

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



FUENTES Y NIVELES DE MATERIA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO DE
***Capsicum chinense* Jacq (AJÍ LIMO) EN TINGO MARÍA**

Tesis

Para optar el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:
JHONATAN ENRIQUE RIVERA REATEGUI

Asesor:
JAIME JOSSEPH CHÁVEZ MATÍAS

Tingo María – Perú.

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 019-2023-FA-UNAS

BACHILLER : JHONATAN ENRIQUE RIVERA REATEGUI

TÍTULO : **"Fuentes y niveles de materia orgánica en el rendimiento de *Capsicum chinense* Jacq. (ají limo) en Tingo María"**

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
VOCAL : M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS
VOCAL : Dr. VICTORINO RIVAS PULACHE

ASESOR : M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 11/07/2023

HORA DE SUSTENTACIÓN : 04:00 P.M.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIVISUAL DE LA F.A

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 11 DE JULIO DE 2023

.....
Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
PRESIDENTE

.....
M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS
VOCAL

.....
Dr. VICTORINO RIVAS PULACHE
VOCAL

.....
M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS
ASESOR



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 264- 2023 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
FUENTES Y NIVELES DE MATERIA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO DE Capsicum chinense Jacq (AJÍ LIMO) EN TINGO MARÍA	JHONATAN ENRIQUE RIVERA REATEGUI	10 % Diez

Tingo María, 04 de octubre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION

Dr. Tomas Menacho Mallqui
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



FUENTES Y NIVELES DE MATERIA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO DE
***Capsicum chinense* Jacq (AJÍ LIMO) EN TINGO MARÍA**

Autor	: Jhonatan Enrique Rivera Reategui
Asesor	: M. Sc. Jaime J. Chávez Matías
Programa de investigación	: Suelos y Fertilizantes
Línea(s) de investigación	: Fertilidad, clasificación, recuperación y manejo de suelos
Eje temático	: Materia orgánica en ají
Lugar de ejecución	: Fundo Agronomía – Tingo María
Duración	: 7 meses
Financiamiento	: S/. 4123.70

Tingo María – Perú - Noviembre, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de la tesis	: Fuentes y niveles de materia orgánica en el rendimiento de <i>Capsicum chinense</i> Jacq (Ají limo) en Tingo María
Autor	: Jhonatan Enrique Rivera Reategui
DNI	: 71709540
Correo electrónico	: jhonatan.rivera@unas.edu.pe
Asesor	: M. Sc. Jaime J. Chávez Matías
Escuela profesional	: Agronomía
Programa de investigación	: Suelos y Fertilizantes
Línea (s) de investigación	: Fertilidad, clasificación, recuperación y manejo de suelos
Eje temático de investigación	: Materia orgánica en ají
Lugar de ejecución	: Fundo Agronomía – Tingo María
Duración del trabajo	: 7 meses
Fecha de inicio	: Abril del 2021
Fecha de término	: Octubre del 2021
Financiamiento	: S/. 4 123,70
FEDU	: NO
Propio	: SÍ
Otros	: NO

Tingo María – Perú - Noviembre, 2023

DEDICATORIA

A Dios, por la vida, la salud, por mi familia, por permitirme alcanzar mis metas y por llenar de bendiciones cada etapa de mi vida.

A mi madre Lilia Reátegui Chuquizuta por su enorme apoyo y comprensión, por ser la fuerza y la razón de seguir superándome cada día. A ella con mucho respeto, amor y el cariño de siempre.

A mis hermanas Eliana Alessandra y Cecilia Estefannie, con cariño y gratitud, por su apoyo incondicional para culminar la carrera y en la realización del presente trabajo de tesis.

A mi padre Elmer Enrique Rivera Ruíz por su valioso apoyo en el desarrollo de mi formación profesional.

A mis amigos Anthony Aguilar Shanigua, Mary Vargas Mescco, Hernán Daza Ponce y César Abendaño Meza por su invaluable amistad y todo el apoyo brindado en la ejecución y el transcurso del presente trabajo de tesis.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María y en especial a los docentes que conforman la Facultad de Agronomía por compartir su conocimiento y enseñanzas, las que contribuyeron para mi formación profesional.
- Al Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano en calidad de presidente de jurado de tesis, por contribuir mediante sus sugerencias en la redacción general de presente trabajo de tesis y revisar todo el texto.
- A los miembros del jurado, el Dr. Victorino Rivas Pulache, M. Sc. Fausto Silva Cárdenas, por contribuir mediante sus oportunas observaciones y sugerencias en la revisión académica científica que mejoraron el informe final de tesis.
- Al M. Sc. Jaime Chávez Matías en calidad de asesor, por sus enseñanzas, consejos y sugerencias constantes que contribuyeron a la culminación de este trabajo de tesis.
- Al personal del fundo de la Facultad de agronomía, por su apoyo brindado durante el transcurso de la tesis.
- A mis amigos nuevamente un agradecimiento muy especial por el apoyo invaluable que brindaron para la realización y culminación de esta tesis: Anthony Aguilar Shanigua, Hernán Daza Ponce, César Abendaño Meza, Mary Vargas Mescoco y Junior Lino Vargas.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. El ají limo (<i>Capsicum chinense</i> Jacq)	3
2.1.1. Morfología del ají limo	3
2.1.2. Fenología del ají limo	3
2.1.3. Requerimientos edafoclimáticos.....	4
2.1.4. Manejo del cultivo de ají limo.....	5
2.1.4.1. Producción de plántulas	5
2.1.4.2. Preparación del terreno	6
2.1.4.3. Riego	7
2.1.4.4. Densidad de siembra	8
2.1.4.5. Trasplante.....	8
2.1.4.6. Aporque y tutorado	8
2.1.4.7. Control de malezas	9
2.1.4.8. Principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo....	9
2.1.4.9. Cosecha.....	11
2.1.5. Fertilización o abonamiento del cultivo de ají.....	13
2.2. Abonos orgánicos y su efecto en el suelo.....	15
2.2.1. Gallinaza.....	15
2.2.2. Cuyaza.....	17
2.3. Materia orgánica (%)	20
2.4. Materia orgánica y su efecto en las propiedades del suelo	20
2.4.1. Efecto en las propiedades físicas	21
2.4.2. Efecto en las propiedades químicas	23
2.4.3. Efecto en las propiedades biológicas	23
2.5. Factores que afectan la descomposición de la materia orgánica	24
2.6. Antecedentes en trabajos de investigación relacionados al abonamiento	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Lugar de ejecución	28
3.1.1. Ubicación.....	28
3.2. Materiales y métodos	28
3.2.1. Materiales e insumos para el experimento	28

3.2.2.	Factor A: Fuentes de materia orgánica (estiércoles)	29
3.2.3.	Factor B: Niveles de aplicación de materia orgánica en suelo	29
3.2.4.	Tratamientos en estudio	29
3.2.5.	Diseño experimental	29
3.2.6.	Características del campo experimental	30
3.2.7.	Características de suelo y fuentes de materia orgánica en estudio	31
3.2.8.	Ejecución del experimento.....	32
3.2.8.1.	Muestreo y análisis de suelos	32
3.2.8.2.	Preparación del terreno	33
3.2.8.3.	Obtención de estiércoles (fuentes de materia orgánica)	33
3.2.8.4.	Demarcación del terreno y aplicación de estiércoles	33
3.2.8.5.	Obtención de semillas, siembra, almácigo y repique.....	34
3.2.8.6.	Labores culturales	34
3.2.9.	Características evaluadas	35
3.2.9.1.	Análisis final de suelo para los tratamientos	35
3.2.9.2.	Crecimiento y rendimiento del cultivo	36
3.2.9.3.	Evaluaciones finales realizadas al suelo	37
3.2.9.4.	Análisis de rentabilidad.....	38
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1.	Análisis de suelo de los tratamientos al final del experimento.....	39
4.2.	Crecimiento y rendimiento del cultivo	42
4.2.1.	Altura de plantas	42
4.2.2.	Diámetro de tallo de plantas.....	45
4.2.3.	Volumen radicular de plantas	47
4.2.4.	Área foliar de plantas.....	50
4.2.5.	Materia seca de plantas	53
4.2.6.	Número de frutos cosechados	55
4.2.7.	Peso de frutos cosechados.....	58
4.2.8.	Rendimiento por hectárea	61
4.3.	Evaluaciones finales realizadas al suelo	64
4.3.1.	Evaluación de macrofauna	64
4.3.2.	Evaluación de capacidad de infiltración.....	66
4.4.	Análisis de rentabilidad.....	69
V.	CONCLUSIONES.....	72

VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	73
VII. REFERENCIAS.....	74
ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Temperaturas críticas en las fases de desarrollo del cultivo de ají.	4
2. Principales plagas asociadas al cultivo de ají.	10
3. Principales enfermedades asociadas al cultivo de ají limo.	11
4. Contenido de nutrientes de la gallinaza de jaula y de piso.....	16
5. Composición química del estiércol de cuy.	18
6. Descripción de los tratamientos en estudio.	29
7. Esquema del análisis de varianza.....	30
8. Análisis químico de los estiércoles que se utilizaron en el experimento.....	31
9. Análisis inicial de suelo del campo experimental.	32
10. Análisis fisicoquímico del suelo inicial y para cada tratamiento al finalizar el experimento.....	40
11. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para la altura de plantas del cultivo de ají limo, a 120 días después del trasplante.	42
12. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para la altura de plantas del cultivo de ají limo, a 120 días después del trasplante.	43
13. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el diámetro de tallo de plantas del cultivo de ají limo, a 120 días después del trasplante.	45
14. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para el diámetro de tallo de plantas del cultivo de ají limo, a 120 días después del trasplante.	46
15. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el volumen radicular de plantas del cultivo de ají limo.....	48
16. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para volumen radicular de plantas del cultivo de ají limo.....	48
17. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el área foliar de plantas del cultivo de ají limo.....	50
18. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para área foliar de plantas del cultivo de ají limo.	51
19. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para la materia seca de las plantas de ají limo.	53
20. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para la materia seca de las plantas de ají limo.....	53
21. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el número de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo.....	55
22. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para el número de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo.....	56

23.	Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el peso de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo.....	58
24.	Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para el peso de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo.....	59
25.	Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el rendimiento del cultivo de ají limo.....	61
26.	Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para el rendimiento del cultivo de ají limo.	62
27.	Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el número de lombrices en el cultivo de ají limo.....	64
28.	Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para el número de lombrices en el cultivo de ají limo.	65
29.	Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para velocidad de infiltración en el cultivo de ají limo.....	67
30.	Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para la velocidad de infiltración en el cultivo de ají limo.....	67
31.	Análisis del Costo/Beneficio para el rendimiento del cultivo de ají limo obtenido por los tratamientos en estudio.	71
32.	Datos de la evaluación de altura de las plantas de ají limo (cm), a 120 días después del trasplante....	82
33.	Datos de la evaluación de diámetro de tallos de plantas de ají limo (cm), a 120 días después del trasplante.....	82
34.	Datos de la evaluación de volumen radicular de las plantas de ají limo (cm ³), al final del experimento.	82
35.	Datos de la evaluación del área foliar de las plantas de ají limo (cm ²), al final del experimento.....	83
36.	Datos de la evaluación de materia seca de las plantas de ají limo (g), al final del experimento.....	83
37.	Datos de la evaluación del número de frutos cosechados/planta de ají limo, en tres cosechas realizadas.	83
38.	Datos de la evaluación del peso de frutos cosechados/planta de ají limo (g), en tres cosechas realizadas.	84
39.	Datos de la evaluación de macrofauna (número de lombrices de tierra), al final del experimento.....	84
40.	Datos de la evaluación de la capacidad de infiltración del suelo (mm/h), al final del experimento.....	84

41. Resumen de las enfermedades y plagas encontradas, el criterio de control según evaluación y el método empleado.	85
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación del campo experimental, imagen satelital Landsat 8.....	28
2. Promedio de la altura de plantas del cultivo de ají limo a 120 días después del trasplante, por efecto de los tratamientos en estudio.	43
3. Promedio del diámetro de tallo de plantas del cultivo de ají limo a 120 días después del trasplante, por efecto de los tratamientos en estudio.....	46
4. Promedio del volumen radicular de plantas del cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.	49
5. Promedio del área foliar de plantas del cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.	51
6. Promedio de la materia seca de plantas del cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.	54
7. Promedio del número de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo, por efecto de los tratamientos en estudio.	57
8. Promedio del peso de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo, por efecto de los tratamientos en estudio.....	60
9. Rendimiento del cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.	62
10. Promedio del número de lombrices del cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.	65
11. Velocidad de infiltración en el cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.....	68
12. Pesado de las fuentes de materia orgánica (Estiércoles) según tratamientos.....	86
13. Aplicación de las fuentes de materia orgánica (Estiércoles) según tratamientos.	86
14. Siembra, almacigado y cuidado de plántulas de ají limo.	87
15. Instalación o trasplante de las plántulas de ají limo en campo definitivo.....	87
16. Campo experimental con el cultivo de ají limo en crecimiento.....	88
17. Campo experimental con el cultivo de ají limo en fructificación.....	88
18. Cosecha por separado de las plantas netas de los tratamientos en estudio.....	89
19. Secado de las plantas de ají limo en estufa para obtener peso seco.	89
20. Visita de los miembros del jurado de tesis al campo experimental.....	90
21. Croquis del campo experimental y detalle de la parcela.....	90
22. Análisis físico químico de los tratamientos al final del experimento.	91
23. Análisis especial de los estiércoles empleados como fuente de materia orgánica.	91

24.	Cálculo de la cantidad de estiércol para 2 % de M.O de la fuente Gallinaza.	92
25.	Cálculo de la cantidad de estiércol para 2,5 % de M.O de la fuente Gallinaza.	92
26.	Cálculo de la cantidad de estiércol para 3 % de M.O de la fuente Gallinaza.	93
27.	Cálculo de la cantidad de estiércol para 2 % de M.O de la fuente Cuyaza.	93
28.	Cálculo de la cantidad de estiércol para 2,5 % de M.O de la fuente Cuyaza.....	94
29.	Cálculo de la cantidad de estiércol para 3 % de M.O de la fuente Cuyaza.	94

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Fundo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. Los objetivos fueron: Determinar la mejor fuente de materia orgánica y su efecto en el crecimiento y rendimiento del ají limo, Determinar el mejor nivel de materia orgánica en el crecimiento y rendimiento del ají limo y Realizar el análisis de rentabilidad de los tratamientos. Los componentes en estudio fueron dos fuentes de materia orgánica (Gallinaza y Cuyaza) y tres niveles de materia orgánica (2, 2,5 y 3 % M.O) más un testigo absoluto. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 7 tratamientos distribuidos en 4 bloques.

Los resultados obtenidos muestran mejoras en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, inclusive en el crecimiento y rendimiento del cultivo, en aquellos tratamientos donde se emplearon cualquiera de las dos fuentes en sus tres niveles de materia orgánica. Se encontró que la Gallinaza y Cuyaza como fuentes al nivel del 3 % de M.O (T₄ y T₇) mostraron mejores resultados en parámetros como altura de plantas, diámetro de tallo de plantas, volumen radicular, área foliar, materia seca, evaluación de macrofauna e infiltración básica; mientras que para aspectos relacionados al rendimiento como el número y peso de frutos cosechados por planta resultó mejor la Gallinaza como fuente a niveles del 2,5 y 2 % de M.O (T₃ y T₂), todos estos comparados con el tratamiento de testigo absoluto. En lo referente al rendimiento el mejor tratamiento fue el que empleó Gallinaza como fuente al nivel de 2,5 % de M.O (T₃), alcanzando un valor promedio de 63,16 t/ha de ají limo. Respecto a la rentabilidad estimada, se determinaron como mejores tratamientos al T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O) y T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) que alcanzaron rendimientos de 61,60 y 56,92 t/ha, generando una utilidad de 142 532,9 y 116 636,9 soles. La relación de costo/beneficio fue de 4,37 y 3,16, con un índice de rentabilidad de 3,37 y 2,16, siendo esos los montos que se recuperarían por cada sol invertido.

Palabra clave: *Capsicum chinense*, gallinaza, cuyaza, materia orgánica, rendimiento de ají.

ABSTRACT

The present research work was carried out on the Agronomy Faculty's farm at the Universidad Nacional Agraria de la Selva, located in the city of Tingo Maria in the Rupa Rupa district of the Leoncio Prado province in the Huánuco region [of Peru]. The objectives were: to determine the best source of organic matter and its effect on the growth and yield of habanero peppers; to determine the best level of organic matter for the growth and yield of habanero peppers, and to do an analysis of the profitability of the treatments. The components of the study were two sources of organic matter (chicken manure and guinea pig manure) and three levels of organic matter (2 %, 2.5 %, and 3 % of OM), plus an absolute control. The completely randomized block design (CRBD; DBCA in Spanish) was used, with seven treatments, distributed into four blocks.

The results that were obtained revealed improvements in the physical, chemical and biological properties of the soil, including the growth and yield of the crop, for the treatments where either of the two sources of organic matter were used at the three levels. It was found that the chicken and guinea pig manure as sources at a level of 3 % OM (MO in Spanish) (T₄ and T₇) proved to have the best results for parameters such as plant height, plant stalk diameter, root volume, foliar area, dry matter, macrofauna evaluation, and the basic infiltration. Meanwhile, for the aspects related to yield, such as the quantity and weight of the harvested fruit per plant, the best results were with chicken manure as a source, at levels of 2.5 % and 2 % of OM (T₃ and T₂); all of these were in comparison to the absolute control treatment. In reference to the yield, the best treatment was that with which chicken manure was used as the source, at a level of 2.5 % of OM (T₃), reaching an average value of 63,16 t/ac for the habanero pepper. With respect to the estimated profitability, the best treatments were determined to be T₂ (chicken manure at 2 % OM) and T₅ (guinea pig manure at 2 % OM), with which yields of 61,60 and 56,92 t/ac were achieved, generating a utility of 142 532,90 and 116 636,90 soles. The cost/benefit relationship was 4,37 and 3,16, with a profitability index of 3,37 and 2,16, with these amounts being that which would be recuperated for every sol [that was] invested.

Keywords: *Capsicum chinense*, chicken manure, guinea pig manure, organic matter, pepper yield.

I. INTRODUCCIÓN

El ají limo constituye un cultivo de relevancia en el territorio peruano, siendo parte importante en calidad de alimento complementario de la dieta de la población peruana, consumido en muchas regiones a lo largo y ancho del país y de diferentes formas. Aunque se cultivan en diversas regiones, todavía hay aspectos fundamentales del cultivo que no se conocen en profundidad, hay información limitada y sumado a eso se tiene también la gran diversidad de ajíes nativos del Perú, lo que junto a los nombres comunes que recibe, hace que la información sea muy variada y poco uniforme. Ante ello los agricultores presentan dificultades en obtener altos rendimientos, podemos mencionar el suelo y la selección de este, determinar la variedad exacta, la fertilización o abonamiento óptimo, control de plagas y enfermedades entre otras consideraciones propias del manejo agrícola del cultivo. El empleo de fertilizantes químicos en cantidades excesivas o de forma inadecuada provoca grandes daños al recurso suelo en forma de desequilibrios nutricionales, pérdida de la fertilidad natural del suelo, acelerada degradación de la materia orgánica, reducción en la capacidad productiva hacia futuro y una producción agrícola sostenible, generando además problemas de índole ambiental y de salud humana, identificando de esta forma en lo antes mencionado el principal problema relacionado con la producción de ají limo para el presente trabajo de investigación.

El uso de los fertilizantes químicos ha venido provocando un nivel de degradación cada vez mayor del suelo, erosión, pérdida de materia orgánica y fertilidad, desequilibrios varios, entre otros daños que repercuten al uso sostenible del recurso suelo a largo plazo. Diversos estudios han venido probando que, para los daños provocados por el uso de fertilizantes químicos en los suelos, los abonos orgánicos son una gran alternativa para la recuperación de los suelos, además del gran potencial nutricional que tienen; el aspecto máspreciado de estos es su potencial de recuperar suelos cansados o empobrecidos, ya que aportan a las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, lo que a su vez favorece en gran manera al desarrollo de los cultivos. En la actualidad, una gran cantidad de materia orgánica derivada de desechos de crianza animal o restos de cosechas se pierden o no se utilizan de manera adecuada. No obstante, esta situación ha dado lugar a una alternativa en la agricultura, ya que en los últimos años se han integrado estos residuos al proceso de producción agrícola.

