánico en su estado final de descomposición. Se mide en metros cúbicos (m^3) y depende de diversos factores, como la compactación, la humedad y la porosidad del compost (44).

El compost tiene un volumen inicial mayor durante la fase de degradación, pero este disminuye a medida que avanza el proceso de compostaje, debido a la pérdida de materia orgánica en forma de dióxido de carbono (CO₂) y la reducción del tamaño de las partículas (44).

La determinación del volumen del compost es esencial en la planificación agrícola, ya que permite calcular la cantidad de material requerido para mejorar la estructura del suelo sin alterar su equilibrio físico-químico. Además, el volumen es un factor clave en la logística de almacenamiento y distribución del compost en unidades productivas (44).

En la práctica, el volumen del compost se mide a través de métodos de cubicación y su estabilidad es un criterio importante para definir la madurez del producto. Un compost bien estabilizado presenta un volumen final reducido y uniforme, lo que facilita su aplicación en el suelo (44).

2.2.1.3. Densidad del compost

La densidad del compost es una propiedad física que relaciona su peso con el volumen que ocupa. Se expresa en kilogramos por metro cúbico (kg/m³) y es un indicador de la calidad y madurez del compost.

Matemáticamente, la densidad se calcula con la ecuación:

$$D = \frac{m}{V}$$

Donde:

*D = densidad del compost (kg/m³).

*m = masa de compost (kg).

*V = volumen del compost (m³).

La densidad del compost es un factor crítico en su aplicación agrícola, ya que afecta su capacidad de retención de agua, aireación y distribución de nutrientes en el suelo. Un compost con densidad alta puede indicar un contenido excesivo de humedad o una compactación inadecuada, lo que podría dificultar la infiltración del agua y el desarrollo de raíces. Por otro lado, un compost con densidad baja puede tener una menor concentración de nutrientes y una estructura demasiado porosa, reduciendo su efectividad en la fertilización del suelo (44).

En términos prácticos, se considera que un compost de buena calidad tiene una densidad promedio entre 400 y 800 kg/m³, dependiendo de su composición y nivel de madurez. Un compost denso es más eficiente en el transporte, pero puede requerir técnicas adecuadas de aplicación para evitar su compactación en el campo.

2.2.1.4. Importancia de la relación peso-volumen-densidad en el compostaje

La interacción entre peso, volumen y densidad es fundamental en la producción y aplicación del compost. Un compost óptimo debe mantener un equilibrio adecuado entre estas propiedades para garantizar su eficacia en la mejora de suelos agrícolas (44).

Algunas consideraciones claves sobre esta relación incluyen:

- Un mayor volumen inicial en el compostaje indica una alta proporción de materia orgánica en procesamiento, que disminuirá a medida que avance el proceso.
- Un peso adecuado garantiza que el compost contenga suficiente materia orgánica estabilizada sin exceso de humedad o compactación.
- Una densidad equilibrada permite mejorar la estructura del suelo sin alterar sus propiedades físicas esenciales, como la porosidad y la capacidad de retención de agua.

En estudios de compostaje, estas propiedades se monitorean regularmente para asegurar que el material final tenga las características óptimas para su aplicación en la agricultura sostenible.

2.2.1.5. Fases de compostaje

Las fases del compostaje se clasifican según los rangos de temperatura alcanzados:

- Fase mesófila:

El proceso de compostaje se inicia con el material de partida a temperatura ambiente, y en un lapso breve de tiempo, a veces incluso en cuestión de horas, la temperatura se eleva hasta alcanzar los 45°C. Este aumento en la temperatura es consecuencia de la actividad de los microorganismos, ya que en esta fase utilizan fuentes de C y N simples, lo que genera calor. Durante este período, se lleva a cabo la descomposición de compuestos solubles, como los azúcares, lo cual

genera ácidos orgánicos y puede dar lugar a una reducción del pH (hasta alrededor de 4.0 o 4.5). Esta fase es de corta duración, generalmente de dos a ocho días (44).

- Fase termófila o de higienización:

Cuando la temperatura del material excede los 45°C, los microorganismos mesófilos, que se desarrollan a temperaturas moderadas, son sustituidos por microorganismos termófilos, los cuales prosperan en temperaturas más elevadas. Principalmente, estos microorganismos termófilos desempeñan una función esencial en la descomposición de sustancias ricas en carbono más complejas, como la celulosa y la lignina. Su actividad impulsa la descomposición de estos compuestos, lo cual resulta fundamental para el proceso de compostaje (44).

La función primordial de estos microorganismos es la conversión del nitrógeno en amoníaco, lo que provoca un incremento en el pH del entorno. A partir de los 60°C, se empiezan a desarrollar bacterias formadoras de esporas y actinobacterias, las cuales desempeñan un papel crucial en la descomposición de compuestos de carbono complejos, como ceras y hemicelulosas. La duración de esta etapa puede fluctuar, ya sea de algunos días hasta varios meses, y está sujeta a diversos factores, como el tipo de material de partida, las condiciones climáticas, el entorno y otros elementos que pueden influir en el proceso (44).

- Fase de enfriamiento o mesófila II:

Cuando las fuentes de carbono, especialmente el nitrógeno, se han agotado en el material que se está compostando, la temperatura comienza a disminuir hasta llegar a alrededor de 40 - 45°C. En esta fase, continúa la descomposición de polímeros como la celulosa, y se hacen visibles hongos que pueden ser observados sin necesidad de utilizar instrumentos. A medida que la temperatura se reduce por debajo de los 40°C, los microorganismos mesófilos vuelven a ser activos y el pH del entorno disminuye ligeramente, aunque en términos generales se mantiene ligeramente alcalino. Esta etapa de enfriamiento puede extenderse por varias semanas y a menudo se confunde con la fase de maduración (44).

- Fase de maduración:

Es un período de tiempo que puede durar varios meses a temperatura ambiente, durante el cual se producen procesos secundarios de condensación y polimerización de compuestos ricos en carbono. Estos procesos dan como resultado la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (44).

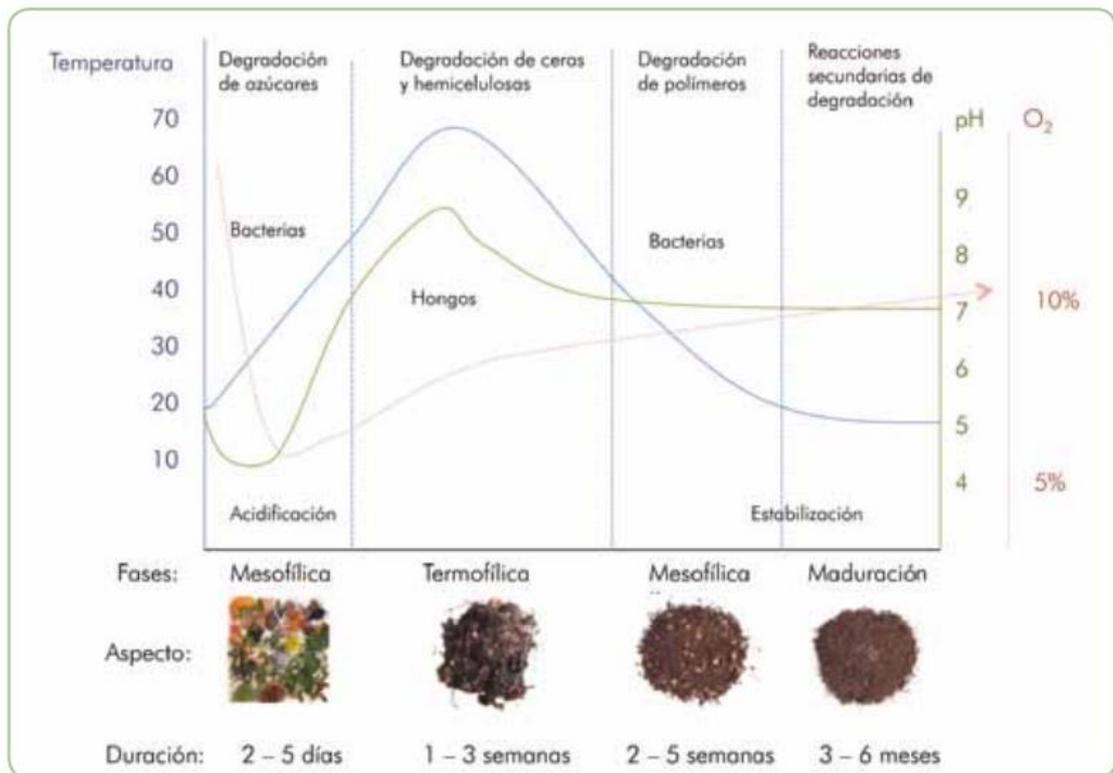


Figura 1. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje.

Tomado de Manual de compostaje del agricultor, por Román *et al.* (44 pág. 25).

2.2.1.6. Organismos patógenos en el compost

En el compost, es factible hallar diferentes microorganismos patógenos que se pueden eliminar al mantener temperaturas entre 55°C y 70°C en las pilas de compostaje durante períodos que varían de tres a 60 minutos. La fase termofílica del compostaje garantiza la eliminación de estos microorganismos patógenos, lo que resulta en un compost orgánico libre de contaminantes. Entre los microorganismos patógenos más comunes que pueden encontrarse en el proceso de compostaje y representar un riesgo para animales, plantas y seres humanos se incluyen la *Salmonella spp.* y la *Escherichia coli* (45).

2.2.1.7. Índices de calidad del compost

El compost, como producto final del proceso, debe cumplir con requisitos específicos en términos de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para asegurar su utilización y comercialización. Estos estándares de calidad son esenciales para salvaguardar el medio ambiente y la salud pública. En algunas situaciones, los sustratos orgánicos que se someten a compostaje pueden contener metales pesados, lo cual puede tener consecuencias significativas en la calidad del producto final. Estos metales tienen la capacidad de ingresar a la cadena alimentaria a través de las plantas, lo que aumenta el riesgo de toxicidad tanto para seres humanos como para animales (45).

A continuación, se muestra una tabla que establece los rangos aceptables para los principales parámetros físicos y químicos del compost. Estos rangos suelen ser amplios, ya que están determinados por las características físico-químicas de los materiales utilizados en el compostaje.

Tabla 2. *Especificaciones referenciales de la calidad del compost según Norma Técnica Peruana 201.208:2021.*

| Parámetro | Rango permisible |
|-------------------------------|-------------------------|
| Humedad (%) | 35 - 50 |
| Densidad (kg/m ³) | 550 - 850 |
| pH | 6,5 - 8,5 |
| Materia orgánica (%) | ≥ 20 |
| Arsénico (mg/kg) | ≤ 10 |
| Cadmio (mg/kg) | ≤ 5 |
| Cobre (mg/kg) | ≤ 300 |
| Cromo (mg/kg) | ≤ 150 |
| Mercurio (mg/kg) | ≤ 1 |
| Níquel (mg/kg) | ≤ 50 |
| Plomo (mg/kg) | ≤ 50 |
| Zinc (mg/kg) | ≤ 500 |

Nota: adaptado del Instituto Nacional de Calidad (46).

2.2.1.8. Parámetros físicos

- Humedad:

La cantidad de humedad presente en el montón de compostaje se ve influenciada por varios factores, como el contenido de agua en los

materiales utilizados, la actividad de los microorganismos, el nivel de oxígeno y la temperatura. Estos factores están estrechamente interrelacionados y afectan directamente el nivel de humedad en la pila de compostaje. Las actividades microbianas, que incluyen el crecimiento y la división celular, requieren condiciones de humedad óptimas para llevarse a cabo de manera eficiente (45).

El nivel óptimo de humedad se sitúa entre el 50 % y el 60 %, aunque puede variar según los materiales y el método de compostaje utilizados. Se considera aceptable un rango de humedad entre el 40 % y el 70 %, sin embargo, niveles de humedad superiores al 70 % pueden saturar los espacios entre las partículas del material, lo que dificulta la circulación del aire dentro de la pila. Como consecuencia, se produciría un ambiente anaeróbico en el cual los microorganismos no tendrían acceso al oxígeno necesario, lo que resultaría en su muerte y el predominio de microbios anaeróbicos. Aunque el material aún se descomponga, surgirían desafíos debido a las condiciones anaeróbicas, como la generación de gases malolientes. Estos gases son perjudiciales y contribuyen al problema del calentamiento global (45).

- Temperatura:

La temperatura desempeña un papel fundamental en el proceso de compostaje, ya que es indicativa de la actividad microbiológica de los microorganismos presentes. Estos microorganismos funcionan de manera óptima dentro de rangos de temperatura específicos, por lo que su control es crucial para el éxito del proceso de compostaje (45).

Durante el transcurso del compostaje, los materiales utilizados experimentan fluctuaciones de temperatura debido a la interacción constante con diversos grupos de microorganismos. Inicialmente, al comienzo del proceso, los materiales se encuentran a temperatura ambiente. Dentro de un lapso de dos a seis días, es posible que las temperaturas se incrementen hasta alcanzar los 45°C como resultado de la intensa actividad metabólica de los microorganismos y la biodegradación de los sustratos. Esta actividad biológica genera calor, lo que provoca un aumento en la temperatura y conduce a la descomposición de compuestos como azúcares, almidones y grasas (45).

Cuando la temperatura llega a los 60°C a 70°C, se logra una eliminación eficiente de las semillas de malezas y una gran cantidad de agentes patógenos que podrían estar presentes en el material. Después de esta etapa, la temperatura comienza a disminuir gradualmente hasta igualarse con la temperatura ambiente (45).

- Tamaño de partículas:

Para garantizar una oxigenación adecuada y una superficie de interacción óptima para los microorganismos, es crucial descomponer los desechos vegetales en fragmentos más pequeños. Este proceso también contribuye a acelerar las reacciones bioquímicas llevadas a cabo por estos organismos (45).

Si las partículas son demasiado grandes, la superficie de interacción disponible para que los microorganismos actúen sobre ellas se reduce. Esto puede ocasionar un proceso de descomposición más prolongado y una transformación parcial de los materiales. También, si hay un exceso de partículas grandes, puede haber pérdida de humedad y una reducción en la transferencia de oxígeno. Por otro lado, un exceso de partículas muy pequeñas puede dar lugar a la formación de conglomerados en el material, lo que favorece la descomposición y descomposición de los materiales utilizados (45).

- Color y olor:

El compost puede presentar una gama de colores que va desde el marrón claro hasta el marrón oscuro, lo cual está relacionado con su nivel de madurez. En la etapa final, se espera que el compost tenga un olor similar al de la tierra húmeda de un bosque (45).