La degradación ambiental que se ha acelerado a nivel mundial debido al uso desmesurado de agroquímicos para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos hortícolas, implica la necesidad de buscar nuevas formas de producción. En este sentido, la presente investigación no solo tiene como objetivo mejorar la rentabilidad y la productividad

de las cosechas de ají limo, sino también promover el cuidado del medio ambiente y la producción de alimentos saludables y altamente nutritivos. Para lograr este propósito, se pretende emplear diferentes fuentes de abonos orgánicos, tales como la gallinaza y la cuyaza, que el agricultor pueda elaborar o adquirir comercialmente, para cubrir los requerimientos nutricionales del cultivo. Teniendo en cuenta la situación anteriormente planteada el presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

Objetivo General

Determinar el efecto de dos fuentes y tres niveles de materia orgánica en el crecimiento y rendimiento de ají limo en Tingo María.

Objetivos específicos

1. Determinar la mejor fuente de materia orgánica (estiércol) y su efecto en el crecimiento y rendimiento de ají limo.
2. Determinar el mejor nivel de materia orgánica y su efecto en el crecimiento y rendimiento de ají limo.
3. Realizar el análisis de la rentabilidad de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El ají limo (*Capsicum chinense* Jacq)

Desde tiempos antiguos, se ha tenido conocimiento del género *Capsicum* en el hemisferio occidental, siendo un elemento fundamental de la alimentación humana desde hace más de 7 500 años. Los antepasados originarios de América ya cultivaban el ají desde hace más de 5 200 a 3 400 años A.C. Este género fue domesticado en diversas áreas del centro y sur de América, y se han domesticado cinco especies, a saber: *C. annum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L. y *C. pubescens*. Se considera que *C. chinense* es una de las especies con mayor número de variedades domesticadas en América. Esta especie se relaciona estrechamente con *C. frutescens*, la cual tiene una distribución similar en América del Sur. La cuenca Amazónica es la región donde se observa la mayor diversidad de esta especie de ají (Cheng, 1989; Bosland y Votava, 2012).

2.1.1. Morfología del ají limo

El ají limo es un semiarbusto de altura variable, con crecimiento abundante de raíces subterráneas, el tallo es erguido y tiene un desarrollo restringido, aunque en las variedades comerciales puede variar entre 75 y 120 cm, usualmente mide entre 0,60 m a 1,50 m de altura, lo cual depende generalmente de factores como la variedad, las condiciones climáticas y el manejo. Es una planta monoica y autógama, es decir que tiene ambos sexos en la misma planta y se auto fecunda, aunque también puede experimentar hasta un 45 % de polinización cruzada con el polen de una planta vecina. Por lo tanto, se recomienda sembrar semilla híbrida certificada cada año para asegurar una buena producción (Nuez et al., 1996; Trujillo, 2001; Tun, 2001).

2.1.2. Fenología del ají limo

Riva (2019), menciona que el ciclo fenológico del ají (género *Capsicum*) dura un promedio de 150 días, distribuyéndose la fenología en las siguientes etapas:

Germinación y emergencia: Tiene lugar desde la siembra y abarca hasta los 12 días aproximadamente que suele durar.

Crecimiento y desarrollo vegetativo: Tiene lugar desde el día 13 después de la siembra y abarca hasta los 104 días, siendo esta etapa la de mayor crecimiento y desarrollo de la planta, preparándola para la etapa productiva, para plantaciones manejadas se puede denotar dos eventos importantes: el repique en bolsas de vivero al día 32 desde la siembra,

y el trasplante a campo definitivo al día 73 después de la siembra, lo que hace que el crecimiento y desarrollo de haya dado primero en vivero y posteriormente en campo definitivo.

Esta etapa fenológica al ser la de mayor y rápido crecimiento es la más favorecida por la materia orgánica (ya sea la propia del suelo o la materia orgánica fresca), ya que a efectos inmediatos ocurre una liberación inicial de nutrientes y una mejora de la estructura del suelo, lo que incentiva el crecimiento y desarrollo de raíces, tallos y hojas, además de estimular la actividad biológica del suelo y retener agua de forma adecuada. Lo que favorece a la conformación de plantas adecuadas antes de la etapa productiva (INIA, 2010; Riva, 2019).

Floración: Tiene lugar desde el día 105 y abarca hasta el día 115 a medida que se va desarrollando la fructificación.

Fructificación y maduración: Tiene lugar desde el día 115 y abarca hasta el final del ciclo con unos 150 días aproximadamente, comprende la etapa de fructificación y maduración de los frutos.

2.1.3. Requerimientos edafoclimáticos

Para este cultivo es preferible los suelos sueltos (arenosos), buen drenaje, baja conductividad eléctrica, buena retención de humedad y buena aireación. El óptimo de pH esta entre 6,5 a 7. Responde muy bien a la incorporación al suelo de cantidades como mínimo de 30 toneladas de materia orgánica (Cáceres, 1980, citado por Mamani, 2010). El cultivo de ají se muestra susceptible a la salinidad por lo que no tolera niveles altos, prefiriendo suelos franco-arenosos y con buena retención de humedad; debido a esto la calidad de agua para riego no debería presentar sales en el bulbo de riego, garantizando el desarrollo normal para el cultivo (INIA, 2001).

Tabla 1. Temperaturas críticas en las fases de desarrollo del cultivo de ají.

Fase fenológica	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	20 – 25	13	28
Crecimiento vegetativo	18 – 25	13	28
Floración y fructificación	25 – 26	13	28
Fructificación y Cosecha	20 - 25	22	28

Fuente: INIA (2010)

El cultivo favorablemente se desarrolla en climas templados, tropicales y semitropicales, con condiciones óptimas de temperatura acorde a la etapa fenológica. Este cultivo encuentra su altitud óptima en rango de 0 a 2 700 msnm, y desarrollo óptimo en rangos de precipitación entre 600 a 1 250 mm de lluvia al año (FAO, 2002). El rango de temperatura adecuado para el cultivo de ají varía de 17 a 29°C, siendo el óptimo en torno a 18°C, y las temperaturas ideales se encuentran entre los 24 y 28°C. Temperaturas menores a 15°C o mayores a 35°C limitan el desarrollo de la planta (INIA, 2009; INIA, 2010).

La luz incidente a lo largo del día es fundamental en la etapa de desarrollo y diferenciación de las flores, ya que para un correcto desarrollo de esta la planta prefiere fotoperiodos intermedios, prosperando en condiciones intensas a moderadas de iluminación (FAO, 2002). La presencia de temperaturas inadecuadas durante el periodo de floración-fructificación, reduce cualitativa y cuantitativamente los frutos obtenidos de cada planta, siendo chicos, deformes y con manchas de quemadura del sol. El cultivo de ají prefiere una humedad relativa que varía en rangos del 50 % al 70 %, si esta es muy elevada podría favorecer las enfermedades fungosas y su desarrollo (INIA, 2010).

2.1.4. Manejo del cultivo de ají limo

2.1.4.1. Producción de plántulas

La producción de plántulas abarca desde la obtención de semillas, la preparación de estas y la preparación de vivero en las etapas de charola y posteriormente bolsas. La obtención de semillas se realiza de frutos maduros que se compran en mercados o de plantas previamente seleccionadas en campo. La preparación usual para la siembra de las semillas consiste en la obtención de estas mediante extracción de los frutos y el posterior curado con algún agente fungicida a fin de prolongar el tiempo útil de las mismas y prevenir enfermedades en etapas tempranas del ciclo productivo (Riva, 2019).

Para almacenar ají se pueden emplear bandejas o charolas (de plástico ó poliestireno) de 200 celdas, pudiendo emplear como medio de cultivo una mezcla de tierra y estiércol descompuesto de ganado vacuno (proporción de 33 %). Es importante asegurarse de que el medio de cultivo sea adecuadamente desinfectado y no tenga sustancias que afecten el proceso de germinación de semillas y desarrollo de las plántulas (INIA, 2010).

Almacenar en bandejas conlleva numerosas ventajas como la reducción de estrés durante la labor de trasplante, la precocidad de las plantas, el tamaño generalmente uniforme, plantas más productivas, reducción de cantidad de semilla, plantas más sanas y de calidad, y la posibilidad de adelantar fecha de siembra. No obstante, posee

desventajas tales como la posibilidad de un costo de planta ligeramente más alto, el requerimiento de infraestructura, personal capacitado en la técnica, el uso de productos desinfectantes durante el trasplante en campo (INIFAP, 2009; citado por Paulino, 2013).

Almacigar en suelo era lo más común para el cultivo de ají, aunque recientemente se ha implementado el uso de charolas para este fin. Posteriormente se trasplanta al terreno, aunque se recomienda antes de trasplantar en campo que se repiquen en bolsas de vivero hasta obtener plantas mejor conformadas. Muchos agricultores instalan y siembran sus almácigos directamente en el terreno, usualmente con cuidados mínimos y rústicamente, usualmente mezclando cierta cantidad de abono con el suelo y construyendo una sombra temporal para el almácigo. Existen diversas metodologías para obtener plántulas de ají, las cuales varían en función de las condiciones de producción en la zona, así como de las necesidades de espacio y tiempo del agricultor (Riva, 2019).

Cuando en el vivero se utilizan bolsas para el repique del almácigo, se sugiere que la preparación del sustrato incluya una porción de materia orgánica y dos porciones tamizadas de suelo agrícola. Antes de usarlo, es necesario desinfectar el sustrato mediante cal apagada o una solución de hipoclorito de sodio al 2 %, se debe permitir que repose durante 24 horas y, luego, regar con agua a temperatura ambiente para eliminar cualquier residuo del desinfectante. Usualmente cuando los agricultores no tienen solvente económico, el sustrato es obtenido de áreas con un buen suelo, suelto, pardo a negruzco y con buen drenaje (Arévalo, 2012).

Al momento que las plántulas han alcanzado una altura aproximada de 5 a 10 cm y presentan de 4 a 6 hojas es cuando se procede a realizar el repique en las bolsas. Las bolsas para utilizarse son las pequeñas, con medidas de 6 x 12 cm y 1 mm de espesor, y para no acumular agua la base tiene agujeros. Al momento de repicar se recomienda preparar un hoyo con un puntero, luego colocar la planta procurando en la medida de lo posible de no dañarla. En suelos aluviales donde usualmente se realizan los viveros en camas tendidas en el suelo, no se realiza repique, sino que se trasplantan directamente a campo con una porción de tierra en torno a las raíces (Riva, 2019).

2.1.4.2. Preparación del terreno

Las actividades de limpieza como el deshierbo inicial del campo se pueden realizar manualmente o mecanizada con desbrozadora o motoguadaña, para posteriormente realizarse la remoción del terreno, la cual también puede ser manualmente o de forma mecanizada al emplear un tractor agrícola, para arar el suelo y luego hacer un rastreo con

el fin de dejarlo mucho más suelto. Esta labor se lleva a cabo en el tiempo de verano y para terrazas altas antes de iniciada la temporada de lluvias (Riva, 2019).

La labor que sigue a la preparación inicial del terreno es demarcar el campo definitivo, es para preestablecer las medidas del área, el espacio que ocupara el cultivo y las densidades que se planeen instalar, para lo cual se colocan estacas que lo delimiten, además para delimitar el área que van a ocupar la realización de los camellones. Para la realización de los camellones se puede utilizar un tractor o hacerse de manualmente, considerando un espaciado de 0,90 a 1 m entre camellones. Los camellones son empleados para evitar problemas de acumulación de agua, a la par que se garantiza un suelo suelto bien aireado y con buen drenaje durante el periodo inicial del cultivo (Paulino, 2013; Riva, 2019).

Previo a la instalación del cultivo se recomienda realizar un abonamiento, si son pequeñas cantidades sería al hoyo de siembra o alrededor de la planta, pero si son grandes cantidades es recomendable mezclarla con el suelo donde se instalará el cultivo, siendo en ese caso necesario dejar que se realice la degradación de los abonos por un lapso de un mes aproximadamente (Riva, 2019).

2.1.4.3. Riego

El riego depende del estado de la zona, siendo más necesarios en tiempos de verano. Se realizan antes y después del repique, para lograr la capacidad de campo y garantizar la supervivencia de la mayor cantidad de plántulas, después se realiza diariamente y pasa a realizarse una vez a la semana, en función de la climatología de la zona. Posterior al trasplante se realizan riegos Inter diarios hasta la segunda semana después del trasplante y luego es de acuerdo con lo que requiera el cultivo en función de las condiciones climáticas (Riva, 2019). Labor de importancia vital sobre todo en el cultivo de ají ya que es considerado susceptible al estrés hídrico mientras está en etapa de floración, pudiendo ser debido a que hay mucha o muy poca agua (Ugás et al., 2000).

Para un rendimiento técnico-económico óptimo la capacidad de campo del suelo es recomendable tenerla alrededor del 70 %. Capacidades de campo superiores como el 80 % conseguirían rendimientos agronómicos superiores, aunque económicamente inviables. Para conseguir esas capacidades de campo se requiere considerar previamente las características físicas del terreno. Siendo por ejemplo el caso de un suelo arenoso, que cuenta con alta percolación y retención mínima de agua, por lo que se conseguirá llegar a la capacidad de campo de forma más rápida y empleando menor cantidad de agua, a

diferencia de un suelo arcilloso. Siendo de esta forma determinando mediante la textura del suelo, la cadencia de riegos y el volumen (Nuez et al., 1996).

2.1.4.4. Densidad de siembra

La densidad de siembra del ají limo está determinada por diversos factores como la capacidad productiva del suelo, la arquitectura de la planta y la extensión del sistema radicular. Es común es establecer una separación entre hileras de 1,50 m y un espacio entre plantas de 0,30 m, aunque usualmente se emplean distanciamientos de 0,80 a 1 m entre planta. En los suelos que permiten la mecanización se puede también emplear un sistema de doble hilera alternando calles anchas y angostas (Riva, 2019).

2.1.4.5. Trasplante

La plántula se trasplanta al campo cuando alcanza una altura aproximada de unos 15-20 cm y posee de 8 a 10 foliolos, lo que suele ocurrir entre 35-40 días tras realizada la siembra. Se aconseja realizar el trasplante en horas de la tarde, cuando la temperatura es más baja. Aunque también es factible hacerlo en la mañana, esto aumenta el riesgo de mortalidad de la planta debido al aumento de la temperatura durante el día. Además, es recomendable realizar el trasplante después de una precipitación (Riva, 2019).

Se sugiere que el trasplante de la plántula se haga en condiciones de adecuada humedad en el suelo, preferentemente en un día nublado y con posibilidad de lluvia, a fin de disminuir el estrés de adaptación en el terreno. Si la siembra es en tiempo de lluvias, se debe enterrar al nivel del cuello de planta, mientras que en condiciones de riego y en surcos o suelos de humedad residual, la planta debe ser enterrada 5 centímetros por encima del cuello. La planta de ají al trasplantarse necesita que se incorpore suficiente suelo y compactarlo para evitar la formación de bolsas de aire que puedan provocar que la planta falle. Una buena manera de verificar si la planta está correctamente compactada es tirando del tallo para asegurarse de que no se pueda arrancar (Paulino, 2013; Riva, 2019).

2.1.4.6. Aporque y tutorado

Esta labor tiene un efecto considerable si la planta lleva al menos un mes en campo, se procede a desmalezar alrededor de la planta mientras a su vez se acumula tierra en torno al tallo, y se hace la remoción del suelo donde se formarán nuevas raíces, para lo cual el encargado de esta labor debe manejar muy bien el azadón para no afectar a las plantas. El aporque también tiene la función de reducir la competitividad que existe entre

las malezas y el cultivo, proporcionar aireación adecuada al suelo debido a la remoción de la tierra y favorecer el enraizamiento y con ello un mejor anclaje, favoreciendo en el desarrollo más adecuado del cultivo (Paulino, 2013).

El tutorado implica la instalación de un soporte en los costados de cada hilera de plantas con el fin de prevenir que las plantas se caigan o se rompan las ramas por el peso excesivo de los frutos. Esta técnica es comúnmente utilizada en plantaciones de cultivo comercial. A manera de soporte se pueden colocar palos, varas o cañas, o en todo caso templar rafia agrícola a lo largo de la hilera con objetivo que las plantas se mantengan erguidas (Castillo, 2019).

2.1.4.7. Control de malezas

Es esencial evitar la presencia de maleza durante todo el proceso de cultivo, ya que puede afectar negativamente el crecimiento del cultivo al competir por nutrientes, agua, luz, espacio y humedad. Las malezas además actúan como hospederas de enfermedades y plagas varias, lo que puede poner en peligro al cultivo. Para controlar las malezas, se sugiere una limpieza manual empleando herramientas como lampas o azadones para eliminar las malezas alrededor de las plantas y un machete corto para limpiar las áreas entre las filas de plantas. No es recomendable emplear herbicida ya que el ají es susceptible y puede afectar su desarrollo atrasándolo o incluso provocar su muerte (INIA, 2001).

Los deshierbos se realizan de acuerdo con las condiciones climáticas del lugar, se pueden hacer cada 2 semanas cuando hay lluvias y cada mes en verano, a fin de evitar que el cultivo y las malezas compitan por nutrimentos. Las malezas que pueden afectar al cultivo son variadas y están en función del lugar, tenemos *Cynodon dactylon*, *Cyperus luzolae*, *Cyperus rotundos*, *Mimosa púdica*, *Phyllanthus niruri*, *Pueraria*, *Phaseoloides* y *Urera lobata*. Muchos agricultores controlan malezas mediante controles culturales y siembran ají asociado a cultivos de yuca o plátano, ya que por la sombra que proporcionan estas limitan el crecimiento de malezas, es posible asociar al cultivo con especies de coberturas o rastreras como *Desmodium sp.*, *Commelina difusa*, *Lindernia crustácea* u otras. Los agricultores que cultivan únicamente ají suelen realizar manualmente los deshierbos, y en áreas mayores realiza de forma mecánica, usando motoguadaña (Riva, 2019).

2.1.4.8. Principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo

El cultivo de ají al igual que muchos otros está asociado a una amplia diversidad de insectos y hongos, donde muchos de ellos se comportan como

perjudiciales para el hombre, debido al daño que pueden ocasionar en la producción del cultivo de interés, constituyendo de esta manera las plagas y enfermedades de importancia para el mismo. Ya que las plagas y enfermedades han coexistido con el cultivo, se han adaptado al mismo y se presentan distribuidos en las diversas etapas fenológicas del periodo de vida del cultivo, siendo en este caso el de ají limo (INIA, 2010).

Tabla 2. Principales plagas asociadas al cultivo de ají.

Orden	Familia	Especie	Daños
Hemíptera	Aphididae	<i>Toxoptera sp.</i> <i>Myzus persicae</i> <i>Aphis sp.</i>	Sorben la savia de la planta, y afectan brotes, hojas y tallos.
	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	Succionan la savia, afectando hojas y brotes principalmente.
Coleóptera	Chrysomelidae	<i>Diabrotica spp.</i>	Perforan las hojas de las plantas en vivero y en campo.
	Scarabaeidae	<i>Anomala sp.</i> <i>Phyllophaga sp.</i>	Se alimentan de la savia a través de las raíces.
Lepidóptera	Sphingidae	<i>Manduca sexta</i>	Consumen flores, hojas y tallos, inclusive el exocarpio de frutos ya maduros.
	Noctuidae	<i>Chloridea sp.</i> <i>Spodoptera sp.</i>	
		<i>Agrotis sp.</i> <i>Feltia sp.</i>	Cortan las plantas pequeñas al ras del suelo.
Ortóptera	Acrididae	<i>Schistocerca peruviana</i>	Se alimentan de follaje y ramas.
	Gryllotalpidae	<i>Gryllotalpa sp.</i>	Cortan los tallos de plantas pequeñas.
Trombidiformes	Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i>	Succionan savia de hojas, se tornan color cenizo y posteriormente estas caen.

Fuente: INIA (2010), Riva (2019)

Para responder a esto los agricultores e implicados en el sector agrícola han desarrollado diferentes formas de poder controlar las plagas y enfermedades, con el objetivo de asegurar su producción. En el margen de lo mencionado se tiene por ejemplo al manejo integrado de plagas o MIP, y los diversos métodos de control que se han desarrollado para poder contrarrestarlos, controles como el cultural, mecánico, etológico, genético,

biológico, u otros, donde se tiene como último recurso al control químico, ya sea insecticidas o fungicidas (Riva, 2019).

El control orgánico de plagas y enfermedades se basa en una serie de técnicas que permiten prevenir, supervisar y manejar las enfermedades y plagas más relevantes en el cultivo. El cultivo de ají limo tiene un grupo de enfermedades principales que son las más distribuidas y con presencia en plantaciones de ají en todo el país. Las enfermedades han evolucionado junto al cultivo, al cual se han adaptado, por lo que se presentan en diversas etapas fenológicas, en las cuales se ven más favorecidas (INIA, 2009; Riva, 2019).

Tabla 3. Principales enfermedades asociadas al cultivo de ají limo.

Enfermedad	Agente causal	Síntomas y daños	Control
Chupadera	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Phytium sp.</i> <i>Fusarium sp.</i>	Las plántulas presentan lesiones marrón-rojizas en la base del tallo, afecta las raíces y cuello de planta, produce marchitamiento y caída de la planta atacada. Se presenta por exceso de humedad en el suelo.	Sembrar en suelos con buen drenaje, que no hayan presentado la enfermedad con anterioridad, evitar la humedad excesiva y condiciones favorables para el hongo, desinfectar los equipos de trabajo, tratar las semillas y el pie de planta con fungicidas.
Marchitamiento	<i>Fusarium sp.</i> <i>Phytophthora capsici</i>	Presencia de amarillamiento en hojas basales, posteriormente se marchitan y secan.	Sembrar en suelos con buen drenaje, evitando la humedad excesiva, desinfectar los equipos de trabajo y la semilla a utilizarse, aplicar fungicidas adecuados según se requiera.
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Se ven manchas color negro o lesiones hundidas a manera de úlceras que aparecen sobre las flores, frutos, hojas y tallos. Afecta el desarrollo y fructificación.	Uso de semillas sanas y desinfectadas, eliminar residuos de cosecha, malezas, órganos infectados, entre otros, evitar suelos excesivamente húmedos y elaborar drenes, utilizar fungicidas adecuados.

Fuente: INIA (2010), Riva (2019)

2.1.4.9. Cosecha

Este período o etapa está en función con la variedad. Una tonalidad de frutos verde-rojo-anaranjado, para el ají limo, se toman como indicador para

cosechar. La cosecha del fruto debe realizarse cuando presenta un color verde-anaranjado brillante y firme, y una textura gruesa, resistente y dura. El tamaño óptimo del fruto para su cosecha se determina cuando este ha alcanzado la mitad o tres cuartas partes de su tamaño normal, lo que ocurre entre 25 a 40 días tras ser polinizadas las flores. De manera general, según Ugás y Mendoza (2012), la época de cosecha para los ajíes nativos suele iniciarse en un rango de 60 a 120 días tras ser trasplantados y puede durar de 40 a 60 días o incluso más. Es posible cosechar los frutos antes de su madurez completa y, una vez recolectados, estos continuarán madurando hasta que estén listos para ser comercializados en diferentes mercados.

La cosecha es llevada a cabo de forma manual, el fruto se cosecha con pedúnculo quebrándolo donde se une a la rama, y es a partir del cuarto al quinto mes, tras el trasplante, y de preferencia cuando los frutos están pintones, verdes con leves tonos naranjas o amarillos. La cosecha es realizada semanalmente con intervalo de 10 a 15 días. Los frutos deben ser recolectados en recipientes que permitan una adecuada ventilación, tales como canastas, baldes, bandejas o mantas. La cosecha se realiza preferentemente por la mañana o en horas de la tarde debido a las altas temperaturas durante el día (Riva, 2019).

Se estima que el período de cosecha del ají limo dura entre 40 y 60 días, durante los que se realizan de 8 a 12 cosechas selectivas. Por lo general, las primeras 4 o 5 cosechas producen los mejores resultados, ya que los frutos son uniformes, de calidad excelente y gran tamaño. A medida que avanza la campaña, la calidad y el tamaño del fruto disminuyen, siendo de la misma forma para el rendimiento en la cosecha. La vida productiva del ají limo puede llegar a durar hasta un año, siempre y cuando se cuide su nutrición y se apliquen las técnicas de manejo adecuadas (Paulino, 2013).

Respecto al rendimiento alcanzado por *Capsicum* se tiene en México, por ejemplo, que la producción de *C. annum* (Pimiento morrón) en invernaderos con tecnologías intermedias y cubiertas plásticas alcanzan rendimientos de 130 t/ha, mientras que al emplear tecnología media-alta puede alcanzar rendimientos de 180 t/ha, en condiciones de hidroponía y altas densidades (Moreno et al., 2011). Otros trabajos reportan rendimientos de pimiento morrón cultivado en hidroponía de 115.3 t/ha o 64 t/ha en ciclos de 4 meses (Sánchez et al., 2017), otro trabajo cultivó pimentón en invernadero y obtuvo un rendimiento de 36,7 a 49,7 t/ha (Orozco-Orozco y Lozano-Fernández, 2021). Para el caso de *C. chinense* (ají dulce) alcanza rendimientos de 17,87 y 16,06 t/ha (Montaño, 2000); mientras que *C. chinense* (chile habanero) reporta rendimientos de 18,3 hasta 36 t/ha (López-Gómez et al., 2017).

En el Perú, para la recolección de datos para el Anuario Estadístico de Producción Agrícola, el cultivo de ají comprende varias especies incluidas en el

género *Capsicum*, las que son cultivadas en diversas regiones debido a la importancia, valor nutricional y rentabilidad del mismo; teniendo por ejemplo según datos provisto por el MIDAGRI del año 2018, una superficie nacional cultivada de 4 939 ha, siendo para la región de Huánuco 107 ha; la producción nacional es de 49 715 t, para la región de Huánuco es de 528 t; y lo referente al rendimiento, el promedio nacional del cultivo es de 10 345 kg/ha, y para la región Huánuco es de 4 935 kg/ha. Teniendo además para el año 2018, el cultivo de ají a nivel nacional, una producción valorada en 65,2 millones de soles (MIDAGRI, 2018).

2.1.5. Fertilización o abonamiento del cultivo de ají

Según Vieira (2001), para lograr una producción comercial exitosa de ají con tecnología adecuada, es necesario satisfacer los requerimientos nutricionales de la planta (NPK), variables según el suelo y su fertilidad, recomendando la aplicación de elemento puro de nitrógeno en rangos de 55 y 138 kg/ha. Otros autores refieren que los requerimientos nutricionales del género *Capsicum* para alcanzar un rendimiento determinado, difieren bastante dependiendo el suelo y su fertilidad inicial, circunstancias de desarrollo, potencial para rendimiento, órgano de la planta y el genotipo del cultivar (Tun, 2001; Salazar-Jara y Juárez-López, 2013; Martínez, 2015).

Esto genera ciertos rangos de valores para la extracción de los nutrientes o elementos requeridos, estando también en función con los rendimientos, por ejemplo, para rendimientos de 52 a 97 t/ha de *Capsicum annuum* (Chile dulce y pimentón) se requiere de N en rangos de 125-215 kg/ha, P₂O₅ en rangos de 23-100 kg/ha, K₂O en rangos de 150-270 kg/ha, además de elementos como CaO en rangos de 81-160 kg/ha y MgO en rangos de 33-42 kg/ha (Salazar-Jara y Juárez-López, 2013; Martínez, 2015). Tun (2001), determinó que para una hectárea con 25 000 plantas de chile habanero (*Capsicum chinense*) se extraen 214, 135 y 225 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O para cada uno, mientras que INIA (2001), sugiere para *C. chinense* la formulación debe realizarse según un análisis previo de suelo, pero recomienda dosis de 150, 46-100 y 80-152 kg de N, P₂O₅ y K₂O por hectárea.

Respecto a la materia orgánica se sabe que el cultivo puede llevarse a cabo en suelos con porcentajes desde 1,9 % siempre que el cultivo disponga de una nutrición adecuada para su desarrollo (Programa de Hortalizas, 2012), aunque el nivel deseable de materia orgánica está en torno a 2 % para suelos arcillosos, 1,65 % para suelos pesados y 2,5 % para suelos arenosos (Gros y Domínguez, 1992). Se recomienda para el cultivo de *Capsicum* la incorporación de por lo menos 10 t/ha de guano de caballo o similares durante la preparación del terreno, y el abonamiento con 20 t/ha de estiércol de vacuno o similares (Programa de

Hortalizas, 2012), en suelos pobres en lo referente a materia orgánica lo recomendable es emplear cantidades de 30 a 40 t/ha de estiércol compostado mientras que en suelos con una riqueza media de materia orgánica cantidades de 10 a 20 t/ha (Ríos, 2013).

Según Rodríguez (1992), existen 16 elementos esenciales en el desarrollo para las plantas. Un suelo para que sea capaz de producir cultivos adecuadamente, debe proporcionar a la planta los nutrientes necesarios en la cantidad y proporción adecuadas. Las plantas en la naturaleza se adecúan a las circunstancias de nutrición, y la disponibilidad de estos nutrientes influye en la formación de la diferente vegetación. En contraste, en la agricultura moderna, se requiere la aplicación de métodos para suplementar nutrientes y asegurar una buena cosecha. Aunque todos los nutrientes esenciales están presentes en suelos de fertilidad normal, es necesario reponer periódicamente algunos de ellos para mantener la fertilidad.

Riva (2019), menciona acerca de la fertilización del cultivo de ají, la importancia de los macronutrientes y algunos de los micronutrientes, incluso sus deficiencias, los cuales se mencionarán a continuación.

El Nitrógeno es un elemento móvil dentro la planta, desplazándose desde tejidos viejos hacia tejidos nuevos, se encarga de estimular el crecimiento, prioritariamente en el período inicial del crecimiento vegetal, otorga a las plantas un color más intenso, además de aumentar el índice de área foliar y prolongar para las hojas su periodo de vida útil. La deficiencia de este elemento se caracteriza porque las hojas inferiores se vuelven amarillas y presentan clorosis, los tallos se debilitan y el crecimiento de la planta es lento.

El Fósforo, se encarga de estimular en las raíces su crecimiento y desarrollo, además que influye en menor medida en desarrollo foliar, de flores y el adelanto de maduración de los frutos. Tiene gran importancia para etapas iniciales de crecimiento, donde cumple rol en la formación de ATP. La deficiencia por este elemento es característica por una clorosis muy presente en hojas inferiores, y la presencia de puntos marrones.

El Potasio, este elemento incrementa el potencial osmótico e influye favorablemente en el cierre de estomas, evitando la deshidratación excesiva por evapotranspiración. La deficiencia de potasio se localiza en las hojas más viejas y se caracteriza por puntos de coloración crema y textura algo gruesa, los bordes y las zonas internervales presentan clorosis, los márgenes se curvan hacia arriba, además de defoliación.

El Calcio tiene importancia en el alargamiento y división celular, además de formar parte de las paredes celulares. Su deficiencia se caracteriza por una muerte y malformación de meristemas, en las raíces, los brotes, los frutos, u otros.

El Hierro es vital para algunos procesos de enzima en la planta. Su deficiencia se caracteriza por una clorosis generalizada, dejando solo verdes las nervaduras.

El Boro, elemento importante para el desarrollo y crecimiento de la planta, actúa en la división, diferenciación y elongación de tejidos meristemáticos. En algunos casos este elemento actúa como el limitante par aun correcto desarrollo. El déficit de este elemento es característico por el crecimiento retorcido y deforme de hojas jóvenes, acortamiento de los entrenudos del tallo, en toda la planta se tiene muerte en puntos de crecimiento (en tallo, raíz, pudiendo provocar la muerte de la planta).

El Molibdeno, su deficiencia está caracterizada por una clorosis extendida, las hojas jóvenes de los brotes se presentan encorvadas y retorcidas, tienen puntos con necrosis y posteriormente se muere el ápice o follaje de la planta.

El Zinc, es un elemento componente o activador de diversas enzimas e interviene en la síntesis de aminoácidos y proteínas, como el triptófano, el cual es precursor del ácido indol acético. El déficit de este elemento afecta a la planta en su crecimiento terminal además de disminuir la longitud del tallo y curvar las hojas.

El Cobre, elemento cuya deficiencia se caracteriza por coloración verde oscuro en hojas jóvenes, se doblen y pueden llegar a tener manchas necróticas. Suelen también curvarse en los bordes o abultarse en las zonas internervales.

2.2. Abonos orgánicos y su efecto en el suelo

2.2.1. Gallinaza

La gallinaza es un abono tradicionalmente utilizado por su contenido nutricional entre otros factores, cuya composición está supeditada mayormente en función a la alimentación y el sistema utilizado para el habitat de las aves. Por ende, la gallinaza que se obtiene de explotaciones en galpones con piso, esta principalmente compuesta por una mezcla de las deyecciones de aves, plumas, restos de alimento, restos de huevos y material usado en el suelo, el cual es un material absorbente como viruta, pasto seco, cascarilla de arroz, o algún otro, siendo este material conocido comúnmente como cama; permaneciendo la mezcla mencionada durante todo el ciclo productivo mientras se va a acumulando, hasta que es obtenida al final del mismo (Estrada, 2005).

El mayor aporte de este tipo de abono radica en su característica de mejorar la fertilidad del terreno, con nutrientes importantes para el desarrollo de las plantas como potasio, fósforo, magnesio, hierro, calcio, zinc, cobre, manganeso, boro, destacando de entre estos el nitrógeno, que se presenta en una concentración mayor; además de que al usar

usualmente cascarilla de arroz como cama, esta mejora aspectos físicos del suelo como la porosidad, que confiere mejor aireación, buena absorción de humedad y adecuado filtraje de nutrientes; agregado a esto se incorpora cierta cantidad calcio que se usa para desinfectar los criaderos como cal viva, cal apagada u otros (Cantarero y Martínez, 2002).

La gallinaza constituye un fertilizante orgánico altamente valorado, debido a que es en cierta medida concentrado y de acción rápida, considerando que el tiempo que transcurre desde que se aplica hasta tres semanas de desarrollo de la planta, es tiempo suficiente para que se realice la mineralización de alrededor del 75 %, dándose de esta manera un alto aporte de nutrientes que coincidan con la época de mayor demanda de estos por las plantas, conteniendo además los nutrientes indispensables y necesarios para un adecuado desarrollo, siendo este aporte nutricional mayor que en otros estiércoles en función de una necesidad de disponibilidad más pronta (Estrada y Peralta, 2004; Estrada, 2005).

Tabla 4. Contenido de nutrientes de la gallinaza de jaula y de piso.

Parámetros	Gallinaza de jaula	Gallinaza de piso
pH	9,00	8,00
Humedad (%)	57,80	34,80
Conductividad (mS/cm)	6,90	1,60
Cenizas (%)	23,70	14,00
Materia orgánica (%)	34,10	42,10
Carbono orgánico (%)	19,80	24,40
Relación C/N	6,20	12,10
Nitrógeno (%)	3,20	2,02
Fósforo (P ₂ O ₅ %)	7,39	3,60
Potasio (K ₂ O%)	1,90	0,89
Ca + Mg (%)	4,20	-- *
S (%)	0,05	-- *
B (%)	0,40	-- *
Cu (%)	0,20	-- *
CIC (meq/100 g)	58,20	77,00
Densidad aparente (g/cc)	0,57	0,27

* Valores no determinados en el análisis.

Fuente: Estrada (2005).

Este tipo de abono debe ser incorporado y mezclado al suelo con mucho cuidado, ya sea que se realice en el surcos u hoyos de siembra, aproximadamente al menos 15 días antes de realizarse la siembra, debido a que este abono es fuerte en cierta medida y por ende podría dañar ya sea a las semillas o plantas. Es posible también aplicarse tras haberse realizado el sembrado, aplicándolo al terreno en torno a las plántulas (Barber, 1999).

La gallinaza es rica en microorganismos que contribuyen activamente en los ciclos biogeoquímicos, generando aumentos considerables de enzimas y ciertos metabolitos microbianos que estimulan la producción de fitohormonas y otras sustancias beneficiosas para las plantas, incluyendo vitaminas (Lozano, 2016).

Para el empleo de la gallinaza se debe considerar diversos aspectos, como las características y propiedades del suelo (principalmente pH, fertilidad y estructura), el contenido nutricional del estiércol en sí mismo y su grado de madurez (que varía de acuerdo con la dieta del animal y condiciones de manejo) que además están regulados por la norma técnica peruana NTP 339.224. 2017 y NTP 339.111:2018, donde establecen requisitos mínimos de calidad y seguridad, se debe considerar también el tipo de cultivo y una aplicación adecuada y uniforme. Todas estas consideraciones se hacen con el fin de evitar desequilibrios nutricionales y daños al suelo y sus propiedades al aplicarse grandes cantidades debido a su contenido nutricional (alto en N, P y K), además de evitar problemas ambientales y a la salud por el riesgo de erosión y presencia de patógenos (Casas y Guerra, 2020).

La aplicación continua e indiscriminada de gallinaza al suelo produce efectos negativos, por ejemplo, al taponarse los poros del suelo este se compactaría, reduciendo el drenaje; la alta cantidad de nutrientes y sales degrada la estructura de la tierra; aparición de microorganismos potencialmente patógenos; la reducción de oxígeno en el entorno que dificulta al nitrógeno ser mineralizado, debido al exceso de materia orgánica y nutrientes; inclusive puede darse una absorción excesiva de nitrógeno por las plantas que genera una acumulación de nitratos y con ello intoxicaciones (Casas y Guerra, 2020).

2.2.2. Cuyaza

Los estiércoles vienen a ser las excretas de animales, que se componen por los residuos del proceso digestivo de la alimentación consumida por estos; alrededor del 60 al 80% del alimento consumido por el animal se va a eliminar en forma de estiércol. Su calidad está en función en gran medida a la especie animal, el tipo de lecho o residuos propios de su habitat que se mezclen con las excretas, y además también influye en cierta medida la forma de manejar o tratar los estiércoles antes de ser aplicados. De esta forma se tiene que el contenido

promedio o aproximado de los principales nutrientes para las plantas es de 1,5 % de N, 0,7 % de P_2O_5 y 1,7 % de K_2O (Guamán, 2010).

Utilizar estiércol tiene la cualidad de conferir una mejora en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, especialmente al emplearse al año cantidades no menores a las 10 t/ha, y preferentemente de forma variada. Para que el aprovechamiento de los estiércoles sea mayor y con ello se obtengan ventajas superiores, se deben emplear tras haberse descompuesto o fermentado, y preferentemente cuando el suelo está en capacidad de campo o tenga humedad adecuada (Guamán, 2010).

La cuyaza que viene a ser el estiércol de cuy, es ampliamente usado en predios agrícolas, por ejemplo, entre los cafetaleros, debido a que posee múltiples beneficios, principalmente enfocados en la producción de abonos orgánicos, como es por ejemplo la alta tasa de nutrientes que contiene, mayormente de nutrientes menores. Los excrementos del cuy o cobayo son de los más sobresalientes al igual que el de caballo, con la ventaja de que no genera malos olores, tiene poca atracción de moscas y que por su forma se puede hacerla polvo. Este abono orgánico tiene mucha importancia para su empleo en cultivos varios, con el beneficio de ser limpia y no tener efectos adversos al medio ambiente (Molina, 2012).

Tabla 5. Composición química del estiércol de cuy.

Nutrientes (ppm)	Valores (%)
Nitrógeno	0,60 – 0,70
Fósforo	0,03 – 0,05
Potasio	0,18 – 0,31
CaO	0,55
MgO	0,18
pH	10

Fuente: Pantoja (2014), Gómez (2018).

El estiércol obtenido del cuy es posible de aprovecharse debido a su contenido en minerales y porcentaje de humedad, a diferencia del estiércol obtenido de otras especies. El INIA menciona que la cuyaza contiene más riqueza de nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales como ya es sabido son componentes muy utilizados por las plantas. Se destaca además que es más duradero dada su baja humedad (Barreros, 2017).