2.2.1.9. Parámetros químicos

- pH:

A lo largo del proceso de compostaje, el pH experimenta variaciones debido a la actividad de los microorganismos, lo cual lo convierte en un factor determinante para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos. En líneas generales, los hongos tienen tolerancia a un pH ligeramente ácido, que oscila entre 5 y 8, gracias a la producción inicial de ácidos orgánicos durante el proceso de

descomposición. Después de transcurrir ciertos días, se observa una tendencia hacia un pH ligeramente alcalino como resultado de la liberación de amoníaco durante la transformación de las proteínas llevada a cabo por las bacterias. Estas últimas tienen preferencia por un entorno casi neutro, con un pH entre 6 y 7.5, donde para lograr un sistema de compostaje óptimo, se recomienda mantener el pH dentro del rango de 6.5 a 8 (45).

- Nitrógeno total:

La cantidad global de nitrógeno presente en el compost puede fluctuar según la materia prima empleada, las condiciones del proceso, el nivel de madurez y el almacenamiento. A lo largo del proceso de compostaje, la cantidad de nitrógeno tiende a reducirse debido a la volatilización del amoníaco. Este amoníaco es capturado, transformado y utilizado por los microorganismos involucrados en el proceso de descomposición. Esto significa que puede haber una pérdida considerable de nitrógeno, especialmente en los primeros días de fermentación debido a la rápida e intensa actividad bioquímica. Para asegurar una fermentación aeróbica efectiva es recomendable que la pérdida de nitrógeno no exceda el 20 % de la cantidad inicial (47).

- Materia orgánica:

El éxito en la descomposición de la materia orgánica durante el proceso de compostaje está estrechamente relacionado con la composición de las comunidades microbianas al comienzo del proceso. Los microorganismos desempeñan un papel fundamental en la degradación de los materiales orgánicos utilizando diversas enzimas hidrolíticas. Estas enzimas son responsables de controlar en gran medida la velocidad a la que los sustratos orgánicos se descomponen. En el proceso de compostaje, se destacan diversas enzimas que desempeñan un papel crucial. Entre ellas se encuentran las celulasas, que tienen la capacidad de descomponer la celulosa; la despolimerasa celulosa, encargada de fragmentar los polímeros celulósicos; la B-glucosidasa, que realiza la hidrólisis de los glucósidos; la ureasa, involucrada en la mineralización del nitrógeno; y las fosfatasas y arilsulfatasas, cuya función es eliminar los grupos de fosfato y sulfato de los compuestos orgánicos. La acción

de estas enzimas resulta vital para alcanzar una descomposición efectiva de la materia orgánica durante el proceso de compostaje (48).

- Carbono orgánico:

La descomposición de la materia orgánica se lleva a cabo gracias a la habilidad de los microorganismos involucrados en el proceso de utilizar el carbono orgánico como fuente de energía. Aunque el proceso puede requerir más carbono que nitrógeno, es importante considerar que un exceso de nitrógeno puede prolongar el tiempo de descomposición una vez que las reservas de nitrógeno se agotan y algunos microorganismos mueren. Por lo tanto, mantener un equilibrio adecuado entre el carbono y el nitrógeno es esencial para un proceso de descomposición eficiente y oportuno. El nitrógeno absorbido por estos microorganismos es aprovechado por otros microorganismos, a la vez que se utiliza el carbono adicional para construir sustancia celular. Esto permite mantener un equilibrio adecuado en la cantidad de carbono, al mismo tiempo que el nitrógeno es reintegrado al ciclo. De esta manera, se establece una relación interdependiente entre el carbono y el nitrógeno durante el proceso de descomposición de la materia orgánica (47).

- Relación carbono/nitrógeno:

Es un factor determinante del avance del compostaje. El carbono proporciona energía a los microorganismos, estimulando sus procesos metabólicos, mientras que el nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas. Mantener una proporción adecuada entre estos dos nutrientes favorece un crecimiento y reproducción óptimos de los microorganismos involucrados en el proceso, indicando así el buen desarrollo del compostaje (45).

Para iniciar el proceso de compostaje, se considera que una relación adecuada entre carbono y nitrógeno (C:N) es de 20 a 30, sin embargo, se recomienda una relación óptima de 25 unidades de C por cada unidad de N al comenzar el compostaje con material fresco o sin procesar. Exceder este valor puede retrasar innecesariamente el proceso. Si la relación no alcanza un equilibrio óptimo, la comunidad microbiana se desarrollará de manera diferente a la necesaria para obtener un compost de alta calidad. Por lo tanto, mantener una proporción equilibrada de C:N es fundamental para asegurar un compostaje eficiente y efectivo (45).

- Fósforo total:

El fósforo desempeña un papel crucial en la maduración de flores, semillas y frutas, así como en el desarrollo de las raíces de las plantas. Por lo tanto, su presencia en el compost es de gran importancia debido a la cantidad que puede aportar a las plantas cuando se aplica. La concentración de fósforo en el compost puede fluctuar entre el 0.3 % y el 3.5 % en forma de P_2O_5 , y esta variación está determinada por los diversos materiales empleados en el proceso de compostaje (45).

- Potasio total:

El potasio juega un papel vital en el desarrollo de las plantas, ya que promueve el crecimiento de raíces y tallos fuertes, así como la formación de semillas, frutas y hojas de mayor tamaño. Asimismo, el compostaje contribuye a fortalecer la resistencia de las plantas frente a las plagas y promueve la circulación de otros nutrientes en su interior. Por consiguiente, la presencia de potasio en el compost resulta sumamente relevante. Este elemento puede encontrarse en proporciones que varían entre el 0.5 % y el 1.8 %, principalmente en forma de K_2O (45).

2.2.1.10. Parámetros microbiológicos

- Población total de bacterias:

La actividad microbiana es de suma importancia en el proceso de compostaje, y las bacterias son los organismos más abundantes, superando en número a los hongos. La cantidad total de bacterias presentes se ve afectada por el tipo de material utilizado como base para el compostaje, así como por las condiciones ambientales específicas del lugar donde se realiza el proceso. Estas bacterias son principalmente aerobias y pueden ser clasificadas según su temperatura óptima de desarrollo. Por ejemplo, se consideran bacterias mesofílicas aquellas que prosperan en temperaturas que oscilan entre los 20°C y 40°C, mientras que las bacterias termofílicas son aquellas que prefieren temperaturas entre los 40°C y 75°C (45).

- Población total de hongos:

Los hongos desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica, especialmente en la degradación de la celulosa, que

constituye alrededor del 60 % de la masa total de la materia orgánica, sin embargo, los hongos son sensibles a temperaturas elevadas y su actividad disminuye considerablemente a 55°C. Aunque muchos hongos se destruyen a esta temperatura, algunos pueden entrar en estado de latencia y volver a activarse durante la fase de enfriamiento del compost (45).

- Microorganismos termotolerantes:

La evaluación de microorganismos en un compost es un parámetro de gran importancia para garantizar su calidad. Resulta crucial llevar a cabo un análisis previo antes de su utilización con el propósito de identificar la presencia de dichos microorganismos. Como se hizo referencia anteriormente, la existencia de microorganismos indeseables puede generar daños directos en las plantas, dado que el compost se emplea como enmienda del suelo. Esto también puede tener repercusiones en los animales y seres humanos que consumen los productos cultivados en suelos tratados con compost. Por lo tanto, es fundamental asegurarse de la ausencia de microorganismos perjudiciales antes de utilizar el compost (45).

2.2.2. Pepino

El pepino, conocido científicamente como *Cucumis sativus* L., es una planta de la familia de las cucurbitáceas que se cultiva en diferentes zonas tropicales y subtropicales en todo el mundo. Originario del norte de India, este vegetal es apreciado por sus frutos. Estos frutos se destacan por ser una fuente rica en minerales y vitaminas, ofreciendo beneficios nutricionales significativos (49).

En los mercados, se encuentran disponibles distintas variedades de pepinos que presentan diferencias en cuanto a tamaño, forma, coloración de los frutos, textura de la cáscara, sabor y características vegetativas. Algunos expertos clasifican estas variedades en cinco grupos principales: pepino para ensalada, caipira, japonés, holandés e industrial (utilizado para conservas). Por otra parte, según algunos especialistas, se reconocen varias categorías predominantes de pepinos, como el tipo americano, europeo, del Medio Oriente, holandés y oriental. Estas categorías nos ayudan a distinguir las distintas variedades de pepinos que se pueden encontrar en el mercado, cada una con características y usos específicos (49).

Se puede utilizar otro criterio relevante para clasificar los pepinos, que es el tamaño de sus frutos. En este sentido, se distinguen tres categorías principales: pepinos largos (como el tipo holandés), pepinos medianos (como el tipo americano o slicer y el francés) y pepinos pequeños (como el tipo Beit Alpha, "mini" o pepinillo). Los pepinos tipo americano (slicer) se caracterizan por tener una cáscara oscura y gruesa, lo que les brinda una mayor resistencia una vez que han sido cosechados. Los pepinos son recolectados cuando llegan a tener una longitud de entre 18 y 23 cm. De esta forma, se establece una clasificación de los distintos tipos de pepinos en relación a su tamaño, lo que simplifica la selección de la variedad apropiada de acuerdo a las preferencias y usos particulares que se deseen (50).

2.2.2.1. Características botánicas

- Raíz:

El sistema radicular del pepino consiste en una raíz principal que puede llegar a adentrarse en el suelo a una profundidad de alrededor de 100 a 120 cm se ramifica rápidamente en raíces secundarias superficiales, muy finas, alargadas y de color blanco que suelen ubicarse principalmente en la capa de suelo que se encuentra a una profundidad de 10 a 20 cm. Estas raíces son fasciculadas y se desarrollan superficialmente. Toda la planta está cubierta de pelos erizados (51).

- Tallo:

El tallo comienza siendo herbáceo, pero a medida que la planta madura, se lignifica progresivamente, adquiriendo una apariencia leñosa. Generalmente, estos tallos son de color verde, con pigmentaciones más oscuras que pueden variar en intensidad. Este cambio de textura y color indica el proceso de maduración y fortalecimiento del tallo, lo cual le permite soportar mejor el peso de la planta y adaptarse a diferentes condiciones ambientales (52).

- Hojas:

Las hojas del pepino son simples y tienen una forma acorazonada en su amplio limbo. Tienen un pecíolo largo, con un gran limbo en forma de corazón, que presenta tres lóbulos más o menos definidos (el central es el más prominente y suele terminar en punta), de color verde oscuro y cubierto por un vello muy fino (51).

- Flores:

Las flores cuentan con pedúnculo corto y pétalos amarillos, las flores surgen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales. Aunque los primeros cultivares conocidos eran monoicos, presentando únicamente flores masculinas y femeninas, actualmente todas las variedades comerciales cultivadas son plantas ginoicas, lo que significa que solo tienen flores femeninas, las cuales se distinguen claramente de las masculinas por poseer un ovario ífero (51).

- Semillas:

Las semillas del pepino son de forma alargada y tienen un color amarillento característico. Se estima que hay alrededor de 30 a 40 semillas por gramo. Estas semillas tienen una capacidad de germinación que puede durar aproximadamente 5 años (51).

- Fruto:

El fruto o pepónide puede ser áspero o liso, dependiendo de la variedad, y cambia de un color verde claro a un verde oscuro, hasta alcanzar un tono amarillento cuando está completamente maduro, aunque se recolecta antes de alcanzar su madurez fisiológica. Su pulpa es acuosa, de color blanquecino, y contiene semillas distribuidas a lo largo del fruto. Estas semillas varían en cantidad, son ovales, algo aplastadas y de color blanco-amarillento (51).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Residuos sólidos

Se refieren a la materia que ha sido utilizada por las personas y ya no se considera útil o se desea desechar. En líneas generales, se entiende como residuo sólido a cualquier material que ha sido descartado, independientemente de su utilidad o no (53).

2.3.2. Valorización de residuos sólidos

Implica llevar a cabo una acción con el propósito de reutilizar uno o más de los materiales que los componen, de manera que puedan ser empleados en lugar de otros materiales o recursos en los procesos de producción. La valorización puede adoptar formas tanto materiales como energéticas (54).

2.3.3. Residuos sólidos orgánicos

Se denomina materia orgánica a cualquier sustancia derivada de organismos vivos, ya sea de plantas o animales, que tiene la capacidad de descomponerse mediante la acción de microorganismos. También abarca los restos, residuos o productos no utilizados de cualquier organismo (55).

2.3.4. Compostaje

Es una estrategia económica que asegura la reincorporación de los componentes de los desechos orgánicos en el ciclo de producción primario. Asimismo, tiene el beneficio adicional de mejorar las características físicas y químicas del suelo, lo que se traduce en un aumento en la productividad de los cultivos (56).

2.3.5. Suelo

Se refiere a una entidad natural que se compone de manera integrada por diversos elementos, tales como sustancias sólidas (tanto minerales como orgánicas), líquidos y gases. Se distingue por la existencia de estratos o capas que difieren del material original debido a cambios y procesos que involucran la adición, pérdida, transferencia y transformación de energía y materia. Además, este sustrato tiene la capacidad de crear un entorno favorable para el desarrollo de plantas con raíces en su entorno natural (57).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método general

La metodología empleada en este estudio sigue un enfoque hipotético-deductivo, predominante en la investigación de las ciencias sociales. En este enfoque, se formulan hipótesis antes del estudio, se recopilan datos y se realizan análisis para evaluar el grado de respaldo que reciben dichas hipótesis. La deducción se basa en la validación de una teoría mediante evidencia empírica, lo que requiere que las premisas iniciales sean verdaderas para que las conclusiones sean lógicamente consistentes (57).

3.1.2. Método específico

El método específico es el cuantitativo. La investigación cuantitativa se basa en la utilización de elementos numéricos para llevar a cabo el análisis, la verificación y la evaluación de la información y los datos. Este método de estudio se enfoca en la comprobación deductiva de las proposiciones planteadas durante la investigación, lo que implica la formulación de hipótesis basadas en la relación entre variables, que posteriormente se someten a mediciones con el objetivo de corroborarlas o descartarlas. El método de investigación utilizado fue de naturaleza cuantitativa, ya que buscó obtener respuestas mensurables a través del uso de elementos numéricos para analizar y verificar información y datos. El propósito de este método es confirmar las hipótesis planteadas en el estudio (58).

3.1.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación adoptado es de naturaleza aplicada. La investigación aplicada se enfoca en la resolución de problemas específicos que afectan a individuos y a la sociedad en general. En consecuencia, su propósito fundamental radica en identificar respuestas prácticas y concretas para abordar desafíos en diferentes ámbitos, tales como la salud, la educación, la tecnología y otros campos relevantes (59).

3.1.4. Nivel de investigación

El nivel de la investigación se enfoca en la vertiente explicativa. Este nivel tiene como objetivo brindar una explicación y comprensión de los fenómenos estudiados, así como determinar sus características fundamentales. En este sentido, es necesario

formular hipótesis que busquen establecer las relaciones de causa y efecto entre los elementos involucrados en los fenómenos bajo análisis (60).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación que se optó es el experimental de corte longitudinal. Según Hernández-Sampieri *et al.* (61) es un estudio en el que se alteran intencionalmente una o más variables independientes para examinar los efectos que dicha alteración tiene sobre una o más variables dependientes, todo dentro de un entorno controlado. Además, el enfoque de estudio longitudinal implica la recopilación de datos en diferentes fases del proyecto, con el propósito de contrastar la información obtenida a lo largo de la investigación con la población o muestra de estudio (62).

Variable independiente:

- Compost:

Los parámetros físicos se probaron en tres niveles de compost: 1 kg/m², 2.5 kg/m² y 4 kg/m². Estos niveles se establecerán para investigar cómo varía el crecimiento y desarrollo del *Cucumis sativus* respecto a la cantidad de compost aplicado.

Variable dependiente:

- *Cucumis sativus* (pepino).

Dimensiones:

- Crecimiento:

El crecimiento del *Cucumis sativus* (pepino) se calculó comparando el tamaño de las plantas de cada parcela experimental con respecto a la parcela de control.

- Desarrollo:

El desarrollo del *Cucumis sativus* se evaluó mediante la comparación del número de flores, número de frutos, así como la longitud y peso de los frutos en cada parcela experimental con respecto a la parcela de control.

De acuerdo con el enfoque cuantitativo, es posible entender de manera científica cómo las variables independientes de entrada afectan a la variable de salida.

Se emplea el diseño factorial: $N^*pruebas = 3^k$

Donde:

- 3: representa el número de niveles.

- k: representa el número de variables independientes.

Tabla 3. *Tratamientos y las dosis de compost.*

| TRATAMIENTO | DOSIS | CODIFICACIÓN |
|---------------|-----------------------|--------------|
| Tratamiento 1 | 1 kg/m ² | T1 |
| Tratamiento 2 | 2.5 kg/m ² | T2 |
| Tratamiento 3 | 4 kg/m ² | T3 |
| Control | - | C |

Tabla 4. *Matriz de experimentos.*

| Matriz de experimentos | | | | | | |
|------------------------|-------|--------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Tratamiento | Dosis | Altura de la planta (cm) | Peso por fruto (kg) | Longitud del fruto (cm) | Número de flores por planta | Número de frutos por planta |
| T1 | | | | | | |
| T1 | | | | | | |
| T1 | | | | | | |
| T2 | | | | | | |
| T2 | | | | | | |
| T2 | | | | | | |
| T3 | | | | | | |
| T3 | | | | | | |
| T3 | | | | | | |
| C | - | | | | | |

3.3. Materiales y métodos

3.3.1. Materiales

- Semillas de *Cucumis sativus* (pepino): para realizar la siembra en las parcelas de estudio.
- Suelo: el suelo de las parcelas de cultivo donde se llevó a cabo el experimento.
- Compost: generado en el Mercado Modelo de Chupaca, que fue la enmienda orgánica utilizada en el estudio.
- Herramientas de campo:
 - Palas y azadas para la preparación del terreno.
 - Regaderas o sistemas de riego para mantener el suelo húmedo.
- Instrumentos de medición:
 - Reglas, cinta métrica o calibradores para medir la altura de las plantas y la longitud de las hojas.
 - Balanzas de precisión para pesar muestras de suelo y compost.

- Medidores de temperatura y humedad del suelo y el ambiente.
- Materiales de escritura: lápices, bolígrafos, marcadores, etc., para tomar notas en el campo y en el laboratorio.
- Programas de análisis estadístico: software estadístico SPSS o Excel para el análisis de dato.
- Material de oficina: papel, carpetas, impresoras y otros suministros de oficina para organizar y documentar la investigación.
- Equipo de Protección Personal (EPP): como guantes y gafas de seguridad.
- Vehículo de transporte: para acceder al lugar de estudio y transportar los materiales y equipos necesarios.
- Material de almacenamiento: para conservar muestras de suelo, compost y otros materiales de manera adecuada.

3.3.2. Procedimientos

3.3.2.1. Recolección de residuos orgánicos

Se identificaron y recolectaron los residuos orgánicos generados en el Mercado Modelo de Chupaca, incluyendo restos de frutas, verduras, cáscaras de huevo, posos de café, hojas secas y otros desechos vegetales. Para garantizar la calidad del compost, se llevó a cabo un proceso de selección, eliminando cualquier material inorgánico como plásticos, vidrios o metales. Posteriormente, se realizó un pretratamiento que consistió en triturar los residuos de mayor tamaño, con el objetivo de acelerar su optimización y optimizar el proceso de compostaje.

Según la Ley N° 27314, modificada por Decreto Legislativo N° 1065 (63), Ley General de Residuos Sólidos, junto con su reglamento, el Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, proporcionan un marco legal integral para la gestión adecuada de todos los tipos de residuos sólidos en Perú, incluidos los residuos orgánicos generados en mercados. Estas normativas definen las directrices y requisitos para la segregación, recolección, tratamiento y disposición final de los residuos, asegurando que se manejen de manera eficiente y sostenible. Específicamente, el marco legal enfatiza la importancia de la caracterización y manejo específico de residuos orgánicos, promoviendo prácticas como el compostaje y la digestión anaeróbica que contribuyen a la valorización de estos residuos y al soporte de una economía circular.

La Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales, impulsado por el Ministerio del Ambiente (64) enfatiza la importancia de la segregación de residuos en la fuente, es decir, la separación de los residuos orgánicos en los mercados antes de su recolección, lo que facilita su tratamiento y disposición adecuada. También se detalla cómo realizar estudios de caracterización de residuos para entender mejor la composición y cantidad de residuos generados, lo cual es esencial para planificar y optimizar los sistemas de tratamiento y disposición final.

- Paso 1: ficha de recolección de datos que incluya los datos de D0 hasta el D7, peso, densidad y volumen, en la cual se determinaron de la siguiente manera:

Pesaje de muestras de residuos sólidos:

En bolsa industrial recolectar las respectivas bolsas de residuos orgánicos y está pesar en una balanza, Se recomienda que, para registrar los valores obtenidos del pesaje de las bolsas, en el formato previamente definido.

Densidad de residuos sólidos:

Cálculo de la densidad para el Día N° 1, con los datos obtenidos en campo realizando la siguiente ecuación:

$$Densidad (S) = \frac{w}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (H_f - H_o)}$$

Donde:

*S: densidad de los residuos sólidos (kg/m³).

*W: peso de los residuos sólidos.

*Vr: volumen del residuo sólido.

*D: diámetro del cilindro.

*Hf: altura total del cilindro.

*Ho: altura libre del cilindro.

*π: constante (3.1416).

Volumen:

En un cilindro verter las bolsas de residuos orgánicos recaudados, tener en cuenta los datos de medidas del cilindro (área de la base y la altura).

$$V = \text{Área de la base} \times \text{Altura}$$

- Paso 2: la columna “Promedio”, utiliza la fórmula “PROMEDIO (DIA1:DIA7)”, solo de aquellos generadores que hayan entregado como mínimo el 50 % de las muestras con respecto a los días que laboran.
- Paso 3: la columna del “Día 0” no es considerada en el ejercicio de cálculo debido a que es el primer día de prueba.
- Paso 4: finalmente se debe calcular el promedio general de todos los promedios corregidos existentes.

3.3.2.2. Preparación del sitio de compostaje

Se crearon pilas de compost o se utilizaron composteras, garantizando una adecuada circulación de aire y acceso para su volteo. Las pilas fueron instaladas con dimensiones de 1.5 m de ancho \times 2.5 m de largo \times 1.2 m de alto, asegurando condiciones óptimas para el procesamiento de los residuos orgánicos y facilitando su manejo.

3.3.2.3. Formación de capas

Se colocó una capa de materiales gruesos como ramas, pajas o hojas secas para facilitar la circulación del aire. Se añadió una capa de residuos verdes y húmedos como restos de frutas y verduras, colocando una capa de materiales marrones y secos como hojas secas, aserrín o papel, de manera que se repitió las capas hasta alcanzar una altura de aproximadamente 1.5 metros, alternando entre materiales verdes y marrones.

3.3.2.4. Mantenimiento de pila

Se mantuvo la pila húmeda, similar a una esponja exprimida, añadiendo agua regularmente volteando la pila cada 1 - 2 semanas para garantizar una adecuada oxigenación y acelerar el proceso de descomposición.

3.3.2.5. Monitoreo de la pila

La temperatura debe mantenerse entre 55°C y 65°C la cual es ideal para la descomposición y la eliminación de patógenos. Ante ello, un olor agradable y terroso indica que el proceso va bien. Olores fuertes y desagradables pueden ser señal de una mala aireación o exceso de humedad.

3.3.2.6. Maduración del compost

En este proceso se dejó que el compost madure durante 3 meses. El compost está listo cuando tiene un color marrón oscuro, una textura homogénea y un olor a tierra.

3.3.2.7. Caracterización del compost

Se recolectaron muestras del compost y se envió al laboratorio de análisis de suelo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), donde se caracterizó el compost elaborado.

3.3.2.8. Preparación del suelo para la siembra del *Cucumis sativus* (pepino)

La preparación del suelo se llevó a cabo manualmente, eliminando las malezas existentes y los residuos de cultivos previos. Se emplearon azadones y rastrillos para aflojar y airear el suelo, promoviendo así un mejor desarrollo de las raíces del cultivo.

3.3.2.9. Aplicación de compost

Consistió en la aplicación del compost preparado a la dosis indicada (1 kg/m², 2.5 kg/m² y 4 kg/m²), esparciendo el compost de manera uniforme en cada una de las unidades experimentales y procediendo a incorporarlo en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, con ayuda de un rastrillo y se dejó listo para la siembra del *Cucumis sativus* (pepino).

- Croquis experimental:

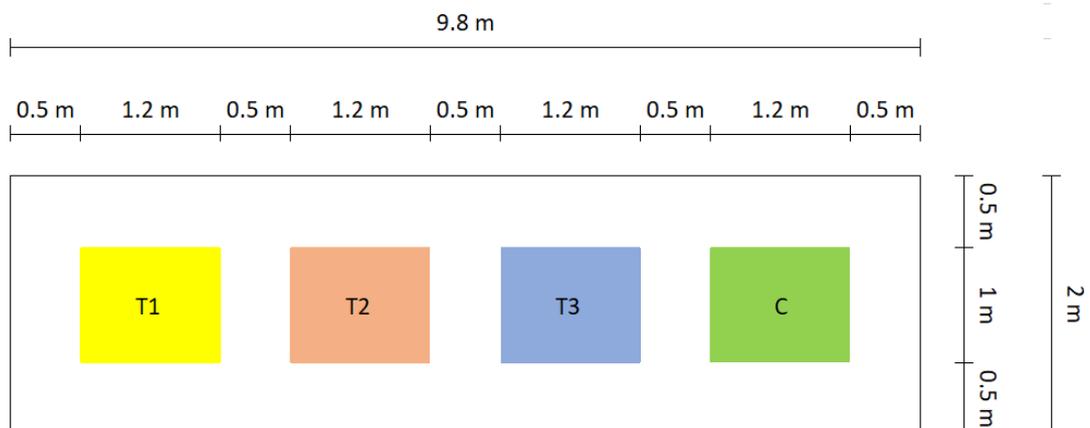


Figura 2. Croquis experimental por repetición.

Adaptado de “Efecto del compost en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el distrito de Matahuasi”, por Oré (42 pág. 19).

- Croquis de la unidad experimental:

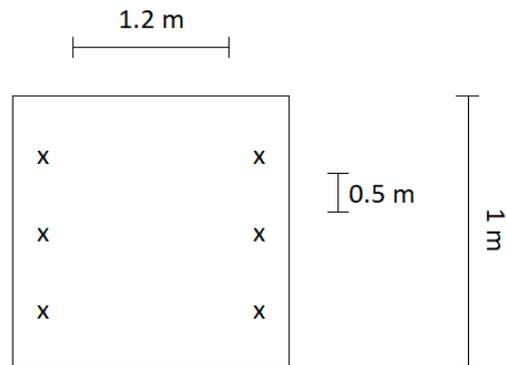


Figura 3. Croquis de la unidad experimental.

Adaptado de “Efecto del compost en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el distrito de Matahuasi”, por Oré (42 pág. 19).

3.3.2.10. Siembra

En esta labor se utilizó un distanciamiento de 1.2 m entre surcos y 0.5 m entre plantas, se sembró las semillas de *Cucumis Sativus* colocándose dos semillas por golpe de siembra, con una profundidad 3 cm, se añadió agua hasta alcanzar su capacidad máxima de retención de agua.

3.3.2.11. Cosecha

La cosecha se llevó a cabo una vez que los frutos alcanzaron su madurez fisiológica y estuvieron listos para ser comercializados.

3.3.3. Datos registrados y formas de evaluación

3.3.3.1. Altura de la planta de *Cucumis sativus* (pepino)

Para medir la altura de las plantas de *Cucumis sativus* (pepino) en cada parcela, primero se seleccionó una cinta métrica. Luego, en cada parcela, se midió la altura de cada una de las seis plantas, tomando la medida desde la base del tallo principal hasta el punto de crecimiento más alto de la planta. Después de haber medido todas las plantas en una parcela, se calculó el promedio de las alturas para obtener una medida representativa de esa parcela.

3.3.3.2. Número de flores por planta

Para determinar el número de flores por planta, se inspeccionó cada una de las seis plantas en cada parcela por cada semana después de su floración. Se contó todas las flores presentes en cada planta de manera que se calculó el

promedio del número de flores por planta para cada parcela, proporcionando una idea clara de la floración en esa área.

3.3.3.3. Número de frutos por planta

El procedimiento para contar el número de frutos por planta fue similar al conteo de flores. Ante ello, se examinó cada una de las seis plantas en cada parcela y se realizó el conteo de todos los frutos presentes en cada planta, para después calcular el promedio del número de frutos por planta para cada parcela.

3.3.3.4. Longitud del fruto (cm)

Para medir la longitud de los frutos, se empleó una wincha. De manera que se determinó la longitud de cada fruto desde la base hasta el extremo más alejado, para luego calcular el promedio de las longitudes de los frutos para cada parcela.

3.3.3.5. Peso del fruto (kg)

Para determinar el peso de los frutos, se empleó una balanza digital de precisión. Se pesó cada fruto individualmente para cada una de las seis plantas en cada parcela. Luego, se calculó el promedio del peso de los frutos para cada parcela, obteniendo así una medida representativa del peso de los frutos en cada área de estudio.