Ventajas al emplear cuyaza. Según Pantoja (2014), en concordancia con lo mencionado por Guamán (2010), algunas de las ventajas asociadas de utilizar cuyaza como abono en los cultivos son:

- Al emplearse en suelo da resistencia frente a los patógenos y plagas, ya que generan macro y micronutrientes que mantienen sano al suelo, mejoran su fertilidad y su estructura.
- Este tipo de abono no es tóxico y tampoco contamina el ambiente en general (suelo, aire, agua), obteniéndose cosechas más sanas.
- Peso más alto por volumen (mayor materia seca y menos agua).
- Se logran buenos rendimientos y por un tiempo más prolongado a diferencia de los fertilizantes sintéticos.
- Aspectos físicos como la estructura del suelo son mejorados, químicos como la capacidad de nutrientes y su disponibilidad, mejora también la actividad biológica presente en suelo.
- Carece de olor desagradable, no atrayendo de esta forma moscas.

Riesgos relacionados al uso de estiércol animal. Usar excrementos de origen animal sin tratar tiene riesgo de contaminar los productos, especialmente si se destinan a consumo fresco; debido a que organismos patógenos, como *Escherichia coli*, pueden causar enfermedades gastrointestinales. Otros patógenos, como *Salmonella* y *Cryptosporidium*, también pueden hallarse en los excrementos humanos y de animal. Además, aplicar continuamente estiércol de animal sin tratar aumenta la supervivencia de patógenos y la contaminación de las áreas cercanas. Por lo tanto, es importante tratar adecuadamente los excrementos antes de utilizarlos en el suelo para evitar estos riesgos (Yar, 2013).

El uso como fertilizante de estiércol sin tratar debe evitarse debido a los riesgos que presenta. En caso de ser utilizado, es recomendable hacerlo junto a la preparación del suelo o antes de sembrar, tratando que pase el mayor tiempo posible antes de la cosecha. Es importante tener en cuenta que los cultivos que crecen cerca de la superficie o sobre ésta tienen mayor riesgo de contaminación, debiendo tener precaución en su aplicación (Yar, 2013).

Es necesario llevar a cabo un proceso de descomposición y degradación del estiércol para minimizar el riesgo en su uso. Este proceso consiste en que la actividad de bacterias y hongos fermentan el material orgánico y lo transforman en humus, estabilizando así el abono. Los microorganismos implicados en el procesamiento del abono necesitan oxígeno, que obtienen de los desechos. La alta temperatura generada durante la fermentación disminuye

los peligros de contaminación biológica y acelera la descomposición, lo que conduce a la eliminación de microorganismos perjudiciales (Yar, 2013).

2.3. Materia orgánica (%)

Los organismos vivos, restos vegetales secos y residuos de origen animal son los que componen la fracción orgánica del suelo. Considerando por ende que la materia orgánica presente en suelo es una mezcla heterogénea de compuestos de carbono, derivados de restos animales o vegetales, acumulados y en diferentes etapas de descomposición. También se encuentran descomponiéndose continuamente varias sustancias producidas por diversos microorganismos y de la mezcla de microbiota viva o muerta, además de restos vegetales o animal todavía sin descomposición alguna (Meléndez, 2003).

Esta fracción orgánica, por unidad de masa es la parte que químicamente está más activa en el suelo. Esta fracción de suelo contiene diversos elementos esenciales almacenados, influye formando una estructura del suelo más adecuada, sirve de fuente y reserva con alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), ajusta cambios en el pH y previene cambios bruscos del mismo, influye en un correcto balance y distribución del aire y agua presente en el suelo y funciona como un gran depósito de carbono geoquímico (Guerrero, 1993).

La materia orgánica presente en la tierra puede agruparse de dos formas: Se denominada humus a la primera, y está constituida por material generalmente más estable en el tiempo, resistiendo a una descomposición acelerada; la segunda forma está constituida por componentes como residuos vegetales frescos o de la cosecha anterior, los cuales son de rápida descomposición, también incluye materiales que han adquirido cierta estabilidad a través de una serie de descomposiciones en cadena (Tisdale y Nelson, 1991).

2.4. Materia orgánica y su efecto en las propiedades del suelo

Según Suquilanda (2006), la materia orgánica tiene un papel fundamental en la mejora de la calidad del suelo debido a que cumple diversas funciones, tales como:

- La materia orgánica, al degradarse, libera una gran cantidad de nutrientes importantes para las plantas en su crecimiento y desarrollo, entre los que se encuentran macro y micronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, hierro, cobre, boro, entre otros.
- Alimenta a las poblaciones de organismos presentes en el suelo, ya sea macrofauna o microfauna, activando el suelo biológicamente.

- Al mejorar la estructura del suelo favorece el movimiento de aire y agua a través de este, mejorando la retención de agua y humedad, capacidad de infiltración y con ello el desarrollo del sistema radicular de las plantas.
- La temperatura en el suelo se ve incrementada.
- Eleva la fertilidad latente del suelo.
- Aumenta la capacidad de intercambio de cationes en el suelo (CIC).
- Evita que el pH cambie bruscamente ya que contribuye a estabilizarlo.
- Minimiza la compactación del suelo, y con ello reduce su densidad aparente.
- Disminuye la pérdida de suelo debida a la erosión hídrica o eólica.

Los compuestos orgánicos presentes en el suelo pueden influir directamente en el crecimiento de las plantas. Ciertas sustancias como los ácidos fenólicos pueden ser tóxicos para las plantas, mientras que otras sustancias como las auxinas, pueden mejorar su crecimiento.

Mediante la aplicación de abonos o material orgánico, se consigue mejorar la fertilidad del suelo (entre otros aspectos o propiedades de este, física, química y biológica), ya que, además de contribuir a formar la estructura del suelo, constituyen una fuente de nutrición para las plantas en su desarrollo y los organismos que habitan el suelo. A diferencia de la materia orgánica, los fertilizantes sintéticos poseen solo algunos nutrientes, haciendo su influencia prácticamente nula para otras propiedades de los suelos, llegando en algunos casos a ser desventajoso o perjudicial a largo plazo (Kononova, 1982; citado por, Ariza, 2020).

2.4.1. Efecto en las propiedades físicas

a. La estructura. Incorporar material orgánico al suelo produce una leve cohesión en suelos arenosos, esto se debe a la actividad de coloides húmicos, ya que estos tienen el papel de aglutinar en carencia de coloides arcillosos, proporcionando a los suelos una adecuada aptitud de agregación. Este efecto en suelos más compactados se da de forma diferente, ya que en estos confiere una alta macroporosidad debido a que el humus se fija, a través de iones de calcio, en la arcilla; resultando esto en un incremento de la porosidad y la estabilidad de la estructura del suelo, el humus puede reducir la plasticidad en suelos de tipo arcilloso, originando una mejor agregación (Gross, 1982; citado por Berríos, 2015).

b. La porosidad. Al incorporar materia orgánica al suelo se favorece la porosidad que este posee, mediante la mejora estructural de agregados y su estabilidad mostrada frente al agua, especialmente en suelos con clase textural variada, además de esta forma mejora

el balance hídrico. La materia orgánica aumenta la porosidad total en el suelo, especialmente los macroporos.

c. La capacidad de almacenamiento de agua. El caso más frecuente en suelos de clase textural gruesa o que presentan baja cantidad de material fino, es la poca capacidad de retener en forma adecuada el agua o la humedad. En estos casos lo que sucede es que el agua se infiltra con suma facilidad a través de macroporos, perdiéndose sin la oportunidad de aprovecharse nada.

La materia orgánica moderadamente fresca, a diferencia de un suelo sin ella y de textura gruesa, puede retener y absorber humedad o agua en cantidades muchas veces equivalente su propio peso. Por esta razón, al incorporar una cantidad adecuada de materia orgánica en suelos con problemas de retención de humedad, las partículas de material orgánico, al humedecerse, tienden a obstruir los poros en los suelos arenosos, lo que resulta en un aumento de la capacidad de retención de agua.

Kiehl (1985), citado por Berríos (2015), postula que, al efectuarse un abonamiento en cantidades adecuadas de materia orgánica se producen los siguientes efectos:

- Se produce una agregación del suelo más alta, además que disminuye su densidad aparente.
- Contribuye a mejorar la conductividad eléctrica del suelo.
- Ayuda a formar estructuralmente mejor al suelo, independientemente cual sea la clase textural de éste.
- Contribuye a mejorar el drenaje interior del suelo producto de mejorar la agregación y estructura de este, ayuda además a corregir los desequilibrios como la aireación deficiente o excesiva y el drenaje para suelos de clasificación arcillosa y arenosa.
- La adición de materia orgánica en el suelo aumenta de forma indirecta o directa la capacidad innata de los suelos para retener agua. Principalmente se da mediante la mejora del suelo en propiedades físicas como la estructura y granulometría, además de proteger contra la creación de costras no permeables en la superficie. De forma no directa se da por la capacidad natural de retener agua por parte de la materia orgánica, siendo del 60 % de su peso conforme se va transformando en humus, incrementándose la capacidad de almacenar agua hasta alcanzar valores de 80 % de su peso en promedio. De la

misma forma y simultáneamente la plasticidad, adherencia y tenacidad del suelo se reducen, lo que mejora la friabilidad.

2.4.2. Efecto en las propiedades químicas

a. En el pH. Todo material orgánico cuando es incorporado al suelo atraviesa por una descomposición progresiva, creando en el proceso ácidos de naturaleza orgánica con alta cantidad de radicales carboxilos (predominantemente), éstos luego al ionizarse liberan iones H^+ , siendo este el motivo por el que es tomado como un adecuado reservorio de protones, presentando la tendencia de acidificar el entorno, al disminuir el pH en el suelo e incrementar la capacidad tampón (Porta et al., 2003).

Además, se conoce un efecto regulador en el pH del suelo debido a la materia orgánica. Por ejemplo, si la materia orgánica tiene una alta cantidad de ácidos húmicos el suelo tiende a acidificarse, caso contrario, los suelos tienden a alcalinizarse cuando existen compuestos poliurómidos presentes. Mientras la materia orgánica se va descomponiendo, la presencia de fósforo y calcio junto con los microorganismos puede elevar el pH del suelo, esto puede darse debido a la amonificación del suelo como a reacciones alcalinas producidas por las bacterias (Arias, 2007).

b. La capacidad de intercambio catiónico. La materia orgánica presente en los suelos, cuando se transforma en humus, compone junto con las arcillas la fracción constantemente en funcionamiento del conjunto que absorbe y regula la nutrición para las plantas, aumentando de esta forma el potencial fértil del suelo; los suelos que poseen alta cantidad de materia orgánica registran menos pérdidas por lixiviación ya sea de macronutrientes o micronutrientes (Porta et al., 2003).

Se tienen, en la materia orgánica del suelo, alta cantidad de radicales orgánicos, los que se desequilibran luego de haber perdido protones quedando en cambio con cargas negativas, posibilitando de esta forma adsorber cationes, estando el radical carboxílico entre los radicales que actúan con mayor proporción.

2.4.3. Efecto en las propiedades biológicas

Al realizar la incorporación de material orgánico al suelo se debe hablar de los protagonistas del proceso de descomposición, que son una diversidad de organismos habitantes del suelo: hongos, levaduras, bacterias, actinomicetos, diversos tipos de lombrices, entre otros. La materia orgánica propiamente dicha, sin ninguna transformación biológica previa, expresa un efecto, si es que tiene alguno, muy pequeño en la estructura del suelo. Para

un efecto o influencia de más importancia en el suelo es necesario que se haya dado lugar el proceso de transformación biológica (Baver et al., 1991, citado por, Manayay, 2004).

El material orgánico tiene mucha repercusión para el crecimiento y desarrollo de diversos microorganismos del suelo, ya que brinda condiciones adecuadas y favorables para ello, como regular el pH del suelo, contribuir a la estructura del suelo, además que sirve como reserva alimenticia y energética para el funcionamiento de su metabolismo (Cisneros, 1985; citado por, Manayay, 2004).

2.5. Factores que afectan la descomposición de la materia orgánica

Debido a la actividad de microorganismos, del tejido fresco incorporado al suelo, comienzan a descomponerse simultáneamente todos los componentes orgánicos. Existen compuestos fácilmente degradables, entre los que se tienen azúcares y algunas proteínas simples, y también existen compuestos complejos que son más resistentes a descomponerse, como las ligninas (Brady y Weil, 2016).

Los cambios enzimáticos que tienen lugar en la materia orgánica del suelo propician la generación de componentes no orgánicos sencillos los cuales tienen los elementos necesarios para las plantas, en especial nitrógeno, fósforo, azufre y dióxido de carbono. Cuando las proteínas son atacadas por los microorganismos dan lugar a los aminoácidos, los cuales al descomponerse producen compuestos tales como amonio y sulfuros, los cuales a través de procesos de oxidación enzimática se transforman en nitratos y sulfatos. La descomposición de otros compuestos orgánicos, de forma similar libera al suelo cationes de calcio, magnesio, potasio y fosfatos inorgánicos. El proceso en su totalidad que genera estos componentes inorgánicos que están aprovechables en el suelo es llamado mineralización. Este proceso de mineralización la realizan microorganismos especializados, los cuales para su supervivencia requieren de condiciones apropiadas (Brady y Weil, 2016).

La actividad microbiana y los factores que la afectan o con los que interactúa como temperatura de la composición, humedad, tamaño de partícula del material a descomponer, entre otros igual de determinantes como la tasa de degradación microbiana y la fuente alimenticia de la que disponen, influyen finalmente en la disponibilidad de nutrientes al término del proceso. Una liberación de nutrientes se dará más fácilmente si el material base es de textura fina y está más concentrado, a diferencia de una mezcla de materiales de textura gruesa (Azabache, 2003).

Los materiales orgánicos del suelo y la velocidad en la que se descomponen dependen de los elementos que componen el material originario y de las circunstancias que

predominan en el medio edáfico, siendo además elementos que repercuten y son decisivos en los organismos habitantes del suelo y su actividad. El balance entre la relación C/N para la materia orgánica en el suelo tiene importancia por dos motivos: a) elevada competencia entre los organismos del suelo por el nitrógeno y su disponibilidad, especialmente al agregar restos con una elevada relación C/N al suelo, y b) por casusa de la relación C/N, la conservación del carbono en el suelo se mantiene continua en cierta medida, ya que la materia orgánica del suelo se encuentra restringida debido al nitrógeno y el nivel de éste (Brady y Weil, 2016).

La temperatura y humedad propias del suelo como factores intrínsecos desempeñan una función muy diversa en los procesos de degradación de la materia orgánica del suelo, principalmente debido al efecto que tienen en la actividad de los microorganismos del suelo y la carga de vegetación, lo que los convierte en factores biológicos fundamentales involucrados en la degradación de material orgánico y para el suelo porque contribuye a su formación (Kononova, 1982; citado por Berríos, 2015).

Un factor que tiene cierto grado de influencia es la clase textural. En suelos de clase textural arenosa, por ejemplo, suelen tener menor cantidad de materia orgánica que otros suelos de clase textural bastante más fina. La razón de esto es debido a que existe una humedad contenida más baja y adecuada aireación, por lo que sucede más rápido la oxidación, ya que debido a la textura propia del suelo existe alta porosidad que ocasiona lo anterior. En otro caso los suelos de clase textural más fina tienden a tener humedad elevada y aireación reducida, lo que deriva en suelos casi siempre más ricos (Navarro y Navarro, 2003).

2.6. Antecedentes en trabajos de investigación relacionados al abonamiento

Mozombite (2012), llevó a cabo el trabajo titulado “Efecto de Diferentes Niveles de Aplicación Orgánica (humus de Lombriz) en la Producción de Ají Charapita (*Capsicum frutescens*) en un suelo ultisol de Pucallpa” con el objetivo de precisar la cantidad óptima de humus de lombriz (aplicación orgánica) a fin de elevar la productividad del cultivo de ají charapita, empleándose un DBCA con 5 tratamientos (sin aplicación, 1, 2, 3 y 4 kg humus de lombriz/planta). Los parámetros evaluados fueron altura de planta, diámetro de tallo, diámetro de copa, número de ramas, rendimiento en kg/ha y rentabilidad. Al final el tratamiento de 3 kg de humus resultó como el mejor en crecimiento y desarrollo, obteniendo una altura de planta de 42,2 cm, diámetro de tallo de 2,1 cm, diámetro de copa de 54,82 cm y un número de ramas/planta de 13 en promedio. De la igual forma el mismo tratamiento (3 kg de humus) consiguió el mejor rendimiento con 3 863,8 kg/ha de frutos, y una rentabilidad de 1,9 %. Demostrando que la aplicación de una cantidad adecuada de enmiendas o abonos orgánicos

resulta beneficiosa para el cultivo se desarrolle y produzca, además de que siempre que no sean cantidades elevadas pueden resultar medianamente rentables.

Ríos (2013), realizó el experimento titulado “Niveles de abonamiento con gallinaza en ají dulce variedad criollo (*Capsicum annum*) cultivados en Iquitos”, donde buscó determinar el momento oportuno (factor A con 2 momentos: sin fraccionar o en 2 aplicaciones) y el nivel adecuado (factor D con 5 dosis: 30, 35, 40, 45 y 50 kg de gallinaza), igualmente la interacción entre cantidad y momento óptimo de aplicación de gallinaza en circunstancias edafoclimáticas. Se empleó factorial con 10 tratamientos. Se encontró diferencias estadísticas significativas para las dosis (Factor D) comparadas al abonamiento (Factor A), entendiéndose que las dosis diferentes de abonamiento expresaron elevada variabilidad para los componentes mencionados de manera independiente; no encontrándose diferencias significativas para la interacción. Las características estudiadas fueron rendimiento donde los niveles d4 (45 kg) y d5 (50 kg) del factor D (dosis) resultaron ser los mejores logrando 5,93 y 5,68 kg/parcela en promedio respectivamente; sobre el número de frutos se obtuvieron un promedio de 267 y 264 con los niveles de 50 y 45 kg de gallinaza respectivamente.

Vela (2013), llevo a cabo un trabajo de investigación en el cultivo de ají motelito (*Capsicum sp.*) en el distrito de San Juan Bautista en Loreto, en función a sus resultados sugiere la utilización de 5 kg de humus de lombriz y 30 % de biol, ya que con éste tratamiento ha obtenido los mejores resultados en cuanto a las diferentes variables agronómicas estudiadas en plantas, las que además estuvieron en bolsas de polietileno desde el inicio hasta el final del experimento incluyendo la fructificación y cosecha. Por ejemplo, en altura de planta a la fructificación se tuvo 46,25 cm, un número de flores de 25 por planta, un número de frutos de 25 por planta igualmente, y peso de frutos (rendimiento) se obtuvo 77,55 gramos en 100 frutos. Esto se consiguió debido a la cantidad humus de lombriz y la concentración de biol que se empleó, logrando un excelente cuajado, evitando la caída de frutos y consiguiendo maximizar la producción pese al espacio que tuvo el cultivo para su desarrollo radicular.

En trabajos similares en cuanto al uso de abonos en el cultivo de hortalizas, se tiene lo que menciona Tuesta (1984) citado por Ríos (2013), que sugiere para el cultivo del pimiento (cultivar Yelowonder), emplear a manera de reservorio de nutrientes caliza conchífera y gallinaza en cantidades de 7,2 t/ha y 24 t/ha para cada uno. De la misma forma Padilla (1976) citado por Ríos (2013), expresa que para condiciones de suelo y clima de selva, es recomendable considerar el uso de estiércoles para abonar, preferentemente en cantidades de 10 t/ha para suelos ricos en materia orgánica y 50 t/ha para suelos pobres; concordando con lo manifestado por Ríos (2013), mencionando que el tipo de suelo y la riqueza de éste determina

cuanto estiércol se va emplear, puede ser cantidades bajas en torno a 10 t/Ha en suelos agrícolas con abundante materia orgánica y elevadas de 30-40 t/Ha para suelos con poca materia orgánica, siendo esta información obtenida del Programa de Hortalizas de la Universidad Nacional Agraria la Molina (Programa de Hortalizas, 2012).