3.3.3.6. Monitoreo

Tabla 5. *Monitoreo del crecimiento y desarrollo de Cucumis sativus.*

| Altura de la planta (cm) | Número de flores | Número de frutos | Longitud del fruto (cm) | Peso del fruto (kg) |
|--|---|--|--|--|
| Se inspecciona cada semana desde la siembra. | Se inspecciona cada semana después de su floración. | Se inspecciona al final del crecimiento. (cosecha) | Se inspecciona al final del crecimiento. (cosecha) | Se inspecciona al final del crecimiento. (cosecha) |

La altura de la planta se inspeccionó semanalmente debido al rápido crecimiento y evolución del *Cucumis sativus*. Este monitoreo regular permitió observar cambios significativos y registrar datos precisos sobre el desarrollo vertical de la planta. Las mediciones se realizaron utilizando una wincha o una regla, registrando la altura en metros desde la base del tallo hasta el punto más alto de la planta.

El número de flores se inspeccionó semanalmente después de la floración inicial hasta que estas flores se convierten en frutos. Las flores se contaron manualmente, y los datos se registraron en términos de cantidad.

El número de frutos se inspeccionó al final del crecimiento, una vez que estos llegaron a su maduración. Este monitoreo final permite obtener un conteo preciso de la producción total de frutos por planta. Los frutos maduros se contaron y los datos se registraron en términos de cantidad.

La longitud del fruto se inspeccionó al final del crecimiento, una vez que el fruto ha sido cosechado. La medición se realizó utilizando una regla o cinta métrica, registrando la longitud en centímetros desde la base hasta la punta del fruto.

El peso del fruto se inspeccionó al final del crecimiento, una vez que el fruto ha sido cosechado. La medición del peso se realizó utilizando una balanza de precisión, registrando el peso en kilogramos. Este dato es fundamental para evaluar la productividad de la planta y la calidad del fruto.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Siguiendo el planteamiento realizado por Ñaupas *et al.* (65) se define como el conjunto integral de todos los elementos sujetos a estudio (ya sean individuos, objetos, grupos, eventos o fenómenos), los cuales poseen las características requeridas para ser considerados dentro de esta categoría. La población de estudio estuvo constituida por los individuos de la especie *Cucumis sativus* (pepino) cultivados en las parcelas experimentales donde se aplicó el compost generado a partir de los residuos orgánicos del Mercado Modelo de Chupaca. Estos individuos representan el objeto de estudio, ya que se buscó evaluar el efecto del compost en su crecimiento y desarrollo.

3.4.2. Muestra

Por otro lado, según Ñaupas *et al.* (65), se plantea que la muestra se define como una parte de la población que reúne las cualidades necesarias para el estudio. Igualmente, con el propósito de disminuir el número de participantes, se eligió emplear el enfoque de muestreo no probabilístico por conveniencia. En esta situación, se establece que la selección de los sujetos no está vinculada a la probabilidad, sino que se basa en las particularidades del estudio y en la decisión

del investigador, guiada por la necesidad que se observa de manera directa. La muestra estuvo conformada por un subconjunto de plantas de *Cucumis sativus* (pepino) seleccionadas de manera representativa dentro de las parcelas de cultivo.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas e instrumento

Según lo señalado por Arias (66), la técnica de investigación se refiere al método específico empleado para adquirir datos o información. En el contexto de la presente investigación en particular, la técnica que se aplicó fue la observación directa.

Observación directa:

La observación directa es una técnica clave para recopilar datos directos relacionados con el crecimiento y desarrollo de las plantas de *Cucumis sativus* en las parcelas de estudio donde se aplicó el compost del Mercado Modelo de Chupaca. Aquí se describen las actividades relacionadas con esta técnica:

- Siembra y cuidado de las plantas: se observó y registró el proceso de siembra de las semillas de *Cucumis sativus* en las parcelas de estudio. Durante todo el período de crecimiento, se llevó a cabo una observación continua de las plantas, incluyendo su altura, floración y fructificación.
- Aplicación de compost: se observó el proceso de aplicación del compost en las parcelas y se registra la cantidad. Esto permitió rastrear cómo el compost afecta el crecimiento de las plantas a lo largo del tiempo.

Para la recopilación de datos de cada una de estas actividades, se empleó como instrumento la ficha de observación, la cual es una herramienta empleada por el investigador para medir, analizar o evaluar un objetivo particular, permitiendo recopilar información detallada sobre dicho objeto de estudio (66).

3.6. Procesamiento de datos

Para el procesamiento y análisis de los datos, inicialmente se utilizó Microsoft Excel para la organización de la información y la elaboración de gráficos estadísticos. Posteriormente, se aplicó estadística descriptiva. Finalmente, para la prueba de hipótesis, se empleó el software SPSS Statistics, utilizando el Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos con distintas dosis de compost, y en caso de encontrar diferencias, se aplicó la prueba de Tukey como análisis post hoc para identificar qué grupos presentaban variaciones significativas entre sí.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

- Residuos orgánicos:

Tabla 6. *Resultados del control de peso, volumen y densidad de los 7 días.*

| | Peso de los residuos (kg) | Volumen de los residuos (m ³) | Densidad de los residuos (kg/m ³) |
|--------------|------------------------------|--|--|
| DÍA 0 | 169 | 0.35 | 482.86 |
| DÍA 1 | 175 | 0.36 | 486.11 |
| DÍA 2 | 203 | 0.418 | 485.65 |
| DÍA 3 | 171 | 0.354 | 483.05 |
| DÍA 4 | 215 | 0.442 | 486.43 |
| DÍA 5 | 222 | 0.456 | 486.84 |
| DÍA 6 | 261 | 0.534 | 488.76 |
| DÍA 7 | 169 | 0.35 | 482.86 |

Durante los siete días de monitoreo, se observa una variación en el peso, volumen y densidad de los residuos orgánicos recolectados. El peso de los residuos fluctuó entre 169 kg (Días 0 y 7) y 261 kg (Día 6), mientras que el volumen varió de 0.35 m³ a 0.534 m³, alcanzando ambos su valor máximo en el Día 6. La densidad, expresada en kg/m³, también mostró niveles de fluctuaciones, con un mínimo de 482.86 kg/m³ (Días 0 y 7) y un máximo de 488.76 kg/m³ el Día 6. Estos resultados reflejan un aumento gradual en el peso, volumen y densidad de los residuos hasta el Día 6, seguido por una disminución el Día 7, lo que sugiere un posible patrón de generación de residuos que podría ser útil para optimizar el manejo y recolección en futuros períodos.

- Resultados fisicoquímicos del compost:

Tabla 7. *Resultados fisicoquímicos del compost.*

| Ensayo | Unidad | Compost N°1 | Compost N°2 |
|--------------------------------|----------|-------------|-------------|
| pH | Unid. pH | 8.4 | 6.8 |
| Conductividad eléctrica | mS/m | 645.0 | 705.0 |
| Materia orgánica | % | 15.2 | 26.5 |
| Nitrógeno total | mg/kg | 10.28 | 18.48 |
| Fósforo disponible | mg/kg | 155.6 | 163.5 |
| Potasio disponible | mg/kg | 12,786.4 | 5,784.3 |

Nota: presenta los resultados fisicoquímicos de dos muestras de compost (compost N°1 y compost N°2). Los parámetros evaluados incluyen pH, C.E., materia orgánica, nitrógeno total, P y K disponibles.

La tabla 7 muestra los resultados fisicoquímicos de las muestras de compost N°1 y N°2, donde se observa que el compost N°1 tiene un pH de 8.4, una conductividad eléctrica de 645.0 mS/m y una concentración de materia orgánica de 15.2 %. En comparación, el compost N°2 presenta un pH más bajo de 6.8, una conductividad eléctrica más alta de 705.0 mS/m y una mayor concentración de materia orgánica de 26.5 %, lo cual es beneficioso para el crecimiento vegetal. Respecto a los nutrientes, el compost N°2 contiene mayores concentraciones de nitrógeno total (18.48 mg/kg) y fósforo disponible (163.5 mg/kg) que el compost N°1, el cual presenta valores de 10.28 mg/kg y 155.6 mg/kg respectivamente, sin embargo, el compost N°1 muestra una cantidad significativamente mayor de potasio disponible (12,786.4 mg/kg) en comparación con el compost N°2 (5,784.3 mg/kg), lo que podría ser ventajoso en suelos deficientes en este nutriente, aunque podría requerir ajustes en suelos fértiles. Estos resultados sugieren que, aunque ambos compuestos tienen perfiles distintos, el compost N°2 podría tener mayor potencial en términos de materia orgánica y nutrientes como el nitrógeno y fósforo, mientras que el compost N°1 destaca por su alto contenido de potasio.

Con base en estos resultados, se eligió el compost N°2 para su uso en el tratamiento, ya que muestra un mejor perfil en términos de materia orgánica y nutrientes como el nitrógeno y fósforo, lo que sugiere un mayor potencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

- Resultado de la altura de la planta:

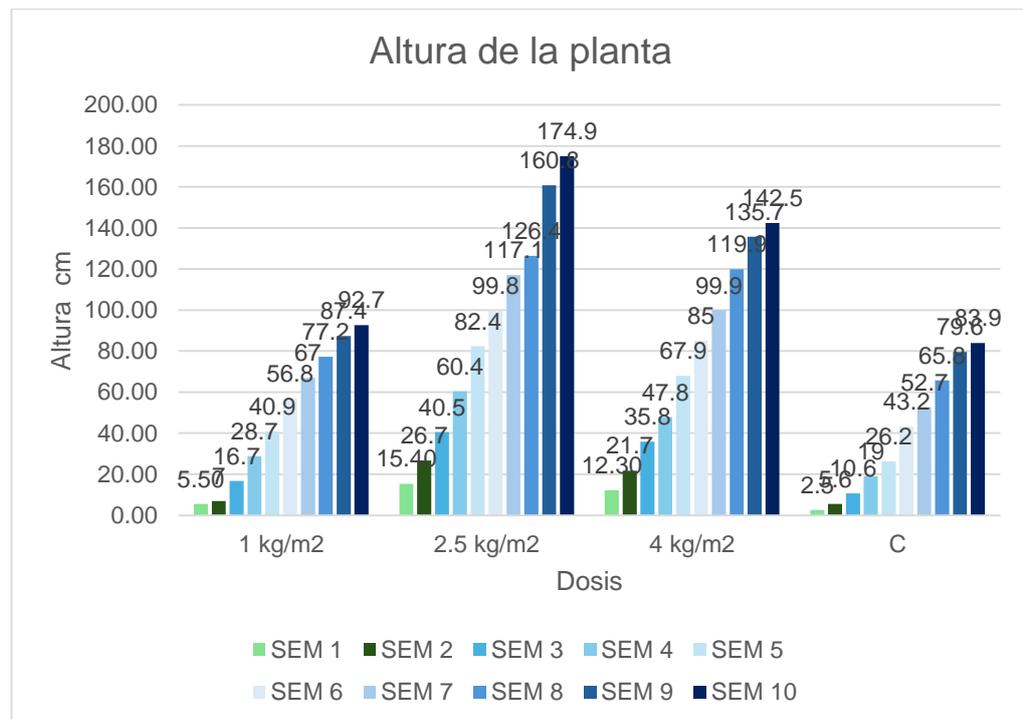


Figura 4. Resultados de la altura en cm de la planta.

La figura 4 presenta los resultados de la altura de las plantas de *Cucumis sativus* (pepino) en centímetros, comparando diferentes dosis de compost (1 kg/m², 2.5 kg/m², 4 kg/m² y un control sin compost). Se observa que la dosis de 2,5 kg/m² produce las plantas más altas, alcanzando un pico de 174.9 cm. La segunda dosis, 4 kg/m², también mostró un buen rendimiento, con una altura máxima de 160.8 cm. En cambio, la dosis de 1 kg/m² presenta alturas más moderadas, alcanzando un máximo de 92.7 cm. El grupo de control (C) tuvo la menor altura, alcanzando solo 83.9 cm. Estos resultados indican que el uso de compost, especialmente en la dosis de 2.5 kg/m², es efectivo para promover un crecimiento más robusto en las plantas de pepino en comparación con las dosis más bajas y el control.

- Resultado del número de flores:

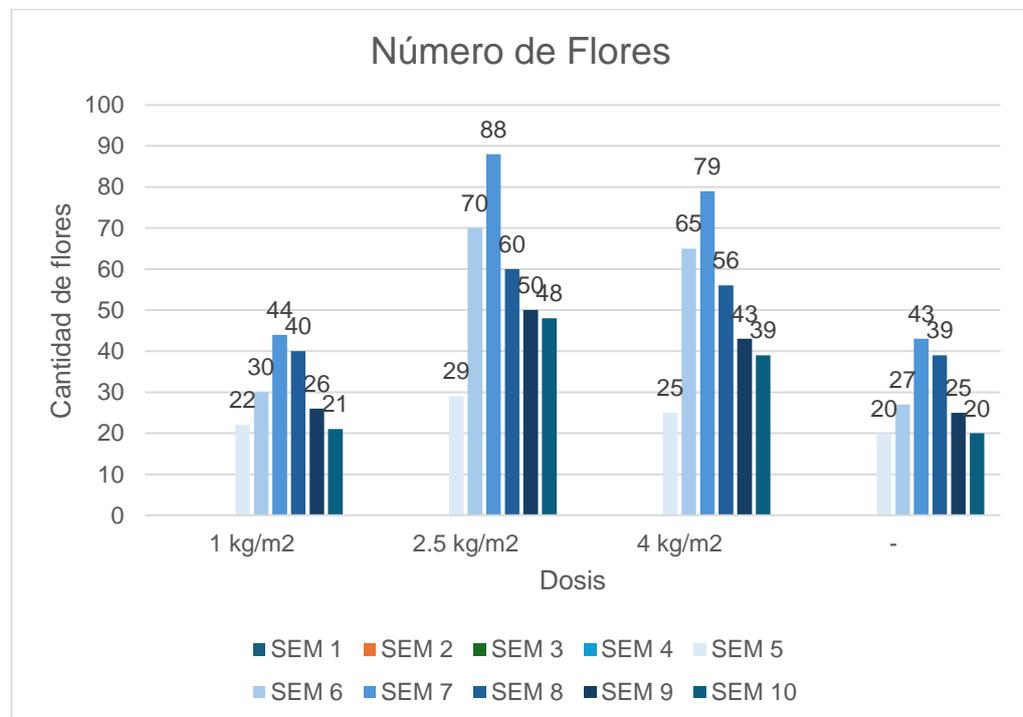


Figura 5. Resultados del número de flores por semanas.