Ariza (2020), realizó un trabajo de investigación con la finalidad de establecer que efectos tienen para el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus*) en su desarrollo, rendimiento y rentabilidad, tres tipos de abono orgánico (Compost Mallki, Cuyaza y Gallinaza) con cada uno a tres niveles de materia orgánica (2,8 % M.O., 3,8 % M.O. y 4,8 % M.O.). Para ello el experimento se emplazó en Picuroyacu, centro poblado del distrito Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, y región Huánuco; utilizó un DBCA con 10 tratamientos. En cuanto al rendimiento el mejor tratamiento fue el que aplicó gallinaza con 4,8 % de M.O. (T3) logrando 29 221,25 kg/ha de pepinillo. En cuanto al crecimiento y desarrollo fue mejor el tratamiento de gallinaza con 4.8 % de M.O. logrando en longitud de planta, número de hojas y número de frutos, promedios de 153,57 cm, 31,67 y 40,67 para cada uno. Por otro lado, en el análisis de rentabilidad el mejor fue el de cuyaza con 2,8 % de M.O. (T7), logrando obtener una relación beneficio costo con 1,089 soles, esto en función de que los tratamientos que tuvieron mejor rendimiento requerían de cantidades elevadas de abono, haciéndolos poco rentables.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación

Éste estudio de investigación se realizó en el Fundo de Agronomía ubicado en la Facultad de Agronomía, situada a 1,5 km de la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; según la clasificación de Holdrige (1987), compete a una zona de vida de tipo Bosque muy húmedo premontano Tropical (bmh-PMT); sus coordenadas UTM son: 390711 m Este, 8969705 m Norte, con una Altitud de 657 msnm.



Figura 1. Ubicación del campo experimental, imagen satelital Landsat 8.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales e insumos para el experimento

Para la etapa de vivero se usó semillas de ají limo, charolas almacigueras, bolsas de vivero, sustrato y malla rashell. Para preparar del terreno se utilizó las fuentes de materia orgánica, Cuyaza y Gallinaza, pala derecha y el azadón. Para la delimitación se empleó machete, estacas, wincha, rafia y manta plástica transparente. Para las evaluaciones realizadas se emplearon lapicero, tablero, formato de evaluación, vernier digital Trupper, regla metálica de 50 y 100 cm, bolsas plásticas, costales, sobres manila, balanzas y cámara fotográfica.

3.2.2. Factor A: Fuentes de materia orgánica (estiércoles)

a_1 = Gallinaza (estiércol de gallina)

a_2 = Cuyaza (estiércol de cuy)

3.2.3. Factor B: Niveles de aplicación de materia orgánica en suelo

La cantidad de abono que se aplicó en los tratamientos se estableció con base en el análisis del suelo al inicio, conteniendo 1,46 % M.O. Luego se planteó tener en el suelo, en base a materia seca de los estiércoles a utilizar, tres niveles de % M.O. (los cálculos para la obtención de las cantidades a aplicar se encuentran en el anexo, Figura 24 a 29):

b_1 = 2,0 % M.O.

b_2 = 2,5 % M.O.

b_3 = 3,0 % M.O.

3.2.4. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio se conformaron por dos clases de estiércol y tres niveles de aplicación de cada uno, además de un testigo absoluto (Tabla 6).

Tabla 6. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamiento		Descripción de tratamientos		Cantidad de estiércol (kg/parcela)	Cantidad de estiércol (t/ha)
N°	Clave	Fuentes de materia orgánica (estiércol)	% M.O. en suelo		
T ₁	Testigo	Ninguna	1,46 % M.O.	--	--
T ₂	a ₁ b ₁	Gallinaza	2,0 % M.O.	43,07	74,78
T ₃	a ₁ b ₂	Gallinaza	2,5 % M.O.	82,95	144,02
T ₄	a ₁ b ₃	Gallinaza	3,0 % M.O.	120,84	213,26
T ₅	a ₂ b ₁	Cuyaza	2,0 % M.O.	33,09	57,45
T ₆	a ₂ b ₂	Cuyaza	2,5 % M.O.	63,73	110,64
T ₇	a ₂ b ₃	Cuyaza	3,0 % M.O.	94,37	163,83

3.2.5. Diseño experimental

En la presente tesis se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con siete tratamientos repartidos en cuatro bloques o repeticiones. Las características evaluadas de cada uno de los componentes en estudio se sometieron a la comparación de promedios mediante la prueba de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) con un nivel de significación del 5 %. Se llevó a cabo un análisis de varianza y se determinaron las

diferencias de medias usando la prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), para lo cual se empleó el software InfoStat. El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es el valor observado en la unidad experimental del j-ésimo bloque a la cual se aplicó el i-ésimo tratamiento.

μ = Efecto de la media general.

α_i = Efecto i-ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del j-ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Es el efecto aleatorio del error experimental del j-ésimo bloque a la cual se aplicó el i-ésimo tratamiento.

Para: $i = 1, \dots, 7$ tratamientos.

$j = 1, \dots, 4$ repeticiones.

Tabla 7. Esquema del análisis de varianza.

Fuente de variación	Esquema	Grados de libertad
Bloques	b-1	3
Tratamientos	t-1	6
Error experimental	(t-1) (b-1)	18
Total	tb-1	27

3.2.6. Características del campo experimental

a. Campo experimental

- Longitud de campo : 18,00 m
- Ancho de campo : 12,60 m
- Área total de campo : 226,80 m²

b. Bloques

- N° de bloques : 4
- Longitud de bloque : 18,00 m
- Ancho de bloque : 2,40 m
- Distancia entre bloque : 1 m
- Área de bloque : 43,20 m²

c. Parcelas

- N° de parcelas por bloques : 7
- Longitud de parcela : 2,40 m

- Ancho de parcela : 2,40 m
- Distancia entre parcelas : 0,20 m
- Área de parcela : 5,76 m²

d. Detalle de las parcelas

- Espacio entre hileras : 0,60 m
- Espacio entre plantas : 0,60 m
- N° de hileras por parcela : 4
- N° de plantas por hilera : 4
- N° de plantas evaluadas/parcela neta : 4
- Área de parcela neta : 1,44 m²

3.2.7. Características de suelo y fuentes de materia orgánica en estudio

Se realizó un muestreo y análisis de los estiércoles de cuy y gallina, para determinar el porcentaje de humedad de estos y con ello se determinó las cantidades a aplicar de forma más precisa. Se tiene en la Tabla 8 la composición nutricional de ambas fuentes, donde la gallinaza tiene ligeramente una mayor humedad y mayor contenido de nutrientes (P, Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Zn y Mn) que la cuyaza, excepto por el porcentaje de materia seca y el de materia orgánica. Esta diferencia se debe a la forma en que excretan los animales y su alimentación, siendo balanceada en las gallinas y una mezcla de natural y balanceado para el cuy.

Tabla 8. Análisis químico de los estiércoles que se utilizaron en el experimento.

Parámetros	Cuyaza	Gallinaza
Humedad (%)	29,50	45,84
Materia seca (%)	70,50	54,16
Materia orgánica (%)	57,42	42,58
Cenizas (%)	20,43	79,57
P ₂ O ₅ (%)	0,14	0,86
Ca (%)	3,80	8,47
Mg (%)	1,04	3,25
K (%)	5,30	12,20
Na (%)	0,40	0,50
Cu (ppm)	4,00	79,00
Fe (ppm)	134,00	2180,00
Zn (ppm)	147,00	1349,00
Mn (ppm)	263,00	1733,00

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología - UNAS

De forma similar se hizo un muestreo y análisis de suelo del área experimental, para determinar la cantidad estiércol a aplicar en cada tratamiento según el nivel de materia orgánica inicial en suelo y el que se esperaba alcanzar. Se tiene en la Tabla 9 un suelo de clase textural franco arenoso, pH ligeramente ácido, nivel bajo de materia orgánica y por ende de nitrógeno, nivel medio de fósforo, nivel bajo de potasio, y ciertas cantidades de calcio, magnesio y sodio que conforman una capacidad de intercambio catiónico baja.

Tabla 9. Análisis inicial de suelo del campo experimental.

Parámetros	Resultado de análisis
Textura	Franco Arenoso
pH 1:1	6,58
M.O. (%)	1,46
N (%)	0,07
P (ppm)	7,58
K (ppm)	87,34
Ca (Cmol(+)/kg)	6,80
Mg (Cmol(+)/kg)	1,30
K (Cmol(+)/kg)	0,23
Na (Cmol(+)/kg)	0,13
Al (Cmol(+)/kg)	--
H (Cmol(+)/kg)	--
CIC	8,47
Bases cambiables (%)	100,00
Acidez cambiante (%)	0,00
Saturación de Aluminio (%)	0,00

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología – UNAS

3.2.8. Ejecución del experimento

3.2.8.1. Muestreo y análisis de suelos

Antes de la siembra se procedió a muestrear el suelo del área en el lugar que posteriormente se emplazó el experimento, se usó un tubo muestreador y el método del zig-zag, a una profundidad de 0 a 0,30 m; en la que se obtuvieron submuestras, las cuales se mezclaron homogéneamente, para después tomar 1 Kg de tierra como muestra que se envió al laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para su análisis físico – químico respectivo, obteniendo los valores de los diferentes parámetros que se consideran en la caracterización de suelo (Tabla 9). Este procedimiento se realizó de la misma forma al final del experimento, siendo esta vez para cada tratamiento.

3.2.8.2. Preparación del terreno

El terreno se preparó de manera mecánica y manual. Inicialmente haciendo una limpieza de malezas mediante el uso de motoguadaña e incorporándolas al suelo, posteriormente se realizó el paso de arado en el terreno y luego se le pasó rastra para dejar el suelo suelto, estas labores se realizaron con la ayuda del tractor de la facultad de Agronomía. Posteriormente para el laboreo de menos extensión como la elaboración de los camellones y drenes se hizo uso de un azadón, pala recta y pico.

3.2.8.3. Obtención de estiércoles (fuentes de materia orgánica)

Los estiércoles empleados en el experimento fueron Gallinaza y Cuyaza, que se obtuvieron respectivamente de los galpones de crianza de gallinas de la facultad de Zootecnia y de un criadero de cuyes particular ubicado en la zona urbana conocida como Buenos aires a las afueras de la ciudad, obteniéndose del recojo de las deyecciones de los animales en mezcla con el material que compone su sistema de alojamiento.

Es necesario mencionar además la alimentación de los animales, ya que mientras el alimento para las gallinas dado por la facultad de zootecnia es solamente balanceado, el alimento de los cuyes fue una mezcla de forraje (alfalfa y pasto) y en menor medida alimento balanceado, siendo esta la principal razón de las cantidades diferentes de nutrientes en su composición. Para estos estiércoles (fuentes de materia orgánica) se realizó el análisis químico correspondiente en el laboratorio de suelos, siendo éste un análisis especial realizado en estiércoles u otro tipo de muestras, obteniéndose los valores para cada parámetro considerado en el análisis especial (Tabla 8).

3.2.8.4. Demarcación del terreno y aplicación de estiércoles

La demarcación se realizó de acuerdo con el croquis y las características del campo experimental estructuradas previamente, empleándose una wincha de 30 m, estacas para las divisiones y rafia o cordeles para los bordes de cada parcela. Seguido de una distribución al azar de los tratamientos. Ya demarcado el terreno, se prepararon camellones para cada bloque a fin de evitar el exceso de agua y seguidamente se realizó la aplicación de los estiércoles de acuerdo con los tratamientos, mezclándose homogéneamente con el suelo; con la finalidad de que estos lo fertilicen lentamente y se atenúen los posibles efectos perjudiciales se los dejó alrededor de 1 mes antes de que se instale el cultivo.

3.2.8.5. Obtención de semillas, siembra, almacigo y repique

Las semillas del ají limo utilizadas, se obtuvieron de frutos de ají que fueron seleccionados y comprados del mercado de Tingo María, la semilla luego de ser extraída fue seleccionada, puesta a secar y finalmente tratada con un fungicida llamado “Parachupadera” a base de captan y flutolanil.

La siembra del almacigo se efectuó en forma manual, en donde las semillas de la variedad de ají que se usaron se sembraron en cubetas almacigueras, donde se las mantuvo hasta que fue el momento adecuado para realizar el repique en bolsas pequeñas de vivero, aproximadamente un mes después de la siembra. El sustrato utilizado para las cubetas almacigueras consistió en aserrín descompuesto de madera blanca.

El repique llevado a cabo de las cubetas almacigueras a bolsas pequeñas de vivero fue para que las plantitas tengan mucho más espacio para desarrollarse a fin de obtenerse plantas bien conformadas que llevar a campo definitivo. Previamente al repique se realizó un riego de las cubetas almacigueras a fin de mantener unido el sustrato y retirarlo a poder ser completo, se extrajo la plantita del espacio que ocupaba cada una en la cubeta, conservando su raíz el sustrato en el que se encontraba instalada, para de inmediato proceder a repicarlas en bolsas pequeñas de vivero, las cuales se colocaron en un ambiente libre con malla rashell de sombra del 50 % la cual se retiró cuando las plantitas alcanzaron de 10 a 12 cm, aproximadamente un mes después del repique. El sustrato de las bolsas de vivero estuvo conformado por una mezcla de suelo del bosque y humus de la facultad de zootecnia. Para proteger a las plántulas en las bolsas se realizaron aplicaciones del fungicida Parachupadera cada 15 días.

3.2.8.6. Labores culturales

a. Trasplante a campo definitivo. Se trasplantaron durante horas de la tarde a campo definitivo las plantas de las bolsas de vivero con su sustrato completo, para lo cual se removió el terreno y se mezcló con un insecticida a base de Chlorpyrifos (Tifon®), para proteger a las plantas de los insectos cortadores del suelo. Las plántulas para trasplante tuvieron un tamaño adecuado, entre 15 y 20 cm y al menos 8 foliolos, y previamente al trasplante se realizó un riego a las plantas. Para protegerlos de posibles patógenos, se realizó la aplicación del fungicida Parachupadera® (Captan + flutolanil) cada 15 días.

b. Riego. Se realizó de acuerdo con los requerimientos fisiológicos del cultivo y según las necesidades climatológicas de la época, regando oportunamente con el fin de mantener el suelo en un punto óptimo para el desarrollo del cultivo.

Para esta labor se hizo uso de baldes de 20 litros de capacidad inicial y posteriormente se hizo uso de una manguera para agua y las instalaciones de agua que se realizaron en el fundo.

c. Deshierbos. El control de las malezas se llevó a cabo manualmente y con herramientas, a su debida oportunidad, tantas veces como fueron necesarios, a fin de evitar tener problemas de competencia por nutrientes, o de insectos plaga o enfermedades que se hospedan en estas malezas. Esta labor se realizó más seguido en la temporada de mayor precipitación debido a la velocidad de crecimiento de las malezas.

d. Aporque. Se hizo a los 40 días tras haberse realizado el trasplante al campo definitivo, teniendo como objetivo el formar un cubo o montículo de tierra al pie de la planta, para permitir de esta forma que las raíces que se formen superficialmente puedan tomar los nutrientes de forma eficiente además de afianzar el soporte de la planta.

e. Control fitosanitario. Esta labor se realizó principalmente de manera preventiva y de forma periódica a la detección de la más mínima incidencia o síntoma de alguna plaga o enfermedad, a fin de reducir la presencia, ataque y daños considerables para el cultivo, usando productos adecuados para cada caso. Debido a que esta labor no constituye el eje de la investigación, en los anexos se tiene una tabla resumen de las plagas y enfermedades registradas, el criterio y el método de control empleado (Tabla 41). En insecticidas se utilizaron Stermin ® (Metamidophos) y Tifon ®, mientras que en fungicidas se utilizaron Ridomil ® (Metalaxyl + mancozeb), Protexin ® (Carbendazim) y Amistar ® (Azoxystrobin + difenoconazole).

f. Cosecha. Esta labor se realizó en función de las características que muestran las plantas y de acuerdo con el desarrollo de los frutos, cosechándose los frutos pintones y maduros, siendo el indicador para este caso, el cambio de color del fruto a tonos anaranjados y rojos. Tras realizarse las evaluaciones necesarias en los frutos, estos se trasladaron en costales al mercado de Tingo María para su venta.

3.2.9. Características evaluadas

3.2.9.1. Análisis final de suelo para los tratamientos

Al terminar el experimento (a 150 días después del trasplante) se hizo el análisis o caracterización fisicoquímica del suelo para cada uno de los tratamientos en estudio. Para esta actividad se hizo un muestreo en las parcelas de cada uno de los tratamientos; en cada parcela se extrajeron submuestras, las que se mezclaron uniformemente de acuerdo con el tratamiento y se dividió en 4 para obtener una muestra representativa. Las

muestras se etiquetaron y se llevaron al Laboratorio de Análisis de suelos, aguas y ecotoxicología de la Facultad de Agronomía de la UNAS, para ser analizadas.

3.2.9.2. Crecimiento y rendimiento del cultivo

a. Altura de plantas. Se tomaron datos en centímetros (cm) de las alturas alcanzadas por las plantas netas de cada parcela a los 30, 60, 90 y 120 días después de realizado el trasplante (ddt), aunque para el análisis estadístico se emplearon solamente los datos a los 120 ddt. Se tomó como referencia para la toma de medidas el cuello de raíz y el ápice terminal de la rama que dominaba en crecimiento. Se utilizaron reglas y wincha para obtener las medidas de acuerdo con el desarrollo de las plantas y su aumento de tamaño.

b. Diámetro de tallo de plantas. Se tomaron medidas del diámetro en centímetros (cm) alcanzado por las plantas de la parcela neta a los 30, 60, 90 y 120 días tras haberse trasplantado, aunque para el análisis estadístico se emplearon solamente los datos a los 120 ddt. Se tomaron medidas del tallo a 2 cm aproximadamente del cuello de raíz, a fin de uniformizar la obtención de datos. Para esta evaluación se utilizó un vernier digital con el cual se obtuvieron las medidas del diámetro de las plantas.

c. Volumen radicular de plantas. Se seleccionaron cuatro plantas netas de cada parcela al final del experimento (130 días después del trasplante), las cuales se extrajeron del campo y tras separar la raíz se pudo obtener el dato de volumen radicular mediante el método del desplazamiento de agua, para lo cual se utilizó un envase que permitió medir volumen de agua, obteniendo el valor en mililitros o centímetros cúbicos (cm³).

d. Área foliar de plantas. Se evaluaron las plantas netas de cada parcela. Para hallar el área foliar se recurrió a tomar fotografías de las plantas desde una perspectiva elevada, y posteriormente mediante el uso del software conocido como ImageJ se trabajaron las imágenes para obtener el dato del área foliar en centímetros cuadrados (cm²). Para poder realizar esto se extrajeron las plantas y se las colocó sobre un fondo de color uniforme (blanco), además se colocó una regla como referencia de medida a la altura de la copa de la planta. El software ImageJ determina las áreas utilizando una medida conocida de un objeto de referencia en la misma imagen. Esta evaluación se realizó al finalizar el experimento (130 días después del trasplante) ya que requería la extracción de las plantas del campo.

e. Materia seca de plantas. Al final del experimento (130 días después del trasplante) y luego de realizadas las evaluaciones pertinentes con las plantas netas, se realizó la evaluación de pesos. Consistió en seccionar o picar las plantas de forma que sea

sencillo colocarlas en sobres de papel y llevarlas a estufa por 48 horas a 80°C buscando lograr peso constante, posteriormente se retiraron y pesaron las plantas secas.

f. Número de frutos cosechados. Para esta evaluación se llevó a cabo la cosecha por separado de la totalidad de los frutos de cada una de las plantas netas, evitando dañar plantas o frutos en la medida de lo posible y colocándolos en bolsas. Luego se contabilizaron el número de frutos cosechados por planta. Esta evaluación se llevó a cabo de la misma forma para cada cosecha que se realizó; iniciando a los 70 días después del trasplante y realizándose 3 cosechas cada 15 a 20 días aproximadamente. Al final se realizó la suma para cada planta neta de los frutos obtenidos en las 3 cosechas realizadas, teniendo el número total de frutos cosechados por planta.

g. Peso de frutos cosechados. Después de realizada la cosecha de cada planta neta, y ya estando colocados en bolsas los frutos fueron pesados, obteniendo el rendimiento en kilogramos (kg) por planta neta en cada cosecha. De la misma forma que para el número de frutos, al final se realizó la suma para cada planta neta del peso de frutos obtenido en las 3 cosechas realizadas, teniendo el peso total de frutos cosechados por planta.

h. Rendimiento por hectárea. Después de realizada la cosecha, se pesó todos los frutos de las plantas netas de cada parcela y se obtuvo el rendimiento en gramos por área neta. Para la obtención del rendimiento en toneladas por hectárea se realizó varias conversiones y el cálculo por regla de tres simples con los datos de rendimiento para el área neta conocida para proyectarlos al área de una hectárea.