La figura 5 muestra el número de flores en plantas de pepino (*Cucumis sativus*) a lo largo de diez semanas, aplicando diferentes dosis de compost (1 kg/m², 2.5 kg/m² y 4 kg/m²) y un control sin compost. La dosis de 2.5 kg/m² generó la mayor floración, alcanzando un pico de 88 flores en la semana 7 y manteniendo niveles altos en semanas posteriores. La dosis de 4 kg/m² mostró un comportamiento similar, con un máximo de 79 flores en la semana 7, aunque descendió de manera más marcada en las semanas siguientes. En la dosis de 1 kg/m², la floración fue más moderada, alcanzando su punto máximo de 44 flores en la semana 5. El grupo control (sin compost) registró la menor cantidad de flores, con un máximo de 43 en la semana 7, indicando que el compost

mejora significativamente la capacidad de floración. Estos resultados sugieren que la dosis de 2.5 kg/m² es la más efectiva para mantener una floración abundante y sostenida en el tiempo.

- Resultado del número de frutos:

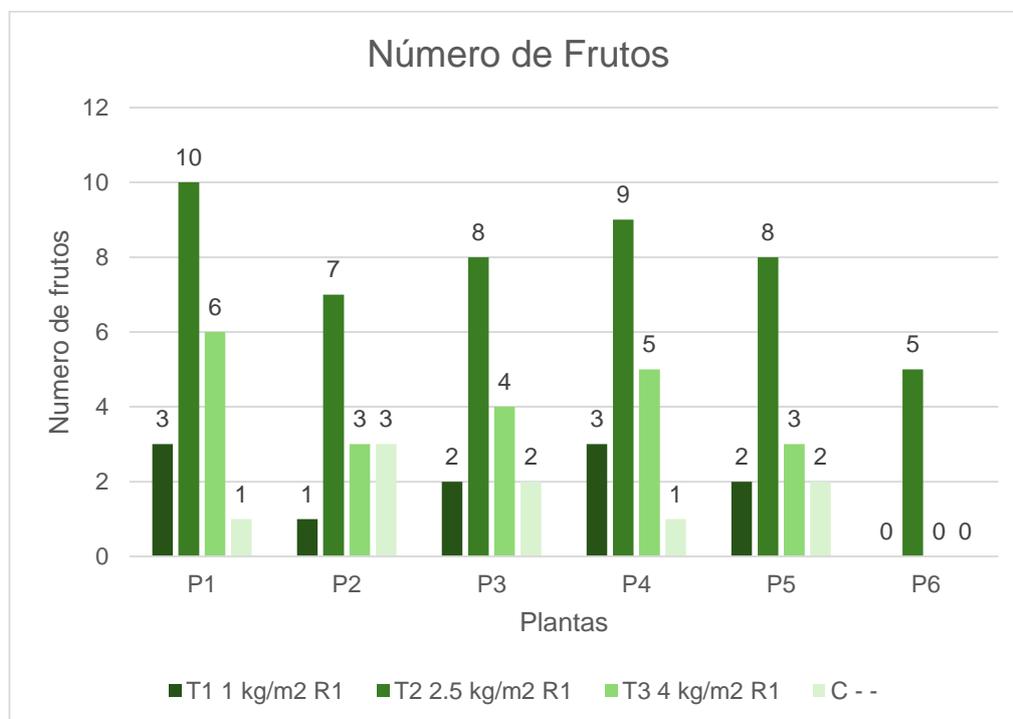


Figura 6. Resultados del número de frutos de cada planta por concentración.

La figura 6 muestra el número de frutos en plantas de pepino bajo diferentes dosis de compost: 1 kg/m² (T1), 2.5 kg/m² (T2), 4 kg/m² (T3) y un control sin compost (C). La dosis de 2.5 kg/m² (T2) generó el mayor número de frutos, alcanzando un pico de 10 frutos en la planta P1 y 9 frutos en la planta P4. Las plantas P3 y P5 también mostraron buenos resultados con esta dosis, produciendo 8 frutos cada una. La dosis de 1 kg/m² (T1) presentó un rendimiento bajo, con 3 frutos en la planta P1 y P4. En el caso de la dosis de 4 kg/m² (T3), la producción fue mejor, alcanzando un máximo de 6 frutos en la planta P1. El grupo control (sin compost) mostró la menor cantidad de frutos, con un máximo de 3 frutos en la planta P2, mientras que en la planta P6 no produjeron frutos. Es importante señalar que en la planta P6 solo está presente el dato de la dosis 2.5 kg/m², lo que indica que esta planta no produjo frutos en los tratamientos de 1 kg/m² ni de 4 kg/m². Estos resultados sugieren que la dosis de 2.5 kg/m² es la más efectiva para maximizar la producción de frutos en *Cucumis sativus*, en comparación con las otras dosis y el control.

- Resultado de la longitud del fruto:

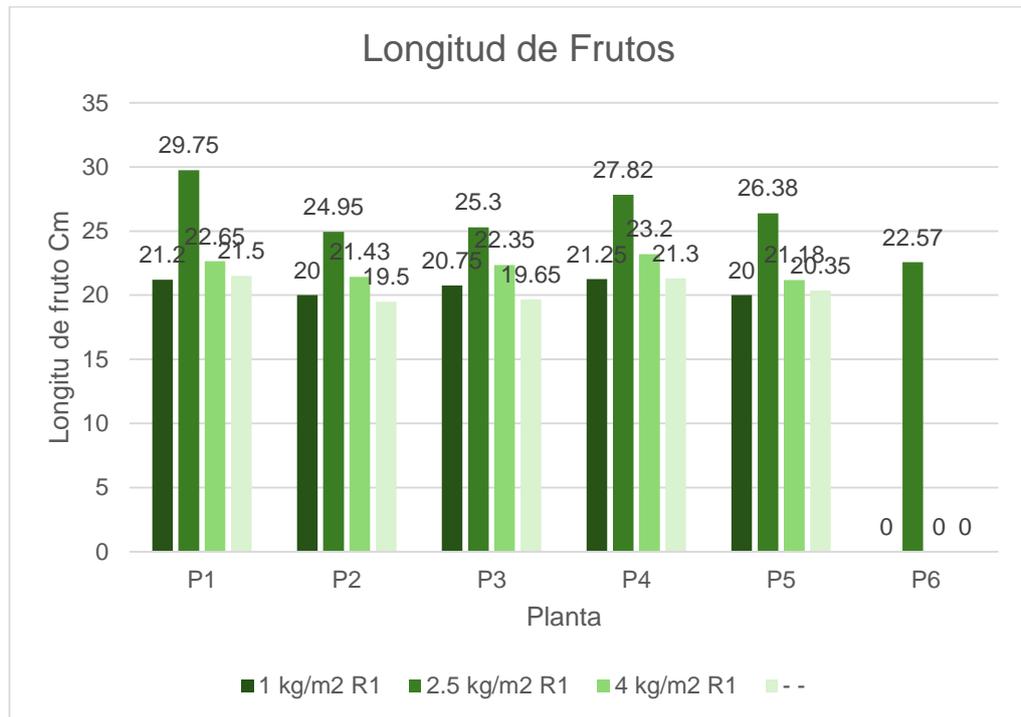


Figura 7. Resultados de la longitud de frutos por cada planta y concentración.

La figura 7 presenta los resultados de la longitud de los frutos en plantas de pepino (*Cucumis sativus*) (P1 a P6) bajo diferentes concentraciones de compost: 1 kg/m² (R1), 2.5 kg/m² (R2), 4 kg/m² (R3) y un control sin compost (C). La planta P1 destaca con una longitud máxima de 29.75 cm en la dosis de 2.5 kg/m², mientras que la planta P4 alcanzó 27.82 cm en 4 kg/m². La planta P2 mostró longitudes de 24.95 cm en 2.5 kg/m² y 21.43 cm en 4 kg/m². La planta P3 presentó una longitud de 25.3 cm en la misma dosis de 2.5 kg/m². Por su parte, la planta P5 tenía una longitud de 26.38 cm en 2.5 kg/m² y 21.18 cm en 4 kg/m². En contraste, la planta P6 no produjo frutos en las dosis de 1 kg/m² y 4 kg/m², pero alcanzó 22.57 cm y 2.5 kg/m². Estos resultados sugieren que las concentraciones de compost, especialmente 2.5 kg/m², son efectivas para aumentar la longitud de los frutos, resaltando su importancia para el desarrollo óptimo en las plantas de pepino.

- Resultado del peso del fruto:

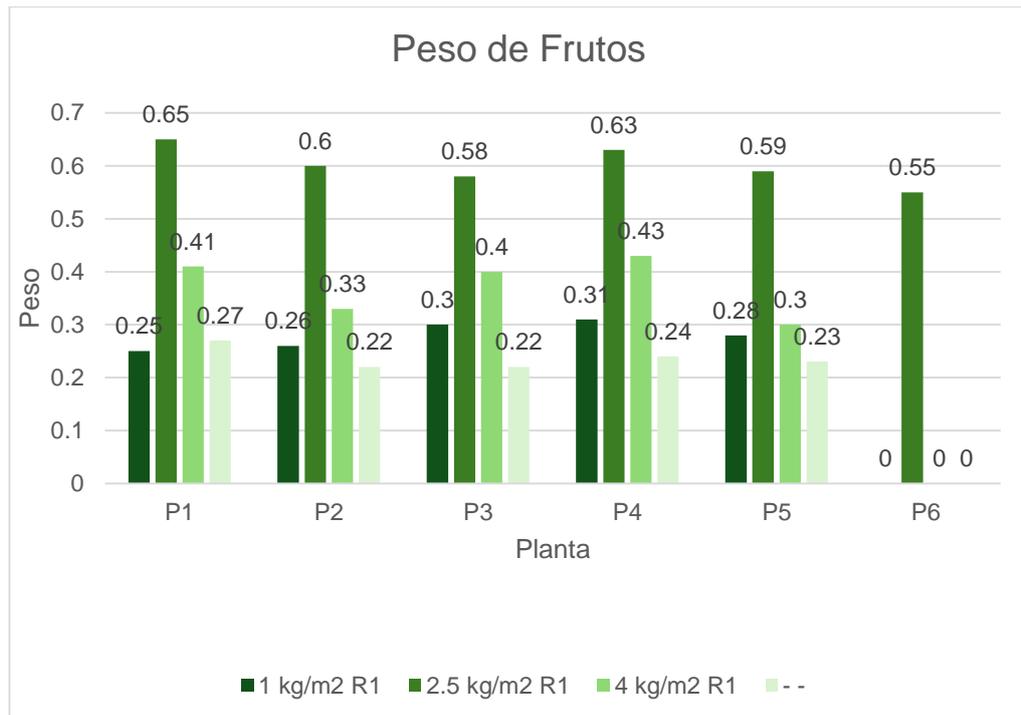


Figura 8. Resultados del peso de frutos de cada planta por concentración de compost.

La figura 8 presenta los resultados del peso de los frutos en plantas de pepino (*Cucumis sativus*) bajo diferentes concentraciones de compost: 1 kg/m² (R1), 2.5 kg/m² (R2), 4 kg/m² (R3) y un control el pecado compost (C). La planta P1 destaca con un peso máximo de 0.65 kg en la dosis de 2.5 kg/m², seguida de P4 con 0.63 kg en la misma dosis. La planta P2 mostró un peso de 0.6 kg en 2.5 kg/m² y 0.26 kg en 1 kg/m². Por su parte, la planta P3 alcanzó 0.58 kg en 2.5 kg/m² y 0.4 kg en 4 kg/m². La planta P5 presentó el peso mayor de 0.59 kg en 2.5 kg/m² y el menor con 0.23 kg en el control. Finalmente, la planta P6 solo mostró un peso de 0.55 kg en 2.5 kg/m², sin producción en las otras dosis. Estos resultados indican que las concentraciones de compost, especialmente la de 2.5 kg/m², son efectivas para incrementar el peso de los frutos, destacando la importancia de una fertilización adecuada para optimizar la producción en las plantas de pepino.

4.2. Prueba de hipótesis

Hipótesis alternativa (H_i): el uso del compost generado en el mercado modelo de Chupaca mejora significativamente el crecimiento y desarrollo de la especie *Cucumis sativus* (pepino) en comparación con las plantas que no reciben dicho compost.

Hipótesis nula (H₀): el uso del compost generado en el mercado modelo de Chupaca no mejora significativamente el crecimiento y desarrollo de la especie *Cucumis sativus* (pepino) en comparación con las plantas que no reciben dicho compost.

- Altura de la planta:

Tabla 8. *Prueba de normalidad de la altura de la planta.*

| Prueba de normalidad | | | | |
|----------------------|-------|--------------|----|------|
| | Dosis | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Altura | .00 | .915 | 10 | .316 |
| | 1.00 | .923 | 10 | .385 |
| | 2.50 | .957 | 10 | .747 |
| | 4.00 | .941 | 10 | .561 |

La tabla 8 presenta los resultados de la prueba de normalidad para la altura de las plantas utilizando la prueba de Shapiro-Wilk en diferentes dosis de compost. Los estadísticos de normalidad para las dosis de 0.00 kg/m², 1.00 kg/m², 2.50 kg/m² y 4.00 kg/m² son 0.915, 0.923, 0.957 y 0.941, respectivamente, todos con 10 grados de libertad (gl). Los valores de significancia (Sig.) asociados son 0.316 para 0.00 kg/m², 0.385 para 1.00 kg/m², 0.747 para 2.50 kg/m², y 0.561 para 4.00 kg/m². Dado que todos los valores de significancia superan el umbral de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que los datos se distribuyen normalmente en cada una de las dosis evaluadas. Esto sugiere que es adecuado aplicar pruebas paramétricas en el análisis posterior de los datos relacionados con la altura de las plantas.

Tabla 9. *ANOVA de un factor de la altura de la planta.*

| ANOVA de un factor | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 17492.053 | 3 | 5830.684 | 3.204 | .035 |
| Intra-grupos | 65509.387 | 36 | 1819.705 | | |
| Total | 83001.440 | 39 | | | |

La tabla 9 muestra un valor de significancia (Sig.) de 0.035, que se encuentra por debajo del umbral de 0.05, indicando este resultado que hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en cuanto a la altura de las plantas.

Tabla 10. *Prueba de Post Hoc Tukey para la altura de la planta.*

| Dosis | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|-------|----|------------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| .00 | 10 | 38.9100 | |
| 1.00 | 10 | 47.9900 | 47.9900 |
| 4.00 | 10 | 76.8500 | 76.8500 |
| 2.50 | 10 | | 90.4400 |
| Sig. | | .211 | .136 |

La tabla 10 presenta los resultados de la prueba de Post Hoc Tukey, con un nivel de significancia de 0.05, se muestra que la dosis de 2.5 tiene mayor altura en comparación del tratamiento de dosis 0.00, sin embargo, los tratamientos de 1.00 kg/m² y 4,00 kg/m² muestran resultados similares en altura.

- Número de flores:

Tabla 11. *Prueba de normalidad del número de flores.*

| Prueba de normalidad | | | | |
|----------------------|-------|--------------|----|------|
| | Dosis | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Flores | .00 | .862 | 6 | .196 |
| | 1.00 | .895 | 6 | .347 |
| | 2.50 | .987 | 6 | .980 |
| | 4.00 | .986 | 6 | .979 |

La tabla 11 presenta los resultados de la prueba de normalidad del número de flores, utilizando la prueba de Shapiro-Wilk para diversas dosis de compost. Los valores estadísticos para las dosis de 0.00 kg/m², 1.00 kg/m², 2.50 kg/m² y 4.00 kg/m² son 0.862, 0.895, 0.987 y 0.986, respectivamente, todos con 6 grados de libertad (gl). Los valores de significancia (Sig.) asociados son 0.196, 0.347, 0.980 y 0.979. Dado que todos los valores de significancia superan el umbral de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que los datos se distribuyen normalmente en cada una de las dosis evaluadas, por lo tanto, se procede a realizar pruebas paramétricas en el análisis posterior.

Tabla 12. *ANOVA de un factor de número de flores.*

| ANOVA de un factor | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 3753.125 | 3 | 1251.042 | 5.134 | .009 |
| Intra-grupos | 4873.833 | 20 | 243.692 | | |
| Total | 8626.958 | 23 | | | |

La tabla 12 muestra el valor de significancia (Sig.) es 0.009, que es inferior al umbral de 0.05, lo que indica que hay diferencias significativas entre los grupos en el número de flores, por lo tanto, se concluye que al menos uno de los tratamientos afecta significativamente la producción de flores en las plantas analizadas.

Tabla 13. *Prueba de Post Hoc Tukey para el número de flores.*

| Dosis | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|-------|---|------------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| .00 | 6 | 29.0000 | |
| 1.00 | 6 | 30.5000 | |
| 4.00 | 6 | 51.1667 | 51.1667 |
| 2.50 | 6 | | 57.5000 |
| Sig. | | .098 | .895 |

En la tabla 13 se presentan los resultados de la prueba Post Hoc Tukey con un nivel de significancia de 0.05, se evidencia que el tratamiento de 2.50 presenta una diferencia significativa en comparación con los tratamientos de las dosis 0.00 y 1.00, sin embargo, existe una similitud con el tratamiento de la dosis 4.00, que muestra una diferencia de 6.3.

- Número de frutos:

Tabla 14. *Prueba de normalidad del número de frutos.*

| Prueba de normalidad | | | | |
|----------------------|-------|--------------|----|------|
| | Dosis | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Número de frutos | .00 | .881 | 5 | .314 |
| | 1.00 | .881 | 5 | .314 |
| | 2.50 | .961 | 5 | .814 |
| | 4.00 | .902 | 5 | .421 |

La tabla 14 muestra los resultados de la prueba de normalidad del número de frutos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk para diferentes dosis de compost. Los estadísticos para las dosis de 0.00 kg/m² y 1.00 kg/m² son ambos 0.881, con 5 grados de libertad (gl), y los valores de significancia (Sig.) correspondientes son 0.314 para ambas dosis. Para la dosis de 2.50 kg/m², el estadístico es 0.961 con los mismos 5 gl, y el valor de significancia es 0.814. Dado que todos los valores de significancia son mayores que el umbral de 0.05, se concluye que no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que los datos se distribuyen normalmente en cada una de las dosis evaluadas. Esto sugiere que es apropiado utilizar pruebas estadísticas paramétricas en el análisis posterior de los datos.

Tabla 15. ANOVA de un factor de número de frutas.

| ANOVA de un factor | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 136.950 | 3 | 45.650 | 41.500 | .000 |
| Intra-grupos | 17.600 | 16 | 1.100 | | |
| Total | 154.550 | 19 | | | |

La tabla 15 muestra un valor de significancia (Sig.) de 0.000, que es notablemente inferior al umbral de 0.05. Este resultado sugiere la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en cuanto al número de frutas, lo que implica que los tratamientos aplicados tienen un efecto relevante en la producción de frutos.

Tabla 16. Prueba de Post Hoc Tukey para el número de frutas.

| Dosis | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
|-------|---|------------------------------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| .00 | 5 | 1.8000 | | |
| 1.00 | 5 | 2.2000 | | |
| 4.00 | 5 | | 4.2000 | |
| 2.50 | 5 | | | 8.4000 |
| Sig. | | .930 | 1.000 | 1.000 |

En la tabla 16 se presenta la prueba Post Hoc Tukey con un nivel de significancia de 0.05, se observa que la dosis de 2.50 muestra una diferencia significativa en comparación con las dosis de 0.00, 1.00 y 4.00.

- Longitud del fruto:

Tabla 17. Prueba de normalidad de la longitud del fruto.

| Prueba de normalidad | | | | |
|----------------------|-------|--------------|----|------|
| | Dosis | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Longitud del fruto | .00 | .884 | 5 | .327 |
| | 1.00 | .828 | 5 | .133 |
| | 2.50 | .926 | 5 | .568 |
| | 4.00 | .940 | 5 | .666 |

La tabla 17 presenta los resultados de la prueba de normalidad del número de frutos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk para diferentes dosis de compost. Los valores estadísticos de 0.884, 0.828, 0.926 y 0.940 se registran para las dosis de 0.00 kg/m²,

1.00 kg/m², 2.50 kg/m² y 4.00 kg/m², respectivamente, con todos los casos teniendo 5 grados de libertad (gl). Los valores de significancia (Sig.) son 0.327, 0.133, 0.568 y 0.666. Dado que todos los valores de significancia superan el umbral de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que los datos se distribuyen normalmente en todas las dosis evaluadas. Esto sugiere que es adecuado aplicar pruebas paramétricas en el análisis posterior de los datos.

Tabla 18. ANOVA de un factor de la longitud del fruto.

| ANOVA de un factor | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 132.842 | 3 | 44.281 | 30.370 | .000 |
| Intra-grupos | 23.329 | 16 | 1.458 | | |
| Total | 156.171 | 19 | | | |

La tabla 18 revela que el valor de significancia (Sig.) es 0.000, un resultado que se encuentra significativamente por debajo del umbral de 0.05, esto sugiere la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en lo que respecta a la longitud del fruto.

Tabla 19. Prueba Post Hoc Tukey para la longitud del fruto.

| Dosis | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|-------|---|------------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| .00 | 5 | 20.4600 | |
| 1.00 | 5 | 20.6400 | |
| 4.00 | 5 | 22.1620 | |
| 2.50 | 5 | | 26.8400 |
| Sig. | | .158 | 1.000 |

En la tabla 19 se presentan los resultados de la prueba Post Hoc Tukey con un nivel de significancia de 0.05, se establece que la dosis de 2.50 es significativamente diferente de las demás dosis.

- Peso del fruto:

Tabla 20. *Prueba de normalidad del peso del fruto.*

| Prueba de normalidad | | | | |
|----------------------|-------|--------------|----|------|
| | Dosis | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Peso del fruto | .00 | .722 | 6 | .011 |
| | 1.00 | .869 | 6 | .222 |
| | 2.50 | .981 | 6 | .958 |
| | 4.00 | .971 | 6 | .900 |

La tabla 20 presenta los resultados de la prueba de normalidad del peso del fruto utilizando la prueba de Shapiro-Wilk para diferentes dosis de compost. Los estadísticos de normalidad para las dosis de 0.00 kg/m², 1.00 kg/m², 2.50 kg/m² y 4.00 kg/m² son 0.722, 0.869, 0.981 y 0.971, respectivamente, con 6 grados de libertad (gl) en todos los casos. Los valores de significancia (Sig.) asociados son 0.011 para la dosis de 0.00 kg/m², 0.222 para 1.00 kg/m², 0.958 para 2.50 kg/m², y 0.900 para 4.00 kg/m². Dado que el valor de significancia de 0.011 es menor que el umbral de 0.05, se rechaza la hipótesis nula para la dosis de 0.00 kg/m², lo que sugiere que los datos no se distribuyen normalmente en este grupo, sin embargo, para las dosis de 1.00 kg/m², 2.50 kg/m², y 4.00 kg/m², los valores de significancia son mayores que 0.05, indicando que no se rechaza la hipótesis nula, lo que implica que los datos se distribuyen normalmente en estos grupos. Esto sugiere que se pueden aplicar pruebas paramétricas en el análisis posterior para las dosis de compost 1.00 kg/m², 2.50 kg/m² y 4.00 kg/m².

Tabla 21. *ANOVA de un factor del peso del fruto.*

| ANOVA de un factor | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 4.390 | 3 | 1.463 | 28.677 | .000 |
| Intra-grupos | 1.021 | 20 | .051 | | |
| Total | 5.411 | 23 | | | |

La tabla 21 muestra un valor de significancia (Sig.) de 0.000, el cual es considerablemente inferior al umbral de 0.05, esto indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en cuanto al peso del fruto.

Tabla 22. Prueba de Post Hoc Tukey para el peso del fruto.

| Dosis | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|-------|---|------------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| .00 | 6 | .2083 | |
| 1.00 | 6 | .2567 | |
| 4.00 | 6 | .3950 | |
| 2.50 | 6 | | 1.2617 |
| Sig. | | .496 | 1.000 |

En la tabla 22 se presentan los resultados de la prueba Post Hoc Tukey con un nivel de significancia de 0.05, se constata que la dosis de 2.50 es significativamente diferente de las dosis de 0.00, 1.00 y 4.00.

Los resultados obtenidos a través de las diversas pruebas estadísticas realizadas, incluyendo ANOVA y pruebas Post Hoc Tukey, sugieren que el uso de compost generado en el mercado modelo de Chupaca tiene un efecto significativo en el crecimiento y desarrollo de la especie *Cucumis sativus* (pepino).

En la pruebas de normalidad (ver tablas 8, 11, 14, 17 y 20) los valores de significancia para las dosis de compost fueron todos superiores a 0.05, lo que indica que los datos se distribuyen normalmente, permitiendo la aplicación de pruebas paramétricas.

El análisis ANOVA, como se presenta en las tablas 9, 12, 15, 18 y 21, revelaron diferencias estadísticamente significativas en las variables evaluadas en *Cucumis sativus* (pepino), incluyendo la altura de las plantas, el número de flores, el número de frutos, la longitud del fruto y el peso del fruto. Esto sugiere que al menos una de las dosis, específicamente 2.50 kg/m², presenta diferencias significativas en comparación con las dosis de 0.00 kg/m², 1.00 kg/m² y 4.00 kg/m², por lo tanto, la dosis de 2.50 kg/m² tiene un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo del cultivo, lo que respalda la hipótesis alternativa (H_i).

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H₀), concluyendo que el uso del compost generado en el mercado modelo de Chupaca mejora significativamente el crecimiento y desarrollo de *Cucumis sativus* (pepino) en comparación con las plantas que no reciben dicho compost. Estos hallazgos respaldan la implementación de este tipo de compost como una práctica agronómica efectiva para optimizar la producción de pepinos en la región.

4.3. Discusión de resultados

La evaluación del efecto del compost en el crecimiento y desarrollo de *Cucumis sativus* mostró resultados significativos, donde la dosis de compost de 2.5 kg/m² incrementó la altura de las plantas en un promedio de 174.9 cm y el número de frutos por planta aumentó a 11. Esto concuerda con los hallazgos de Teófilo (32), quien demostró que el uso de fertilizantes orgánicos, como el compost, impacta positivamente en el desarrollo de pepinos al aire libre, observando un aumento en la producción de frutos de hasta 4 unidades por planta. Los análisis estadísticos realizados, incluidos ANOVA y pruebas Post Hoc Tukey, confirmaron diferencias significativas en las variables evaluadas, con valores de $p < 0.05$ en la altura de las plantas y el número de frutos. Asimismo, Medina *et al.* (31) respaldan esta afirmación, indicando que el uso de compost tipo bocashi promueve un crecimiento saludable en las plántulas, aumentando variables como la altura en un 20 % en comparación con tratamientos sin compost. Estos resultados con la literatura sugieren que el compost puede ser una estrategia efectiva para mejorar la producción de pepinos en la región de Ahuac.

Los datos obtenidos muestran variaciones en el peso, volumen y densidad de los residuos durante el proceso de compostaje, lo cual es consistente con lo reportado por Castillo (43), quien observó variaciones significativas en la calidad del compost, como cambios en la humedad (hasta un 68 %) y pH (de 7.5 a 8.2), afectando directamente la calidad del compost, sin embargo, a diferencia del estudio de Castillo (43), en el presente trabajo se observa una menor variabilidad en estos parámetros, lo cual sugiere un proceso de compostaje más homogéneo y controlado. Asimismo, Turpo (38) destacó que la variabilidad en los residuos orgánicos influye en su potencial de compostaje, mostrando diferencias de hasta 20 cm en el desarrollo de la copa de las plantas tratadas con compost, mientras que en nuestro estudio las plantas mostraron una respuesta más uniforme. Esto evidencia cómo la heterogeneidad de los residuos afecta tanto la calidad del compost producido como su impacto en el crecimiento de los cultivos, y cómo un proceso más controlado puede minimizar estas diferencias. Estos hallazgos subrayan la importancia de mantener condiciones homogéneas durante el compostaje para optimizar la calidad del producto final y su efectividad en la mejora de los cultivos.

La implementación de un sistema de compostaje en este estudio mostró ser altamente efectiva en la producción de compost de calidad, lo cual se refleja en los parámetros fisicoquímicos del compost obtenido, con niveles adecuados de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. Estos resultados se ven reflejados también en el crecimiento de *Cucumis sativus*, donde las plantas tratadas con compost producido mediante el sistema

implementado alcanzaron una altura de 174.9 cm y produjeron 11 frutos por planta. Estos hallazgos son consistentes con el estudio de Medina *et al.* (31), quienes encontraron que la combinación de residuos orgánicos a través de un sistema controlado de compostaje tipo bocashi incrementó significativamente la altura y el desarrollo radicular de las plantas de jitomate, mejorando un 20 % en comparación con los tratamientos sin compost. Además, Andrade y Yampara (33) observaron que el uso de productos orgánicos bien compostados como Nutripell 70 mejoró el rendimiento de los cultivos hasta 51.72 kg/ha. Esta evidencia respalda que la correcta implementación y manejo de sistemas de compostaje puede tener un impacto significativo en la calidad del compost, la mejora del suelo, y consecuentemente, el rendimiento de los cultivos, tal como se observa en el presente estudio sobre *Cucumis sativus*.