3.2.9.3. Evaluaciones finales realizadas al suelo

a. Evaluación de macrofauna. Para esta evaluación se consideraron únicamente a las lombrices (Oligochaeta) presentes en el suelo, independientemente de su especie. Se estudió una réplica por cada parcela (tratamiento), y en cada réplica se extrajo un monolito de 25 x 25 x 30cm. La evaluación de macrofauna se realizó durante la temporada lluviosa inicialmente antes de instalar y posteriormente al finalizar el experimento (160 días después del trasplante), ya que en esta época es cuando existe una mayor abundancia de los macroinvertebrados en el suelo producto del beneficio de las lluvias.

b. Evaluación de capacidad de infiltración. Esta evaluación se realizó antes y después de la ejecución del experimento (170 días después del trasplante aproximadamente), realizándose en cada tratamiento una prueba de infiltración para conocer el efecto de los tratamientos sobre la velocidad de infiltración del suelo. Se llevó a cabo el método

de los cilindros de infiltración o método de Muntz, con lo cual se logró determinar la infiltración básica (Ib) o velocidad de infiltración en milímetros/hora (mm/h).

3.2.9.4. Análisis de rentabilidad

Para evaluar la rentabilidad de los diferentes tratamientos estudiados se utilizó la metodología de “análisis comparativo de ingresos y costos de producción”. Para determinar la rentabilidad del cultivo de ají limo se consideró desde la preparación y limpieza del terreno, todos los insumos y actividades realizadas en el cultivo hasta la cosecha de este. Para ello se determinaron: el ingreso bruto (Costo total x Rendimiento), la utilidad neta (Ingreso bruto – Costo total), la relación Costo/beneficio (Ingreso bruto/Costo total) y el índice de rentabilidad (Utilidad neta/Costo total).

Para poder determinar de forma más adecuada la rentabilidad de la producción que se obtuvo, se proyectó el ingreso bruto obtenido (venta de la producción) de acuerdo con el rendimiento de cada uno los tratamientos en estudio, a una escala de una hectárea, de la misma forma se hizo para los costos de producción, obteniéndose de esta manera la relación costo beneficio para cada uno de los tratamientos a la escala de una hectárea. Se consideró que existe ganancia si el valor obtenido en la relación costo beneficio supera a 0, que no hay ni pérdida ni ganancia si es de 0 y que existe pérdida si es inferior a 0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de suelo de los tratamientos al final del experimento

Se muestra en la Tabla 10, en detalle el análisis fisicoquímico de suelos antes de instalar el experimento y para cada tratamiento al finalizarlo, mostrando los resultados textura de suelo Franco arenosa con pH ligeramente ácido antes de la instalación (6,58) y cercano a la neutralidad en los tratamientos (7,01 en el T₂), se observó que el pH se incrementa en función de la incorporación de fuentes de materia orgánica, acercándose a la neutralidad a medida que la aplicación o dosificación de estiércol era mayor. Esta subida de pH en el suelo es en respuesta a la incorporación de los diversos macro y micronutrientes que componen los estiércoles, ricos en carbonatos y bicarbonatos que al descomponerse liberan iones hidróxido (OH⁻) y carbonatos (CO₃⁻²), los que actúan como bases y elevan el pH, elementos como el calcio, fósforo, óxidos diversos u otros también contribuyen a este proceso. Este efecto fue mucho más notorio en la gallinaza donde se conoce por el análisis (Tabla 8) que tiene un buen contenido de materia orgánica (42,58 %), cenizas (79,57 %), fósforo (0,86 %), magnesio (3,25 %), potasio (12,20 %) y calcio (8,47 %), probablemente debido a las excretas de las aves y a la cal empleada en la desinfección de los galpones, contribuyendo al incremento del pH, siendo de forma similar para los tratamientos con cuyaza (Cantarero y Martínez, 2002; Arias, 2007).

El porcentaje de materia orgánica (% M.O) aumentó con la aplicación de los estiércoles en proporción a la dosis aplicada, de 1,46 % antes de instalar, a rangos de 2,14 % para el T₂ hasta 3,18 % en el T₇, siendo el incremento de 1,72 % de M.O comparado al suelo inicial; esto se debe en gran parte debido a su composición de excretas y la descomposición del material utilizado como cama, notándose más en los tratamientos con cuyaza, ya que éste estiércol según el análisis (Tabla 8) tiene un mayor contenido de materia orgánica (57,42 %) gracias al contenido de fibra vegetal en las deposiciones del cuy.

Se presentó un incremento de macronutrientes como el fósforo en los tratamientos en función de la dosis aplicada, siendo mayor en los de gallinaza alcanzando como valor más alto 25,56 ppm de P para el T₄, comparado al suelo inicial que contenía 7,58 ppm de P (Tabla 9), este incremento se explica por las cantidades de nutrientes determinadas en el análisis de estiércoles (Tabla 8), donde para la gallinaza se tiene un contenido más alto de fósforo (0,86 %) comparado a la cuyaza (0,14 %).

Se presentó también un incremento respecto al potasio en los tratamientos según la dosis aplicada, siendo mayor en los de cuyaza alcanzando como valor más alto 807,93 ppm de K para el T₇, comparado al suelo inicial que contenía 87,34 ppm de K (Tabla 9).

Tabla 10. Análisis fisicoquímico del suelo inicial y para cada tratamiento al finalizar el experimento.

Trat.	Análisis mecánico				pH 1:1	M.O %	N %	P Disponibile ppm	K ppm	CIC	Cambiables Cmol (+)/kg				% Bas. Camb.	% Ac. Camb.	% Sat. Al	
	Aren.	Arcill.	Lim.	Textura							Ca	Mg	K	Na				
	%	%	%															
Inicial	58	18	23	Franco arenoso	6,58	1,46	0,07	7,58	87,34	8,47	6,80	1,30	0,23	0,13	100,00	0,00	0,00	
Final del experimento	T ₁	67	12	21	Franco arenoso	6,61	0,98	0,05	7,40	64,32	6,18	5,14	0,82	0,11	0,10	100,00	0,00	0,00
	T ₂	65	12	23	Franco arenoso	7,01	2,14	0,11	13,35	206,24	10,81	8,34	1,59	0,51	0,37	100,00	0,00	0,00
	T ₃	67	10	23	Franco arenoso	6,97	2,64	0,13	25,25	324,36	12,90	9,39	1,76	1,14	0,61	100,00	0,00	0,00
	T ₄	63	10	27	Franco arenoso	6,96	3,04	0,15	25,56	337,28	15,54	11,51	2,24	1,15	0,64	100,00	0,00	0,00
	T ₅	65	10	25	Franco arenoso	6,68	2,23	0,11	10,94	405,60	13,79	10,21	1,88	1,29	0,41	100,00	0,00	0,00
	T ₆	67	10	23	Franco arenoso	6,75	2,76	0,14	14,85	500,99	14,86	10,89	2,00	1,37	0,60	100,00	0,00	0,00
	T ₇	67	10	23	Franco arenoso	6,87	3,18	0,16	20,13	807,93	16,91	11,40	2,14	2,61	0,76	100,00	0,00	0,00

Leyenda:

Inicial = Análisis de suelo inicial o previo a la instalación.

T₁ = Testigo absoluto

T₂ = Gallinaza al 2 % de M.O. en suelo

T₃ = Gallinaza al 2,5 % de M.O. en suelo

T₄ = Gallinaza al 3 % de M.O. en suelo

T₅ = Cuyaza al 2 % de M.O. en suelo

T₆ = Cuyaza al 2,5 % de M.O. en suelo

T₇ = Cuyaza al 3 % de M.O. en suelo

Este incremento se debe a las cantidades de nutrientes determinadas en el análisis de estiércoles (Tabla 8), donde para la cuyaza se tiene un contenido considerable de potasio (5.30 %).

La Capacidad de intercambio catiónico (CIC) muestra un incremento en función de la dosis aplicada, ya que el suelo inicial (Tabla 9) tenía 8,47 cmol(+)/kg mientras que el mayor incremento para cuyaza lo presenta el T₇ con 16,91 cmol(+)/kg y para gallinaza el T₄ con 15,54 cmol(+)/kg. Esto es en gran parte debido al aporte de elementos como Ca, Mg, K entre otros que tienen la cuyaza y gallinaza en su composición que liberan al descomponerse, y se comprueban en los análisis que se realizaron (Tabla 8), donde ambos estiércoles tienen buen contenido de elementos como calcio (de 3,80 % para cuyaza y 8,47 % para gallinaza), magnesio (de 1,04 y 3,25 % para cuyaza y gallinaza) y potasio (de 5,30 a 12,20 % para cuyaza y gallinaza), logrando incrementar en calcio desde 6,80 inicialmente hasta 11,51 cmol(+)/kg en el T₄, el magnesio de 1,30 a 2,24 cmol(+)/kg en el T₄ y el potasio de 0,23 a 2,61 cmol(+)/kg en el T₇, además también se determinaron en los análisis de estiércoles cantidades considerables de elementos como cobre, hierro, zinc y manganeso (Barreros, 2017; Estrada, 2005).

La aplicación de estiércoles no solo incrementa la CIC con su aporte de minerales y nutrientes, incrementa el porcentaje de materia orgánica, también aspectos físicos del suelo son mejorados (tales como la mejora en el suelo y su estructura, la retención de humedad y aireación del mismo, el aumento de la infiltración favoreciendo un buen drenaje, entre otros aspectos), los que en conjunto favorecen un buen desarrollo radicular y de la planta en general (Navarro y Navarro, 2003; Porta et al., 2003; Suquilanda, 2006; Berríos, 2015).

Se produce de esta forma un efecto sinérgico al aplicar estiércoles como fuentes de materia orgánica, ya que estos por su aporte de minerales y diversos elementos incrementan la CIC, lo que a su vez incrementa el pH en rangos cercanos a la neutralidad, aumentando de esta manera también la disponibilidad de los nutrientes y minerales para su aprovechamiento por parte de las plantas, mejorando también las propiedades biológicas del suelo, independientemente de la fuente de materia orgánica, ya que esta al descomponerse favorece el desarrollo de macro y microfauna (Manayay, 2004; Brady y Weil, 2016). En resumen, autores como Mozombite (2012), Ríos (2013) y Ariza (2020), concluyen que el hecho de aplicar estiércoles ayuda en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, tales como un incremento en la cantidad de materia orgánica en el suelo, el incremento del pH, incremento de la CIC, incremento y disponibilidad de macro y micronutrientes, la estructura del suelo es mejorada favoreciendo el drenaje y retención óptima de agua y aire además de la estimulación de toda actividad biológica del suelo.

4.2. Crecimiento y rendimiento del cultivo

4.2.1. Altura de plantas

Se tiene en el análisis de varianza, para la altura de plantas al finalizar el experimento a 120 días después del trasplante (Tabla 11), que no existen diferencias estadísticas significativas para los bloques, debido a que el valor de probabilidad (p-valor= 0,1548) es superior al valor propuesto ($\alpha=0,05$), aceptando la hipótesis nula (H_0) que supone que todos los bloques estadísticamente son iguales. Caso contrario para los tratamientos donde se determinó que existen diferencias estadísticas significativas porque la probabilidad (p-valor= $<0,0001$) es menor al valor planteado ($\alpha=0,05$), rechazando la hipótesis nula (H_0) y aceptando la alternativa (H_A), es decir que un tratamiento en estudio, por lo menos, es diferente estadísticamente. El coeficiente de variación (CV) es de 6,30 %, que indica poca variación y adecuada uniformidad en los datos obtenidos para la altura de las plantas de ají limo. El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0,92, significa que el 92 % de los resultados obtenidos en la altura de las plantas de ají limo se debe a los diferentes tratamientos en estudio que se aplicaron, mientras que un 8 % se corresponden a factores externos como las condiciones climáticas u otros.

Tabla 11. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para la altura de plantas del cultivo de ají limo, a 120 días después del trasplante.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	p-valor
Bloques	3	349,05	116,35	1,97	0,1548
Tratamientos	6	11 184,82	1 864,14	31,54	$<0,0001$
Error experimental	18	1 063,80	59,10		
Total	27	12 597,67			
CV	6,30 %				
R^2	0,92				

En vista que se obtuvieron diferencias estadísticas significativas para los tratamientos, es necesario realizar para los tratamientos la comparación de medias mediante la prueba de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) ($\alpha=0,05$), con el fin de determinar cuál de los tratamientos se destacó en altura de plantas comparado a los demás tratamientos (Tabla 12). Para el caso de los tratamientos se obtuvo tres grupos definidos de datos, siendo los tratamientos T_4 (Gallinaza al 3 % de M.O), T_7 (Cuyaza al 3 % de M.O), T_6 (Cuyaza al 2,5 % de M.O) y T_3 (Gallinaza al 2,5 % de M.O) los que resultaron estadísticamente iguales y alcanzaron mayor altura de planta, seguidos del T_2 (Gallinaza al 2 % de M.O) y el T_5 (Cuyaza al 2 % de M.O)

como tratamientos estadísticamente iguales, y dejando en último lugar al T₁ (Testigo absoluto) como el tratamiento con menor altura promedio de planta.

Tabla 12. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para la altura de plantas del cultivo de ají limo, a 120 días después del trasplante.

Tratamientos	Altura (cm)	Sig.
T ₄ = Gallinaza al 3 % de M.O	139,44	a
T ₇ = Cuyaza al 3 % de M.O	137,89	a
T ₆ = Cuyaza al 2,5 % de M.O	134,28	a
T ₃ = Gallinaza al 2,5 % de M.O	128,34	a
T ₂ = Gallinaza al 2 % de M.O	121,43	b
T ₅ = Cuyaza al 2 % de M.O	115,60	b
T ₁ = Testigo absoluto	77,20	c

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

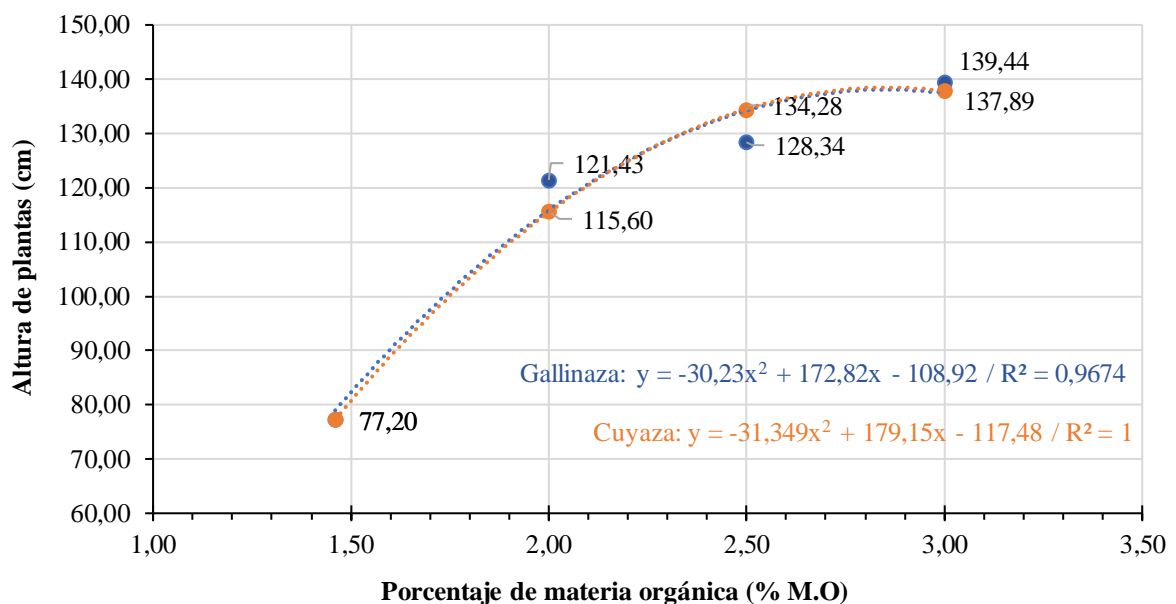


Figura 2. Promedio de la altura de plantas del cultivo de ají limo a 120 días después del trasplante, por efecto de los tratamientos en estudio.

En la Figura 2, respecto a los tratamientos y el efecto de estos en la altura de plantas se tiene que, son estadísticamente iguales y se destacan los tratamientos T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) con 139,44 cm, el T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O) con 137,89 cm, el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) con 134,28 cm y el T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) con 128,34 cm de altura, seguidos del T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O) y el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) que son estadísticamente iguales y alcanzaron 121,43 cm y 115,60 cm de altura respectivamente.

Quedando bastante por debajo comparado con los otros tratamientos se tiene al T₁ (Testigo absoluto), alcanzando una altura promedio de planta de 77,20 cm, demostrando en este caso que incorporar materia orgánica como estiércol en dosis altas e intermedias, resultó positivo para el incremento en la altura de las plantas de ají limo.

La aplicación de los estiércoles como fuentes de materia orgánica tiene efectos positivos en la altura de plantas, relacionándose a la dosis en que se emplean, ya que el efecto es mejor en dosis bajas o moderadas y tiende a ser poco eficiente en dosis muy altas o excesivas. Esto se comprueba en la presente investigación, al encontrarse igualdad estadística para las dosis altas (T₄ y T₇) y medias (T₆ y T₃) para ambos tipos de estiércol, concordando con los resultados obtenidos en el trabajo realizado por Mozombite (2012), donde la dosis moderada de humus obtuvo mejores resultados en la altura y otros aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas de ají charapita.

En el presente trabajo, lo que favoreció el crecimiento al usar gallinaza y cuyaza es el aporte principalmente de nutrientes como nitrógeno y calcio que son importantes para el crecimiento en altura de las plantas de ají (Barreros, 2017; Estrada y Peralta, 2004; Riva, 2019), ya que se tiene en el análisis de estiércoles (Tabla 8) que existe buen contenido de materia orgánica (de 42,58 a 57,42 % de materia orgánica) y Ca (de 3,80 a 8,47 %), que consiguen incrementos nutricionales en los tratamientos de mayor dosis para ambas fuentes al final del experimento (Tabla 10), donde el T₄ alcanza 0,15 % de N y 11,51 cmol de Ca, seguido del T₇ con 0,16 % de N y 11,40 cmol de Ca, traduciendo en una mayor altura para estos tratamientos como se puede ver en la Tabla 12.

La igualdad estadística para las dosis altas y medias de ambos tipos de estiércol, se debe a los beneficios que promueve su uso independientemente de su origen, tales como la retención de humedad, el aumento en la infiltración y otros beneficios como mencionan Suquilanda (2006) y Berríos (2015); los que se verían exacerbados a medida que la dosis se eleva, convirtiéndose en factores ya no favorables sino adversos, ya que al retener demasiada humedad o incrementar en exceso la infiltración afecta a la planta, comprometiendo el desarrollo de las raíces o favoreciendo la pudrición radicular, lo que a su vez afecta la absorción de nutrientes, sumado a la pérdida progresiva de éstos por la alta infiltración, haciendo que en dosis excesivas el aprovechamiento de nutrientes no diste de tratamientos que emplean menor cantidad de estiércol, ya que si bien las dosis más altas de ambos estiércoles lograron mayor altura de plantas en el presente experimento, estadísticamente no se diferencian de los tratamientos con dosis medias o moderadas.

4.2.2. Diámetro de tallo de plantas

Se presenta en el análisis de varianza, para el diámetro de tallo de plantas al finalizar el experimento a 120 días después del trasplante (Tabla 13), que no se encuentran diferencias estadísticas significativas para bloques, dado que el valor de probabilidad es más alto al propuesto ($p > 0,05$), aceptando la hipótesis nula (H_0) donde todos los bloques son estadísticamente iguales; siendo un caso diferente para los tratamientos donde se determina que existen diferencias estadísticas significativas ya que el valor de probabilidad es más bajo que el propuesto ($p < 0,05$), rechazando la hipótesis nula (H_0) y aceptando la hipótesis alternante (H_A), que dice que siquiera uno de los tratamientos en estudio es estadísticamente diferente. El CV es de 10,38 %, lo que indica una baja variación y una homogeneidad adecuada de los datos obtenidos, en el diámetro de tallo de las plantas de ají limo. El R^2 fue de 0,79, esto significa que el 79 % de los resultados obtenidos en diámetro de tallo de las plantas de ají limo, son debido a la aplicación de los diferentes tratamientos en estudio, dejando un 21 % que se corresponden a otros factores.