Los análisis fisicoquímicos realizados en esta investigación, revelaron que el compost N°2 mostró un perfil favorable en cuanto a materia orgánica y nutrientes, lo cual se reflejó en los resultados obtenidos, donde se obtuvo un incremento en la altura de las plantas de *Cucumis sativus* hasta 174.9 cm. y un aumento en el número de frutos a 11 por planta. Este resultado concuerda con las conclusiones de Ponce (34), quien reportó una longitud de fruto promedio de 19.69 cm y un diámetro de 4.35 cm, así como un rendimiento de 29.42 kg/ha con el uso de compost. De manera similar, Sebastián (39) observó que la aplicación de compost de escobajo de palma aceitera en dosis de 2 kg/m² resultó en un rendimiento de 6.98 toneladas por hectárea. Estos hallazgos refuerzan la importancia de utilizar compost de alta calidad para lograr un impacto positivo en el desarrollo y la productividad de los cultivos, destacando su efectividad tanto en el rendimiento como en la calidad de los frutos.

La aplicación de compost en dosis de 2.5 kg/m² en el cultivo de *Cucumis sativus* resultó en un crecimiento más robusto y una mejora significativa en variables clave: las plantas alcanzaron una altura de 174.9 cm, superando a otras dosis y al grupo de control, que solo llegó a 83.9 cm. Este crecimiento es consistente con los hallazgos de Sánchez (36), quien encontró que el uso de compost a razón de 2 kg/m² aumentó el número de hojas y altura en camu camu, destacando su efectividad en el desarrollo vegetativo. En cuanto a la producción de flores y frutos, la dosis de 2.5 kg/m² generó un promedio de 88 flores y 10 frutos por planta, muy superior a las plantas sin compost, que produjeron solo 43 flores y 3 frutos en promedio. Esta mejora se alinea con el estudio de Vilca (40), donde el uso de abonos orgánicos como la ovinaza aumentó la cantidad y peso de frutos de pepinillo en un 60 %, demostrando que los abonos orgánicos enriquecen el sustrato de manera más efectiva que los inorgánicos. Además, el compost mejoró la longitud y peso de los frutos de pepino, alcanzando 29.75 cm y 0.65 kg en la dosis de 2.5 kg/m², en contraste con los

21.5 cm y 0.27 kg del control, lo que concuerda con los hallazgos de Bernardo (37), donde se observó que el compost, junto con microorganismos eficaces, mejoró el peso y número de frutos en pepino. Estos resultados muestran que el compost no solo es efectivo en términos de productividad, sino que también contribuye a prácticas sostenibles al reutilizar residuos orgánicos del mercado, promoviendo una agricultura más ecológica y económicamente viable para los agricultores locales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se evaluó el efecto del compost generado en el Mercado Modelo de Chupaca sobre el crecimiento y desarrollo de *Cucumis sativus* (pepino), determinándose un impacto positivo y significativo. Esto se evidencia por un incremento promedio del 52.62 % en las variables evaluadas. La dosis intermedia de compost (2.5 kg/m²) presentó los mejores resultados en altura de planta, número de flores, número de frutos y peso de los frutos. La prueba ANOVA reflejó un valor de significancia de 0.035, indicando diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en cuanto a la altura de las plantas ($p < 0.05$), lo que fue corroborado por la prueba Post Hoc de Tukey.
- Se determinaron el peso, volumen y densidad de los residuos sólidos orgánicos en el Mercado Modelo de Chupaca, mostrando valores máximos de 261 kg de peso, 0.534 m³ de volumen y 488.76 kg/m³ de densidad. Estas características confirman que los residuos del mercado poseen las propiedades necesarias para ser eficientemente procesados en compostaje, optimizando así su manejo y aprovechamiento en aplicaciones agrícolas.
- Se realizó el sistema de compostaje, esta implementación fue efectivo, generando compost de alta calidad con parámetros fisicoquímicos adecuados. Las condiciones controladas de volteo y monitoreo permitieron obtener compost con buena estabilidad y nutrientes, validando el método como una técnica viable y eficaz para la conversión de residuos orgánicos en compost.
- Se determinaron los parámetros fisicoquímicos del compost obtenido a partir de residuos orgánicos, destacándose en el compost N°2 valores máximos de conductividad eléctrica (705.0 mS/m), materia orgánica (26.5 %), nitrógeno total (18.48 mg/kg) y fósforo disponible (163.5 mg/kg), con un pH de 6.8 y un contenido de potasio disponible de 5784.3 mg/kg. Estos resultados demuestran que el compost N°2 presenta una mayor concentración de materia orgánica y nutrientes esenciales, como el nitrógeno y el fósforo, en comparación con el compost N°1, lo que contribuye de manera más efectiva a la mejora de la fertilidad del suelo y al favorecimiento del crecimiento vegetal.
- Se describieron las características físicas de *Cucumis sativus* (pepino) después de la aplicación del compost obtenido a partir de residuos orgánicos, donde la dosis de 2.5 kg/m² permitió alcanzar una altura de 174.9 cm, un número máximo de 88 flores y 10 frutos por planta, así como una longitud de fruto de hasta 29.75 cm y un peso de 0.65

kg. Estos resultados permiten caracterizar el crecimiento y desarrollo físico de la especie bajo la influencia del compost, reflejando su contribución a cultivos hortícolas en la región de Chupaca.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda fomentar el uso de compost elaborado a partir de residuos orgánicos en la agricultura local, especialmente en cultivos de *Cucumis sativus*. Las comunidades agrícolas deberían recibir capacitación sobre los beneficios del compost y cómo aplicarlo de manera efectiva.
- Para mejorar la eficiencia y calidad del compost, se sugiere ajustar la frecuencia de volteo y el monitoreo de parámetros críticos como temperatura y humedad. Estos ajustes pueden maximizar la estabilidad y calidad del compost, asegurando una mejor adaptación del producto a las necesidades agrícolas de cultivos como el pepino.
- Asegurar la calidad del compost mediante análisis periódicos de sus parámetros fisicoquímicos permitirá mantener niveles óptimos de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. Esto garantiza que el compost conserve su efectividad como fertilizante orgánico, adecuado para mejorar el crecimiento y desarrollo de distintos cultivos.
- Dado el éxito del compost en el crecimiento de *Cucumis sativus*, se recomienda probar su aplicación en otros cultivos hortícolas de la región, adaptando las dosis según las características específicas de cada especie para obtener resultados óptimos en términos de crecimiento y producción.
- Se sugiere ofrecer talleres y capacitaciones a los agricultores locales sobre las técnicas de compostaje y las dosis adecuadas de aplicación en diferentes cultivos. Esta capacitación podría fomentar prácticas agrícolas más sostenibles y económicas en la región, promoviendo el uso de fertilizantes orgánicos como alternativa a los químicos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HUIMAN, A. [En línea]. Situación actual de los residuos sólidos, 2023 [Fecha de consulta: 4 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://www.elperuano.pe/noticia/216136-situacion-actual-de-los-residuos-solidos?utm_source=chatgpt.com
2. TELLO, P. *Gestión integral de residuos sólidos urbanos*. México: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2018.
3. MIYAZAKI, M., OXILIA, V. y LEIVA, M. Manejo de residuos sólidos urbanos: una estrategia de educación ambiental en Paraguay. Reportes Científicos de la FACEN, 2022, 13(1), 57-63 pp. ISSN: 2222-145X.
4. SOARES, R., y otros. A simple awareness campaign to promote food waste reduction in a University canteen. *Waste Management*, 2018, 76, 28-38 pp.
5. TATÁNO, F., y otros. Generation and collection of restaurant waste: characterization and evaluation at a case study in Italy. *Waste Management*, 2017, 61, 423-442 pp.
6. ECHEVERRI, C. Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 2006, 5(9), 85-96 pp. ISSN: 2248-4094.
7. GRUPO BANCO MUNDIAL [En línea]. Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos, 2018 [Fecha de consulta: 24 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
8. BHADA-TATA, P. y HOORNWEG, D. [En línea]. What a waste?: a global review of solid waste management, 2012 [Fecha de consulta: 30 de julio de 2022]. Disponible en: <https://policycommons.net/artifacts/1513146/what-a-waste/2185670/>
9. SEGURA, A., ROJAS, L. y PULIDO, Y. Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos. *Revista Espacios*, 2020, 41(17). ISSN: 0798-1015.
10. GRUPO BANCO MUNDIAL [En línea]. Informe del Banco Mundial: los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes, 2018 [Fecha de consulta: 1 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
11. GRUPO BANCO MUNDIAL [En línea]. Los desechos 2.0: un panorama mundial de la gestión de desechos sólidos hasta 2050, 2018 [Fecha de consulta: 1 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/infographic/2018/09/20/what-a-waste-20-a-global-snapshot-of-solid-waste-management-to-2050>

12. MINISTERIO DEL AMBIENTE [En línea]. Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura, 2021 [Fecha de consulta: 2 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-debasura>
13. MINISTERIO DE SALUD. *Análisis de la situación de salud en el Perú 2019*. Lima: Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades, 2019.
14. ORIHUELA, J. *Un análisis de la eficiencia de la Gestión Municipal de Residuos Sólidos en el Perú y sus determinantes*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018.
15. HUAMANÍ, C., TUDELA, J. y HUAMANÍ, A. Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca (Puno, Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 2020, 22(1), 106-115 pp. ISSN: 2313-2957.
16. LÓPEZ, E., y otros. Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Revista Centro Agrícola*, 2017, 44(3), 49-55 pp. ISSN: 2072-2001.
17. HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, O., y otros. Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. *Terra Latinoamericana*, 2013, 31(1), 35-46 pp. ISSN: 2395-8030.
18. RAMÍREZ-MUÑOZ, F., y otros. Uso de agroquímicos en el cultivo de papa en Pacayas, Cartago, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 2014, 25(2), 337-345 pp. ISSN: 2215-3608.
19. REYES, J., y otros. Uso del humus de lombriz y jacinto de agua sobre el crecimiento y desarrollo del pepino (*Cucumis sativus* L.). *Biotecnia*, 2017, 19(2), 30-35 pp. ISSN: 1665-1456.
20. MATHEUS, J., y otros. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L.). *Agricultura Andina*, 2007, 13, 27-38 pp.
21. DELGADO, M., y otros. Evaluación de residuos orgánicos de origen animal procedentes de granjas avícolas. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 2007, (6), 33-39 pp. ISSN: 1692-9918.
22. DELGADO, M., y otros. Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 2020, 35(4), 965-977 pp. ISSN: 0188-4999.
23. MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHUPACA. *Plan de desarrollo urbano*. Chupaca, 2016.

24. MARAGAL, S., y otros. Effect of planting time and fertilizer dose on growth, yield and quality of parthenocarpic cucumber (*Cucumis sativus*) grown under polyhouse and nethouse conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 2018, 88(1), 63-69 pp.
25. LUNA, R., y otros. Efectos de diferentes abonos orgánicos en la producción de tomate. *Biotecnia*, 2016, 18(3), 33-36 pp. ISSN: 1665-1456.
26. ADESEMOYE, A., TORBERT, H. y KLOEPPER, J. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial Ecology*, 2009, 58, 921-929 pp.
27. AGUADO-SANTACRUZ, G. *Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2012. ISBN: 978-607-425-807-3.
28. ADUGNA, G. A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. *Agricultural Science Research Journal*, 2018, 4(3), 93-104 pp. ISSN: 2360-7874.
29. MANDEY, J., y otros. Effect of orally administrated of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seed juice on the performance and carcass parameters of broiler chickens. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2020, 492, 1-5 pp.
30. ACOSTA, K. y LOOR, L. Evaluación de diferentes distancias de siembra en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) con la aplicación de dos abonos orgánicos edáficos en el recinto Chipe Hamburgo 2. Proyecto de Investigación (Título de Ingeniero Agrónomo). Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2023.
31. MEDINA, T., y otros. Evaluación del efecto de composta tipo bocashi en germinación y desarrollo de plántulas. *Jóvenes de la Ciencia*, 2022, 16, 1-7 pp. ISSN: 2395-9797.
32. TEÓFILO, J. Evaluación del efecto de la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) a cielo abierto. Tesis (Título de Ingeniero Hortícola). México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 2020.
33. ANDRADE, A. y YAMPARA, K. Comparación de la eficiencia de tres productos orgánicos sobre la productividad del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Chile: Universidad de Tarapacá, 2020.
34. PONCE, J. Efecto de los abonos orgánicos comerciales y artesanales en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en época lluviosa. Proyecto de Investigación (Título de Ingeniero Agrónomo). Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2020.
35. ÁLVAREZ, R. y URROZ, N. Evaluación de las propiedades fertilizadoras de un consorcio microbiano en cultivos hortícolas de ciclo corto, en condiciones de invernadero. Monografía (Título de Ingeniero Agrícola). Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería, 2019.