Tabla 13. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el diámetro de tallo de plantas del cultivo de ají limo, a 120 días después del trasplante.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	p-valor
Bloques	3	0,45	0,15	2,18	0,1253
Tratamientos	6	4,33	0,72	10,51	<0,0001
Error experimental	18	1,24	0,07		
Total	27	6,02			
CV	10,38 %				
R^2	0,79				

Ya que se presentaron diferencias estadísticamente significativas para los tratamientos, se realizó la comparación de medias de los tratamientos mediante la prueba de DGC ($\alpha=0,05$) (Tabla 14), para determinar cuál de los tratamientos se destacó en diámetro de tallos. Respecto a los tratamientos se tienen dos grupos diferenciados de datos, el primero está conformado por los tratamientos T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O), T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O), T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O), T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O), T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) y T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O), que son estadísticamente iguales entre sí y alcanzaron mayor diámetro de tallo, dejando fuera solamente al T₁ (Testigo absoluto), que está por debajo de los demás como el tratamiento con el diámetro más bajo de tallo.

Tabla 14. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para el diámetro de tallo de plantas del cultivo de ají limo, a 120 días después del trasplante.

Tratamientos	Diámetro de tallo (cm)	Sig.
T ₇ = Cuyaza al 3 % de M.O	2,80	a
T ₃ = Gallinaza al 2,5 % de M.O	2,78	a
T ₄ = Gallinaza al 3 % de M.O	2,76	a
T ₂ = Gallinaza al 2 % de M.O	2,66	a
T ₆ = Cuyaza al 2,5 % de M.O	2,63	a
T ₅ = Cuyaza al 2 % de M.O	2,46	a
T ₁ = Testigo absoluto	1,60	b

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

En la Figura 3, para los tratamientos y su efecto en el diámetro de tallos, se demostraron estadísticamente iguales y se destacan los tratamientos T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O) con 2,80 cm, el T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) con 2,78 cm, el T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) con 2,76 cm, el T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O) con 2,66 cm, el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) con 2,63 cm y el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) con 2,46 cm de diámetro de tallo. En último lugar se tiene al tratamiento T₁ (Testigo absoluto) que alcanzó 1,60 cm de diámetro de tallo, siendo el diámetro más bajo obtenido comparado con los demás tratamientos. Este resultado confirma que la incorporación moderada de fuentes de materia orgánica, independientemente de la fuente o la dosis, resulta favorable para un mejor desarrollo de la planta.

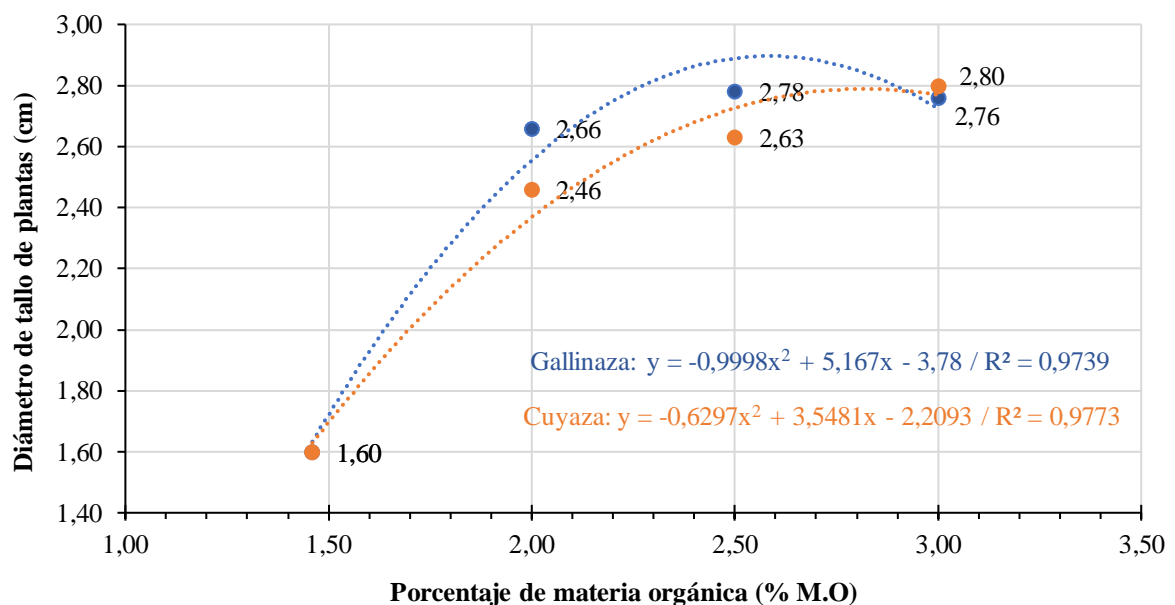


Figura 3. Promedio del diámetro de tallo de plantas del cultivo de ají limo a 120 días después del trasplante, por efecto de los tratamientos en estudio.

Para los tratamientos se tiene el caso de que el diámetro de tallo de las plantas resultó mayor al emplear estiércoles como fuente de materia orgánica, independientemente del tipo o la dosis, ya que como se determinó en el presente trabajo, no hubieron diferencias estadísticas entre todos los tratamientos que emplean estiércol (ya sea gallinaza o cuyaza) en lo referente al incremento del diámetro de tallo, aunque cabe resaltar que los mejores promedios los alcanzó la dosis alta de cuyaza y la intermedia de gallinaza, dando a entender que niveles moderados de abonamiento resultan mejores. Estos resultados concuerdan en cierta medida con los obtenidos por Mozombite (2012), ya que en el aspecto del diámetro de tallos para las plantas de ají charapita, pese a que se destacó un tratamiento intermedio que alcanzó 2,1 cm de diámetro, no se hallaron grandes diferencias entre los demás tratamientos que emplearon humus; esto se debe a que incorporar fuentes de materia orgánica de por sí ya promueve el desarrollo y crecimiento de las plantas, u otros beneficios (Suquilanda, 2006). La similitud en el diámetro de tallo para todos los tratamientos con estiércol (pese a variar la dosis y la fuente), probablemente se deba a diversos aspectos, como los límites genéticos de la cultivar en lo referente al grosor del tallo, ya que el parámetro morfológico de diámetro tiene un rango más limitado de crecimiento comparado con otras características morfológicas como menciona Tun (2001), siendo el otro aspecto responsable de estos resultados la similitud en la composición nutricional de los estiércoles, lo que en conjunto limita el rango de crecimiento del diámetro y lo hace poco variable pese al incremento del abonamiento.

4.2.3. Volumen radicular de plantas

Se tiene en el análisis de varianza, para volumen radicular al finalizar el experimento (Tabla 15), que existen diferencias estadísticas significativas para bloques porque el valor de probabilidad es menor al propuesto ($p < 0,05$), aceptando la H_A que supone que al menos un bloque es estadísticamente diferente; siendo el caso similar para los tratamientos donde se determina que existen diferencias estadísticas significativas, debido a que el valor de probabilidad resultó menor al planteado ($p < 0,05$) aceptando también la H_A , donde siquiera un tratamiento en estudio resultó diferente estadísticamente. El CV es de 2,76 %, lo que indica una reducida variación y una adecuada dispersión de los resultados obtenidos, existiendo adecuada uniformidad en el volumen radicular de las plantas de ají limo. El R^2 fue de 1,00, que significa que el 100 % de lo obtenido como resultado en volumen radicular de las plantas de ají limo, son debido a la incorporación de los diferentes tratamientos en estudio.

Tabla 15. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el volumen radicular de plantas del cultivo de ají limo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	p-valor
Bloques	3	886,77	295,59	19,66	<0,0001
Tratamientos	6	55 520,87	9 253,48	615,42	<0,0001
Error experimental	18	270,65	15,04		
Total	27	56 678,29			
CV	2,76 %				
R ²	1,00				

Debido a que se encontraron diferencias estadísticas significativas para los tratamientos, se hizo la comparación de medias utilizando la prueba de DGC ($\alpha=0,05$) (Tabla 16), con el fin de encontrar cuál de los tratamientos se destaca en volumen radicular a diferencia de los demás. Se observa para los tratamientos se tienen cinco grupos de datos, siendo los tratamientos T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) y T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) los que mayor volumen radicular presentaron y fueron estadísticamente similares, seguido del T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O), el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O), el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) y el T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O) como tratamientos estadísticamente similares y finalmente al T₁ (Testigo absoluto) como el tratamiento que obtuvo el menor volumen radicular.

Tabla 16. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para volumen radicular de plantas del cultivo de ají limo.

Tratamientos	Volumen radicular (cm ³)	Sig.
T ₃ = Gallinaza al 2,5 % de M.O	190,00	a
T ₄ = Gallinaza al 3 % de M.O	186,88	a
T ₇ = Cuyaza al 3 % de M.O	181,25	b
T ₆ = Cuyaza al 2,5 % de M.O	133,75	c
T ₅ = Cuyaza al 2 % de M.O	116,88	d
T ₂ = Gallinaza al 2 % de M.O	112,50	d
T ₁ = Testigo absoluto	61,56	e

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

En la Figura 4, respecto a los tratamientos y su efecto en el volumen radicular, son estadísticamente similares y se destacan el T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) y T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) con 190,00 y 186,88 cm³ de volumen radicular respectivamente, seguido del T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O) con 181,25 cm³ de volumen radicular, el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) que obtuvo 133,75 cm³ quedando bastante por debajo del T₃ pese a ser niveles similares, pero del otro estiércol. Los tratamientos T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) y T₂ (Gallinaza

al 2 % de M.O) resultaron estadísticamente similares y con volúmenes radiculares de 116,88 y 112,50 cm³ respectivamente, siendo más bajos comparados a los demás tratamientos, pero aún superiores el T₁ (Testigo absoluto) que alcanzó un volumen radicular promedio de 61,56 cm³.

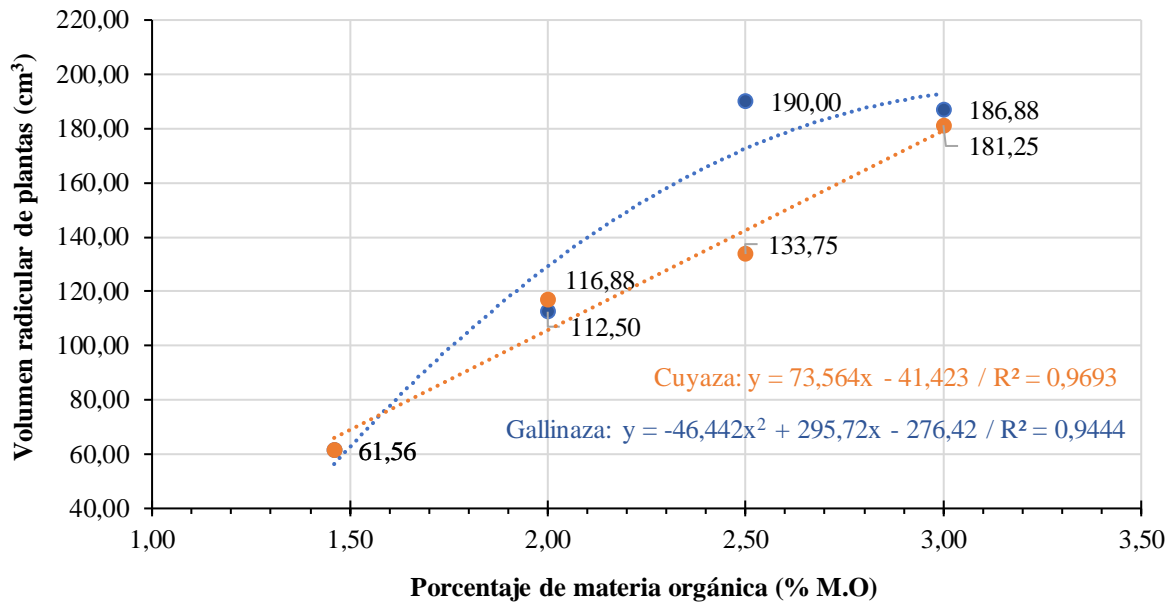


Figura 4. Promedio del volumen radicular de plantas del cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.

La diferencia en la media de volumen radicular obtenida por los bloques probablemente sea debido a las características diferentes propias del terreno donde se instaló el experimento, que presentaba zonas más sueltas y arenosas que otras, y otras zonas con drenaje deficiente y humedad excesiva, debido a su compactación, alta pedregosidad entre otros factores. Siendo este conjunto de factores, determinantes para un óptimo desarrollo del cultivo y los responsables de la diferencia entre los bloques (INIA, 2010; Mamani, 2010). Respecto a los tratamientos se destacan en primer lugar aquellos con niveles altos y medios de aplicación de gallinaza (T₃ y T₄ respectivamente), seguido del nivel más alto de cuyaza (T₇), esto se debe principalmente al alto contenido de fósforo de la gallinaza (0,86 %) en comparación a la cuyaza (0,14 %) como se tiene en la Tabla 8, logrando incrementos nutricionales al final del experimento hasta 25,56 y 25,25 ppm de P para los tratamientos T₄ y T₃ como se tiene en la Tabla 10, e influye en los volúmenes radiculares más altos obtenidos en la Tabla 16 por el T₃ y T₄ ya que el fósforo estimula el crecimiento radicular del cultivo de ají (Riva, 2019); se sabe además que la gallinaza como abono está disponible más rápidamente y en el período crítico del cultivo como mencionan Estrada y Peralta (2004).

Sumándose a lo antes mencionado se tiene la alta cantidad de estiércol que se aplicó al suelo, haciéndolo mucho más suelto y adecuado para el desarrollo del cultivo como menciona INIA (2001), debido a que la gallinaza tiene en su composición cascarilla de arroz y la cuyaza aspecto capsular, los que funcionan como agregados que dan volumen y espacios porosos. Por lo que el alto aporte de fósforo, el aporte de materia orgánica propio del estiércol y un suelo poroso, consiguen estimular el crecimiento radicular en los tratamientos altos y medios de los estiércoles aplicados. Respecto a que los niveles bajos de cuyaza (T₅) y gallinaza (T₂) obtengan los volúmenes más bajos para los tratamientos, se debe al motivo de la elevada pedregosidad del suelo y su alto contenido de arena, los que afectan con una infiltración acelerada y baja retención de los nutrientes mineralizados como mencionan INIA (2010) y Mamani (2010) que el cultivo prefiere suelos con cierta cantidad de materia orgánica y conservación de humedad, haciéndose este efecto mucho más evidente en el testigo absoluto.

4.2.4. Área foliar de plantas

Se presenta en el análisis de varianza, para el área foliar al finalizar el experimento (Tabla 17), que se encontraron diferencias estadísticas significativas para los bloques y los tratamientos, esto siempre que el valor de probabilidad sea menor al planteado ($p < 0,05$), por lo que se rechaza la H₀ y se acepta la H_A, que supone que al menos un bloque y tratamiento en estudio resultó estadísticamente diferente a los demás. El CV es de 8,27 %, indicando poca variación y una uniformidad adecuada de los resultados obtenidos para el área foliar de las plantas de ají limo. El R² fue de 0,98, esto indica que el 98 % de los resultados logrados en el área foliar de las plantas de ají limo, se debe a la aplicación de los diferentes tratamientos en estudio.

Tabla 17. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el área foliar de plantas del cultivo de ají limo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	p-valor
Bloques	3	9 727 236,87	3 242 412,29	17,83	<0,0001
Tratamientos	6	154 725 892,92	25 787 648,82	141,79	<0,0001
Error experimental	18	3 273 590,47	181 866,14		
Total	27	167 726 720,27			
CV		8,27 %			
R ²		0,98			

Como se encontraron diferencias estadísticas significativas para los tratamientos, se llevó a cabo la comparación de la media de éstos mediante la prueba de DGC

($\alpha=0,05$) (Tabla 18), para determinar qué tratamientos se destaca en área foliar comparado a los demás. Se tiene para los tratamientos cinco grupos diferenciados de datos, en primer lugar están los tratamientos T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) y T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O) que son estadísticamente iguales y los que mayor área foliar alcanzaron, seguido de los tratamientos T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) y T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) que son estadísticamente iguales entre sí, seguido del T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O), el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) y finalmente el T₁ (Testigo absoluto) como el tratamiento que menor área foliar alcanzó.

Tabla 18. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para área foliar de plantas del cultivo de ají limo.

Tratamientos	Área foliar (cm ²)	Sig.
T ₄ = Gallinaza al 3 % de M.O	8 388,55	a
T ₇ = Cuyaza al 3 % de M.O	7 991,52	a
T ₃ = Gallinaza al 2,5 % de M.O	5 895,02	b
T ₆ = Cuyaza al 2,5 % de M.O	5 282,96	b
T ₂ = Gallinaza al 2 % de M.O	3 966,53	c
T ₅ = Cuyaza al 2 % de M.O	3 197,86	d
T ₁ = Testigo absoluto	1 363,83	e

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

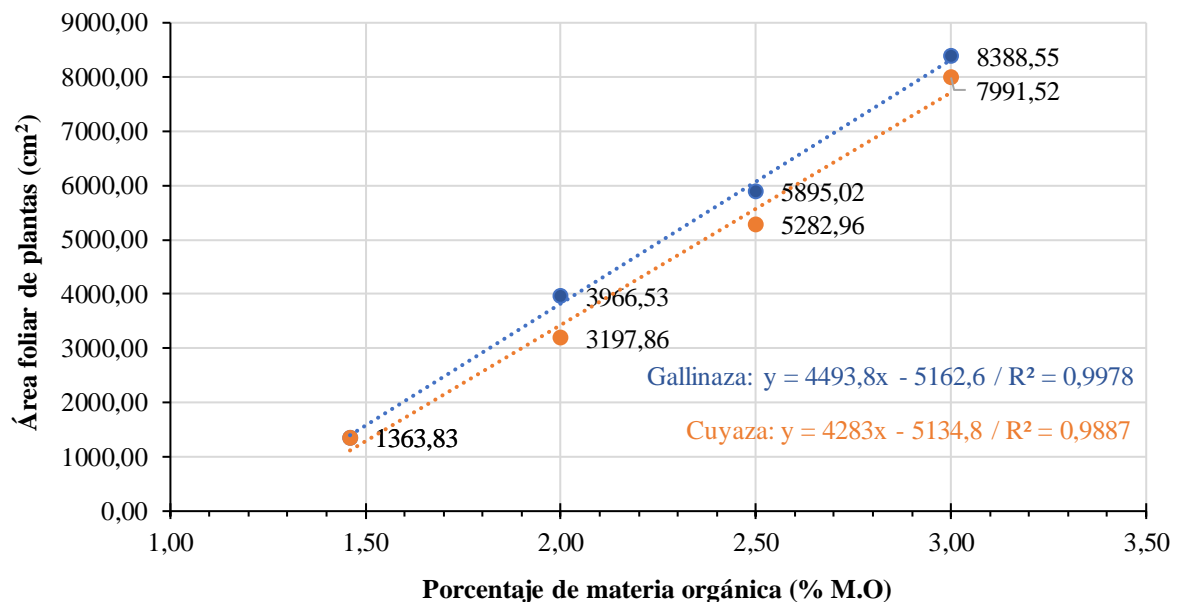


Figura 5. Promedio del área foliar de plantas del cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.

En la Figura 5, referente a los tratamientos y su efecto en el área foliar, son estadísticamente similares y se destacan el T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) y T₇ (Cuyaza al 3

% de M.O) con 8 388,55 y 7 991,52 cm² de área foliar respectivamente, seguido del T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) y T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) que fueron estadísticamente iguales y lograron 5 895,02 y 5 282,96 cm² respectivamente, seguido del T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O) con 3 966,53 cm², el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) con 3 197,86 cm² y en último lugar el T₁ (Testigo absoluto) con 1 363,83 cm² de área foliar, siendo el promedio más bajo obtenido.

En los tratamientos fueron mejores y estadísticamente iguales las dosis altas de ambos estiércoles (T₄ y T₇), seguido de las estadísticamente iguales dosis medias de ambos estiércoles (T₃ y T₆), se aprecia que en ambos casos la gallinaza es mejor que la cuyaza en lo que respecta al área foliar, aunque por muy poco ya que no es una diferencia estadísticamente significativa. Estos resultados se asemejan a los alcanzados por Ariza (2020) en cuyo trabajo se destacaron los tratamientos con los niveles elevados de Gallinaza y Cuyaza (4,8 % M.O), o los resultados alcanzados por Mozombite (2012) donde la dosis intermedia de aplicación de humus fue la que destacó; reforzando lo postulado por Suquilanda (2006) que dice que el empleo de materia orgánica favorece el desarrollo y crecimiento de las plantas.