36. SÁNCHEZ, A. Efecto de diferentes niveles de abonamiento orgánico en el crecimiento y desarrollo de plántones injertados de camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) en un inceptisol de Pucallpa. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali, 2023.
37. BERNARDO, S. Dosis de los microorganismos eficaces activados en el rendimiento del pepinillo (*Cucumis sativus* L.) en el CIFO, UNHEVAL, Huánuco - 2021. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2022.
38. TURPO, B. Efecto del compost y el biofertilizante en el crecimiento inicial de las plantas de *Schizolobium amazonicum* Huber. ex Ducke "pinochuncho" establecidas en suelos degradados. Tesis (Título de Ingeniero en Conservación de Suelos y Agua). Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2021.
39. SEBASTIÁN, W. Aplicación de dos dosis de abonos orgánicos (Mallki y compost de escobajo de palma aceitera) en el cultivo de pepinillo regional (*Cucumis sativus* L.) en la Universidad Nacional de Ucayali. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali, 2021.
40. VILCA, M. Fertilización orgánica e inorgánica en el rendimiento del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) en condiciones edafoclimáticas de Colpa Alta, Amarilis - Huánuco 2018. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2020.
41. SIÑA, G. Determinación del rendimiento del pepinillo (*Cucumis sativus* L.) con diferentes fuentes de materia orgánica en el CEA II "Los Pichones" - Tacna. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2019.
42. ORÉ, V. Efecto del compost en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el distrito de Matahuasi. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2024.
43. CASTILLO, L. Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2020.
44. ROMÁN, P., MARTÍNEZ, M. y PANTOJA, A. *Manual de compostaje del agricultor*. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013.
45. MENDOZA, M. Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura. Tesis (Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Piura: Universidad de Piura, 2012.
46. INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD [En línea]. Inacal aprobó Norma Técnica sobre los requisitos del compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos municipales, 2022. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inacal/noticias/616950-inacal->

aprobo-norma-tecnica-sobre-los-requisitos-del-compost-elaborado-a-partir-de-residuos-solidos-ogánicos-municipales

47. DIOS, M. Estudio y desarrollo de técnicas respirométricas para el control de la estabilidad del compost. Tesis Doctoral (Doctor en Ingeniería Química). España: Universidad de Córdoba, 2009.
48. PACHECO, F. Evaluación de la eficacia de la aplicación de inóculos microbiales de *Eisenia fetida* en el proceso de compostaje doméstico de desechos urbanos. Tesis de Maestría (Magíster en Agrobiología Ambiental). España: Universidad Pública de Navarra, 2009.
49. CHACÓN-PADILLA, K. y MONGE-PÉREZ, J. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: comparación entre tipos de pepino. *Tecnología en Marcha*, 2020, 33(1). ISSN: 2215-3241.
50. CRUZ-CORONADO, J. y MONGE-PÉREZ, E. Producción de siete genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivados en ambiente protegido. *Tecnología en Marcha*, 2020, 33(2), 102-118. ISSN: 0379-3982.
51. CASACA, A. *Guías tecnológicas de frutas y vegetales*. Honduras: Banco Interamericano de Desarrollo, 2005.
52. JANA, C., y otros. *El cultivo del pepino dulce*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2020.
53. CHÁVEZ, J. y LEÓN, L. Propuesta de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos para la Institución Educativa N° 11009 “Virgen de la Medalla Milagrosa”- José Leonardo Ortiz, 2016. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad de Lambayeque, 2017.
54. MINISTERIO DEL AMBIENTE [En línea]. Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017 [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>
55. SUÁREZ, J. Elaboración de compost mejorado a partir de la valorización de los residuos orgánicos generados en el mercado y parada municipal de la ciudad de Bagua. Tesis de Maestría (Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental). Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2020.
56. VARGAS-PINEDA, O., TRUJILLO-GONZÁLEZ, J. y TORRES-MORA, M. El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, 2019, 23 (2), 123-129 pp. ISSN: 0121-3709.
57. GONZÁLEZ, J. Análisis de la dinámica temporal de uso de la tierra en actividades agroproductivas en el Ecuador. Proyecto de Investigación (Título de Ingeniero Agrónomo). Quito: Universidad Central de Ecuador, 2022.

58. ALAN, D. y CORTEZ, L. *Procesos y fundamentos de la investigación científica*. Ecuador: Ediciones UTMACH, 2017. ISBN: 978-9942-24-093-4.
59. LOZADA, J. Investigación aplicada: definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica*, 2014, 3(1), 47-50 pp. ISSN: 1390-9592.
60. RAMOS-GALARZA, C. Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 2020, 9(3), 1-6 pp.
61. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGraw Hill, 2018. ISBN: 978-1-4562-6096-5.
62. CABEZAS, E., ANDRADE, D. y TORRES, J. *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas, 2018. ISBN: 978-9942-765-44-4.
63. MINISTERIO DEL AMBIENTE [En línea]. Decreto Legislativo N° 1065, que modifica la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, 2017 [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-legislativo-n-1065/>.
64. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales*. Lima: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, 2019.
65. ÑAUPAS, H., y otros. *Metodología de la investigación. Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Colombia: Ediciones de la U, 2013. ISBN 978-958-762-188-4.
66. ARIAS, F. *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Venezuela: EPISTEME, 2012. ISBN: 980-07-8529-9.

ANEXOS

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos.

Ficha de recolección de datos de residuos orgánicos

| PARÁMETRO ANALIZADO | DÍAS DE RECOLECCIÓN | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | DÍA 0 | DÍA 1 | DÍA 2 | DÍA 3 | DÍA 4 | DÍA 5 | DÍA 6 | DÍA 7 |
| Peso de los residuos (kg) | 169 | 175 | 203 | 171 | 215 | 222 | 261 | 169 |
| Volumen de los residuos (m ³) | 0.35 | 0.36 | 0.418 | 0.354 | 0.442 | 0.456 | 0.534 | 0.35 |
| Densidad de los residuos (kg/m ³) | 482.86 | 486.11 | 485.65 | 483.05 | 486.43 | 486.84 | 488.76 | 482.86 |

Crecimiento y desarrollo de *Cucumis sativus*

Ficha de recolección de datos de la altura de la planta

| Tratamiento | Dosis | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------|-----------------------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| T1 | 1 kg/m ² | 5.50 | 7 | 16.7 | 28.7 | 40.9 | 56.8 | 67 | 77.2 | 87.4 | 92.7 |
| T2 | 2.5 kg/m ² | 15.40 | 26.7 | 40.5 | 60.4 | 82.4 | 99.8 | 117.1 | 126.4 | 160.8 | 174.9 |
| T3 | 4 kg/m ² | 12.30 | 21.7 | 35.8 | 47.8 | 67.9 | 85 | 99.9 | 119.9 | 135.7 | 142.5 |
| C | - | 2.5 | 5.6 | 10.6 | 19 | 26.2 | 43.2 | 52.7 | 65.8 | 79.6 | 83.9 |

Ficha de recolección de datos de números de flores

| Tratamiento | Dosis | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------|-----------------------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| T1 | 1 kg/m ² | | | | | 22 | 30 | 44 | 40 | 26 | 21 |
| T2 | 2.5 kg/m ² | | | | | 29 | 70 | 88 | 60 | 50 | 48 |
| T3 | 4 kg/m ² | | | | | 25 | 65 | 79 | 56 | 43 | 39 |
| C | - | | | | | 20 | 27 | 43 | 39 | 25 | 20 |

Ficha de recolección de datos de número de frutos

| Tratamiento | Dosis | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | Total |
|-------------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|-------|
| T1 | 1 kg/m ² | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 0 | 11 |
| T2 | 2.5 kg/m ² | 10 | 7 | 8 | 9 | 8 | 5 | 47 |
| T3 | 4 kg/m ² | 6 | 3 | 4 | 5 | 3 | 0 | 21 |
| C | - | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 9 |

Ficha de recolección de datos de longitud de frutos

| Tratamiento | Dosis | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
|--------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| T1 | 1 kg/m ² | 21.2 | 20 | 20.75 | 21.25 | 20 | 0 |
| T2 | 2.5 kg/m ² | 29.75 | 24.95 | 25.3 | 27.82 | 26.38 | 22.57 |
| T3 | 4 kg/m ² | 22.65 | 21.43 | 22.35 | 23.2 | 21.18 | 0 |
| C | - | 21.5 | 19.5 | 19.65 | 21.3 | 20.35 | 0 |

Ficha de recolección de datos de peso de frutos

| Tratamiento | Dosis | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
|--------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| T1 | 1 kg/m ² | 0.25 | 0.26 | 0.3 | 0.31 | 0.28 | 0 |
| T2 | 2.5 kg/m ² | 0.65 | 0.6 | 0.58 | 0.63 | 0.59 | 0.55 |
| T3 | 4 kg/m ² | 0.41 | 0.33 | 0.4 | 0.43 | 0.3 | 0 |
| C | - | 0.27 | 0.22 | 0.22 | 0.24 | 0.23 | 0 |

Anexo 2. Matriz de consistencia.

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES Y DIMENSIONES | METODOLOGÍA |
|--|--|--|---|--|
| <p>Problema general</p> <p>¿Cuál es el efecto de crecimiento y desarrollo de la especie <i>Cucumis sativus</i> (pepino) con la aplicación del compost generado en el mercado modelo de Chupaca, distrito de Ahuac, Chupaca - 2023?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>*¿Cuál es el peso, volumen y densidad de los residuos sólidos orgánicos del mercado modelo de Chupaca?</p> <p>*¿Cuál es el sistema de compost mediante pilas con volteo manual?</p> <p>*¿Cuáles serán los parámetros fisicoquímicos del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos?</p> <p>*¿Cuáles serán las características físicas de la especie <i>Cucumis sativus</i> (pepino) con la aplicación del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos?</p> | <p>Objetivo general</p> <p>Evaluar el efecto de crecimiento y desarrollo de la especie <i>Cucumis sativus</i> (pepino) con la aplicación compost generado en el mercado modelo de Chupaca, distrito de Ahuac, Chupaca - 2023.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>*Determinar el peso, volumen y densidad de los residuos sólidos orgánicos en el mercado modelo de Chupaca.</p> <p>*Realizar un sistema de compostaje mediante pilas con volteo manual.</p> <p>*Determinar los parámetros fisicoquímicos del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos.</p> <p>*Describir las características físicas de la especie <i>Cucumis sativus</i> (pepino) después de la aplicación del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos.</p> | <p>Hipótesis general</p> <p>La aplicación del compost generado en el mercado modelo de Chupaca mejora significativamente el crecimiento y desarrollo de la especie <i>Cucumis sativus</i> (pepino) en comparación con las plantas que no reciben dicho compost.</p> | <p>Variable independiente:</p> <p>Compost.</p> <p>Dimensiones:</p> <p>*Parámetros fisicoquímicos.</p> <p>*Dosis.</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p><i>Cucumis sativus</i>.</p> <p>Dimensiones:</p> <p>*Crecimiento.</p> <p>*Desarrollo.</p> | <p>Método:</p> <p>Hipotético-deductivo.</p> <p>Tipo:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Alcance:</p> <p>Explicativo.</p> <p>Diseño:</p> <p>Experimental.</p> <p>Población:</p> <p>El número total especie <i>Cucumis sativus</i> (pepino).</p> <p>Muestra:</p> <p>Subconjunto de plantas de <i>Cucumis sativus</i> (pepino).</p> <p>Técnicas:</p> <p>Observación.</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Ficha se observación.</p> |

Anexo 3. Informe de ensayo.



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO

N° 1122452-SA/AB/ LABSAF - SANTA ANA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Feril Quispe Luis José
 Propietario / Productor : Feril Quispe Luis José
 Dirección del cliente : Huancayo-Huancayo
 Solicitado por : Feril Quispe Luis José
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 02 muestras
 Producto declarado : Abono
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : El Tambo-Huancayo-Junín
 Fecha(s) de muestreo : 2023-12-05 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-12-05
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF Santa Ana
 Fecha(s) de análisis : 2023-12-12
 Cotización del servicio : 427-23-SA
 Fecha de emisión : 2023-12-26

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------|--------------|------------|----------|---|
| Código de Laboratorio | AB4641-SA-23 | AB4642-SA-23 | - | - | - |
| Matriz Analizada | Abono | Abono | - | - | - |
| Fecha de Muestreo | 2023-12-05 | 2023-12-05 | - | - | - |
| Hora de Inicio de Muestreo (h) | 8:00:00 | 8:00:00 | - | - | - |
| Condición de la muestra | Conservada | Conservada | - | - | - |
| Código/Identificación de la Muestra por el Cliente | Compost N°1 | Compost N°2 | - | - | - |
| Ensayo | Unidad | LC | Resultados | | |
| pH | unid. pH | - | 8.4 | 6.8 | - |
| Conductividad Eléctrica | mS/m | - | 645.0 | 705.0 | - |
| Materia Orgánica | % | - | 15.2 | 26.5 | - |
| Nitrogeno Total Kjeldahl | mg/g | - | 10.26 | 18.48 | - |
| Fósforo Disponible | mg/Kg | - | 155.6 | 163.5 | - |
| Potasio Disponible | mg/Kg | - | 12786.4 | 5784.3 | - |
| Cationes cambiabiles, Ca | mg/Kg | - | 4892.71 | 5694.335 | - |
| Cationes cambiabiles, K | mg/Kg | - | 12592.89 | 6934.005 | - |
| Cationes cambiabiles, Mg | mg/Kg | - | 1799.76 | 2788.96 | - |
| Cationes cambiabiles, Na | mg/Kg | - | 2259.36 | 3157.37 | - |



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
 Acreditado con la Norma
 NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Carretera Saños Grande - Hualahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junín

Página 1 de 2
 F-46 / Ver.04
www.inia.gob.pe





Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO N° 1122452-SA/AB/ LABSAF - SANTA ANA

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA |
|--------------------------|---|
| pH | EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH. |
| Conductividad Eléctrica | ISO 11265:1994, First Edition/Cor1 1996. Soil Quality - Determination of the Specific Electrical Conductivity - Technical Corrigendum 1 |
| Materia Orgánica | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.7, AS-07. Determinación de Materia Orgánica (AS-07 Walkley y Black). |
| Nitrogeno Total Kjeldahl | ISO 11261:1995. Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method |
| Fósforo Disponible | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.11, AS-11. 2000. Fósforo extraíble, en suelos de ácidos a neutros (Procedimiento de Bray y Kurtz 1). |
| Potasio Disponible | Potasio disponible: MET-18 (Basado en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). item 7.1.12, AS-12 // EPA 6010 D. Revision 5, 2023). Validado (modificado y aplicado fuera del alcance). Determinación de potasio disponible en suelos con saturación de acetato de amonio 1N, PH 7.0 // Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry. |

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
 - Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
 - Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
 - Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
 - Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
 - El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- (*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. Lidiana Alejandro Méndez - Responsable del laboratorio LABSAF Santa Ana.




Firma

Ing. Ivana Cortéz Juro
Directora EEA Santa Ana

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliareos
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Carretera Saños Grande - Hualahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junín

Página 2 de 2
F-46 / Ver-04
www.inia.gob.pe

Anexo 4. Evidencias fotográficas.



Recolección de residuos orgánicos en el Mercado Modelo de Chupaca.



En esta imagen se observa cómo estamos acumulando todos los residuos orgánicos recolectados de los diferentes puestos del Mercado Modelo de Chupaca.



Cantidad de residuos orgánicos recolectados en una jornada de recolección en el Mercado Modelo de Chupaca.



Traslado de los residuos orgánicos recolectados en el Mercado Modelo de Chupaca



Pesado de los residuos orgánicos.



Cortando los residuos orgánicos para la elaboración de compost.



Preparación del compost.



En la imagen se observa el uso de una malla para tamizar el compost, permitiendo la separación de las partículas más finas del material más grueso.



Cuarteo del compost para obtener una muestra representativa.



Después del cuarteo, se procedió a embolsar y etiquetar las muestras representativas de cada pila, asegurando su correcta identificación para el análisis posterior.



Preparado de terreno.



Semillas para plantar.



Mediciones para el respectivo sembrado.



Medición de la altura por semana.



Cal para los insectos.



Medición de la altura.



Crecimiento durante varias semanas.



Medición de la altura.



Tratamientos en diferentes tiempos.



Crecimiento de las plantas.



Planta de pepino (*Cucumis sativus*) con frutos verdes y brillantes.



Avance de las cosechas de los pepinos.



Peso de los pepinos.