La gran área foliar que alcanzaron los tratamientos de dosis altas e intermedias es en respuesta al aporte nutricional de los estiércoles, ya que se sabe según Estrada (2005), que, si bien la gallinaza tiene una humedad ligeramente más alta, se destaca en aporte de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, lo que se puede comprobar con la Tabla 8, donde la gallinaza tiene un contenido nutricional de 42,58 % de materia orgánica, 0,86 % de P, 8,47 % de Ca y 3,25 % de Mg, los que consiguieron incrementar en el T₄ al final del experimento el N hasta 0,16 %, el P hasta 25,56 ppm, el Ca y Mg hasta 11,51 y 2,24 cmol como se tiene en la Tabla 10. De forma similar Guamán (2010), menciona que la cuyaza por ejemplo tiene gran aporte de materia orgánica y con ello de nitrógeno, bajo porcentaje de humedad y cierto contenido de fósforo, calcio y magnesio, teniendo en el análisis de la Tabla 8 valores de 57,42 % de materia orgánica, 0,14 % de P, 3,80 % de Ca y 1,04 % de Mg, que consiguen incrementar en el T₇ al final (Tabla 10) el N hasta 0,16 %, el P hasta 20,13 ppm, el Ca y Mg hasta 11,40 y 2,14 cmol. Estos elementos como menciona Riva (2019), son en suma importantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas de ají, especialmente durante el crecimiento vegetativo, ya que el N, P, Ca y Mg, promueven la abundancia de la parte foliar, favorecen el tamaño, conformación y color de las hojas, la estimulación de los puntos de crecimiento de la planta, entre otros, derivando en la generación de un índice de área foliar más elevado además de alargar para las hojas su tiempo útil; pudiendo comprobarse el efecto estos elementos mencionados en los resultados obtenidos por los tratamientos T₄ y T₇ en la Tabla 18.

4.2.5. Materia seca de plantas

Se tiene en el análisis de varianza para el porcentaje de materia seca al final del experimento (Tabla 19), que se hallaron diferencias estadísticas significativas para bloques y tratamientos ($p < 0,05$), aceptando la HA que postula que por lo menos un bloque y un tratamiento es estadísticamente diferente comparado con los demás. El CV es de 8,38 %, indicando una poca variación y buena uniformidad en los datos obtenidos de la materia seca para las plantas de ají limo. El R^2 fue de 0,98, lo que supone que el 98 % de los resultados obtenidos para la materia seca de las plantas de ají limo, se deben a haberse aplicado los diferentes tratamientos en estudio.

Tabla 19. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para la materia seca de las plantas de ají limo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	p-valor
Bloques	3	28 298,38	9 432,79	7,86	0,0015
Tratamientos	6	861 349,33	143 558,22	119,67	<0,0001
Error experimental	18	21 593,16	1 199,62		
Total	27	911 240,86			
CV	8,38 %				
R^2	0,98				

Tabla 20. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para la materia seca de las plantas de ají limo.

Tratamientos	Materia seca (g)	Sig.
T ₄ = Gallinaza al 3 % de M.O	609,69	a
T ₇ = Cuyaza al 3 % de M.O	580,69	a
T ₃ = Gallinaza al 2,5 % de M.O	508,88	b
T ₆ = Cuyaza al 2,5 % de M.O	495,63	b
T ₂ = Gallinaza al 2 % de M.O	352,00	c
T ₅ = Cuyaza al 2 % de M.O	257,63	d
T ₁ = Testigo absoluto	89,50	e

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

Al haberse encontrado diferencias estadísticamente significativas para tratamientos, se tuvo que realizar la comparación de medias utilizando la prueba de DGC ($\alpha=0,05$) (Tabla 20), para determinar cuál de los tratamientos resultó ser mejor en lo que respecta a materia seca de las plantas de ají limo. Se tiene para los tratamientos cinco grupos de datos, en primer lugar los tratamientos T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) y T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O) que son estadísticamente iguales y alcanzaron el mayor peso de materia seca, en segundo lugar los tratamientos T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) y T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) que son

estadísticamente iguales entre sí, en tercer lugar el T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O), en cuarto al T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) y en quinto lugar está el T₁ (Testigo absoluto) como el tratamiento que menor peso de materia seca obtuvo.

En la Figura 6, para los tratamientos y su efecto en el peso de materia seca obtenido por las plantas de ají limo, resultaron mejores y estadísticamente iguales los tratamientos T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) y T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O) con 609,69 y 580,69 g de materia seca respectivamente, seguido del T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) y T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) que fueron estadísticamente iguales y lograron 508,88 y 495,63 g respectivamente, seguido del T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O) con 352,00 g, el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) con 257,63 g y en último lugar con el promedio más bajo alcanzado está el T₁ (Testigo absoluto) con 89,50 g de materia seca.

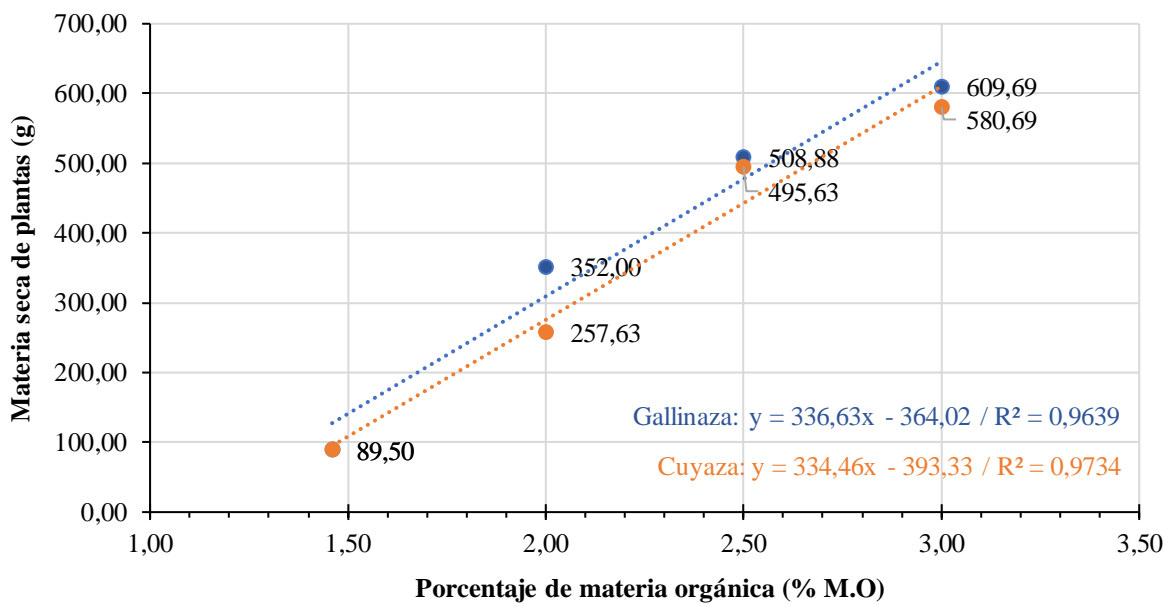


Figura 6. Promedio de la materia seca de plantas del cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.

Para la materia seca obtenida por los tratamientos se pudo ver un comportamiento similar a los resultados de área foliar, resultando estadísticamente iguales y mejores las dosis altas de ambos estiércoles (T₄ y T₇), seguido de las dosis medias de ambos estiércoles (T₃ y T₆) y también estadísticamente iguales; concordando con los resultados obtenidos por Ariza (2020), en su trabajo realizado en pepinillo, donde el mejor promedio de materia seca lo alcanzó con tratamientos que emplearon dosis altas de gallinaza y cuyaza (4,8 % de M.O). Este resultado se relaciona con el obtenido en el área foliar, debido a que por lo

general un incremento en el crecimiento morfológico del cultivo, como el área foliar o la altura, están directamente relacionados con la ganancia o aumento de la biomasa en la planta, confiriéndole una mayor cantidad de materia o masa al momento de eliminarse la humedad residual (materia seca). Lo antes mencionado se asemeja a lo explicado para el área foliar, donde el empleo de fuentes de materia orgánica promueven el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Suquilanda, 2006), estando esto relacionado además al contenido nutricional de las fuentes empleadas, como lo fue la gallinaza o la cuyaza y el aporte nutricional de éstos estiércoles en base a su composición (Barreros, 2017; Estrada, 2005); poniendo de esta manera a disposición diversos micro y macronutrientes importantes durante el crecimiento vegetativo y ganancia de biomasa de las plantas de ají como menciona Riva (2019), siendo estos elementos principalmente el C, N, P, K y Ca, además de la presencia de otros micronutrientes requeridos en cantidades menores pero igual de importantes para la formación de tejido vegetal.

4.2.6. Número de frutos cosechados

Se tiene en el análisis de varianza, acerca del número de frutos cosechados/planta hasta el final del experimento (Tabla 21), que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas para bloques ($p > 0,05$), confirmando la H_0 que supone que todos los bloques son estadísticamente iguales; siendo el caso diferente para los tratamientos ya que se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), confirmando la H_A , que dice que siquiera un tratamiento es estadísticamente diferente a los demás. El CV es de 18,14 %, esto significa que la variación es baja y que hay una adecuada uniformidad en los datos del número de frutos cosechados/planta de ají limo. El R^2 es de 0,80, esto significa que el 80 % de los resultados obtenidos en número de frutos cosechados/planta de ají limo son por influencia de la aplicación de los diferentes tratamientos en estudio, y el 20 % restante dependen de factores externos como el clima, la polinización o algún otro.

Tabla 21. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el número de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	p-valor
Bloques	3	5 455,95	1 818,65	2,40	0,1011
Tratamientos	6	47 506,08	7 917,68	10,47	<0,0001
Error experimental	18	13 614,02	756,33		
Total	27	66 576,05			
CV	18,14 %				
R^2	0,80				

Debido a que se encontraron diferencias estadísticas significativas para los tratamientos se realizó la comparación de medias de los tratamientos mediante la prueba de DGC ($\alpha=0,05$) (Tabla 22), con el objetivo de determinar cuál de los tratamientos se destaca en número de frutos cosechados/planta respecto a los demás. Para los tratamientos se obtuvo dos grupos diferenciados de datos; se tiene que los tratamientos que emplearon estiércoles desde el T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O), el T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O), el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O), el T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O), el T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) hasta el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) resultaron estadísticamente similares en promedio de frutos cosechados/planta y en último lugar al T₁ (Testigo absoluto) que resultó estadísticamente diferente a los demás tratamientos y con el menor promedio de número de frutos cosechados/planta.

Tabla 22. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para el número de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo.

Tratamientos	Número de frutos cosechados/planta	Sig.
T ₂ = Gallinaza al 2 % de M.O	179,88	a
T ₃ = Gallinaza al 2,5 % de M.O	176,88	a
T ₆ = Cuyaza al 2,5 % de M.O	171,06	a
T ₇ = Cuyaza al 3 % de M.O	164,13	a
T ₄ = Gallinaza al 3 % de M.O	162,00	a
T ₅ = Cuyaza al 2 % de M.O	154,88	a
T ₁ = Testigo absoluto	52,69	b

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

En la Figura 7, respecto a los tratamientos y su efecto en el número de frutos cosechados/planta se tiene en primer lugar al T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O) que obtuvo 179 frutos cosechados/planta en promedio, seguido del T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) con 176 frutos cosechados /planta, el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) con 171 frutos cosechados/planta, el T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O) con 164 frutos cosechados/planta, el T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) con 162 frutos cosechados/planta y el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) con 154 frutos cosechados/planta, siendo todos los tratamientos que emplearon estiércoles estadísticamente similares entre sí; teniendo en último lugar al T₁ (Testigo absoluto) que alcanzó 52 frutos cosechados/planta, siendo bastante bajo comparado a los demás tratamientos, confirmando que incorporar materia orgánica incrementa el número de frutos.

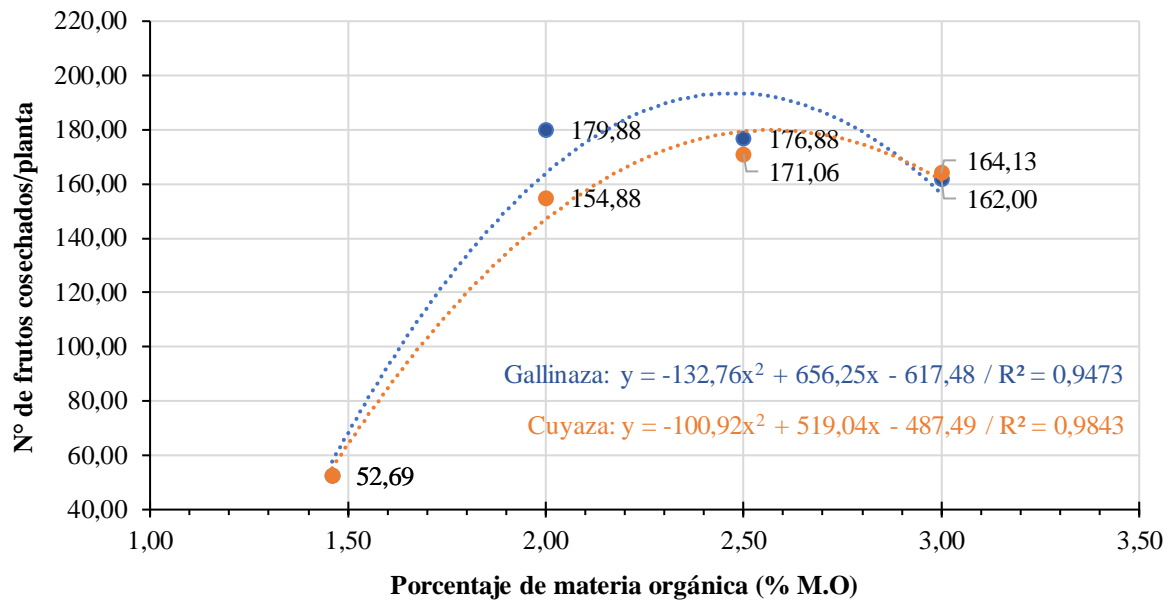


Figura 7. Promedio del número de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo, por efecto de los tratamientos en estudio.

Para los tratamientos, destacan todos aquellos que emplean estiércol en cualquiera de los tres niveles, siendo muy superiores al testigo, debido a diversos aspectos y beneficios del uso de estiércoles, como el aporte de materia orgánica, los nutrientes y minerales que aportan con su composición, entre otros beneficios para las plantas. De los tratamientos destacan los niveles bajo e intermedio de aplicación de gallinaza (T_2 y T_3), debido a que este tipo de estiércol a diferencia de otros tiene sus nutrientes disponibles más rápidamente para el aprovechamiento de las plantas, además del alto aporte de Macro y micronutrientes entre los que destaca el potasio, fósforo y calcio, como mencionan Estrada y Peralta (2004); seguido se tiene los de niveles de aplicación medio y alto de cuyaza (T_6 y T_7 respectivamente) que incorporan igualmente mucha materia orgánica, macro y micronutrientes como menciona Barreros (2017), entre otros beneficios asociados a su uso. Estos resultados son debido al contenido nutricional de los estiércoles (Tabla 8), donde la gallinaza contiene 12,20 % de K, 0,86 % de P y 8,47 % de Ca, mientras que la cuyaza contiene 5,30 % de K, 0,14 % de P y 3,80 % de Ca, siendo estos elementos importantes para el desarrollo y crecimiento de los frutos (Riva, 2019), incrementando la fertilidad al final del experimento como se tiene en la Tabla 10 y expresándose en los resultados obtenidos en el número de frutos (Tabla 22).

Para tratamientos como el nivel alto de gallinaza (T_4), su relativamente menor número de frutos se debe a que elevadas cantidades de estiércol comienzan a ser menos eficientes al saturar a la planta, incrementar excesivamente la infiltración y con ello el lavado

de nutrientes o presumiblemente favorecer desequilibrios nutricionales; mientras que para el nivel bajo de cuyaza (T₅) y el número de frutos obtenidos se explica en que las cantidades empleadas aportan ligeramente menos nutrientes, aunque resulten estadísticamente similar a los demás. Los resultados expresan que existe un efecto positivo al incorporar diferentes estiércoles como fuentes de materia orgánica y a diferentes niveles, algunos más efectivos que otros pero superiores al testigo, logrando incrementar el número de frutos cosechados/planta, concordando con los resultados de Mozombite (2012), Ríos (2013), Vela (2013) o Ariza (2020) que de igual manera lograron rendimientos elevados en diversos cultivos como ají charapita, ají dulce, ají motelito o pepinillo, al emplear principalmente niveles bajos y medios de diversas fuentes de materia orgánica como estiércoles de gallina o cuy, humus de lombriz, abonos u otros.

4.2.7. Peso de frutos cosechados

Se tiene en el análisis de varianza para el peso de frutos cosechados/planta hasta finalizar el experimento (Tabla 23), que se encontraron diferencias estadísticas significativas para los bloques ($p < 0,05$) por lo que se acepta la HA, que postula que al menos un bloque es estadísticamente diferente al resto; sucediendo de la misma forma para los tratamientos donde se determina que existen diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) aceptando también la HA, significando que por lo menos es estadísticamente diferente un tratamiento en estudio. El CV es de 15,04 %, indicando poca variación y una adecuada dispersión o uniformidad de los datos que se obtuvieron acerca del peso de frutos cosechados/planta de ají limo. El R^2 fue de 0,87, valor que determina que el 87 % de los resultados obtenidos en peso de frutos cosechados/planta de ají limo son resultado de la aplicación de los diferentes tratamientos en estudio, dejando un 13 % que se relacionan a aspectos externos como clima u otros.

Tabla 23. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el peso de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	p-valor
Bloques	3	773 138,40	257 712,80	3,15	0,0503
Tratamientos	6	9 032 927,15	1 505 487,86	18,42	<0,0001
Error experimental	18	1 470 927,82	81 718,21		
Total	27	11 276 993,37			
CV	15,04 %				
R^2	0,87				

Debido a haberse determinado la existencia de diferencias estadísticas significativas para los tratamientos se llevó a cabo la prueba de comparación de medias de DGC ($\alpha=0,05$) (Tabla 24), con el objetivo de encontrar cuál de ellos resultó ser mejor respecto al peso de frutos cosechados/planta. Para los tratamientos se observa dos grupos de datos en función de sus niveles de significancia, uno está conformado por todos los tratamientos que emplean estiércol desde el T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O), el T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O), el T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O), el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O), el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) hasta el T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) y son estadísticamente iguales entre sí respecto al peso de frutos cosechados/planta, y en el otro grupo esta solamente el T₁ (Testigo absoluto) como el tratamiento que menor peso de frutos cosechados/planta alcanzó.

Tabla 24. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para el peso de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo.

Tratamientos	Peso de frutos cosechados/planta (g)	Sig.
T ₃ = Gallinaza al 2.5 % de M.O	2 273,63	a
T ₂ = Gallinaza al 2 % de M.O	2 217,44	a
T ₇ = Cuyaza al 3 % de M.O	2 162,25	a
T ₆ = Cuyaza al 2.5 % de M.O	2 076,13	a
T ₅ = Cuyaza al 2 % de M.O	2 049,25	a
T ₄ = Gallinaza al 3 % de M.O	1 999,94	a
T ₁ = Testigo absoluto	526,75	b

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

En la Figura 8, respecto a los tratamientos y su efecto en el peso de frutos cosechados/planta, son estadísticamente similares y se destacan los tratamientos T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) con 2 273,63 g, seguido del T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O) con 2 217,44 g, el T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O) con 2 162,25 g, el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) con 2 076,13 g, el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) con 2 049,25 g y el T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) con 1 999,94 g; en último lugar y diferente estadísticamente comparado a otros tratamientos, tenemos el T₁ (Testigo absoluto) que alcanzó 526.75 g en peso de frutos cosechados/planta, estando muy por debajo respecto a los demás tratamientos, dejando en evidencia los beneficios de aplicar fuentes de materia orgánica.

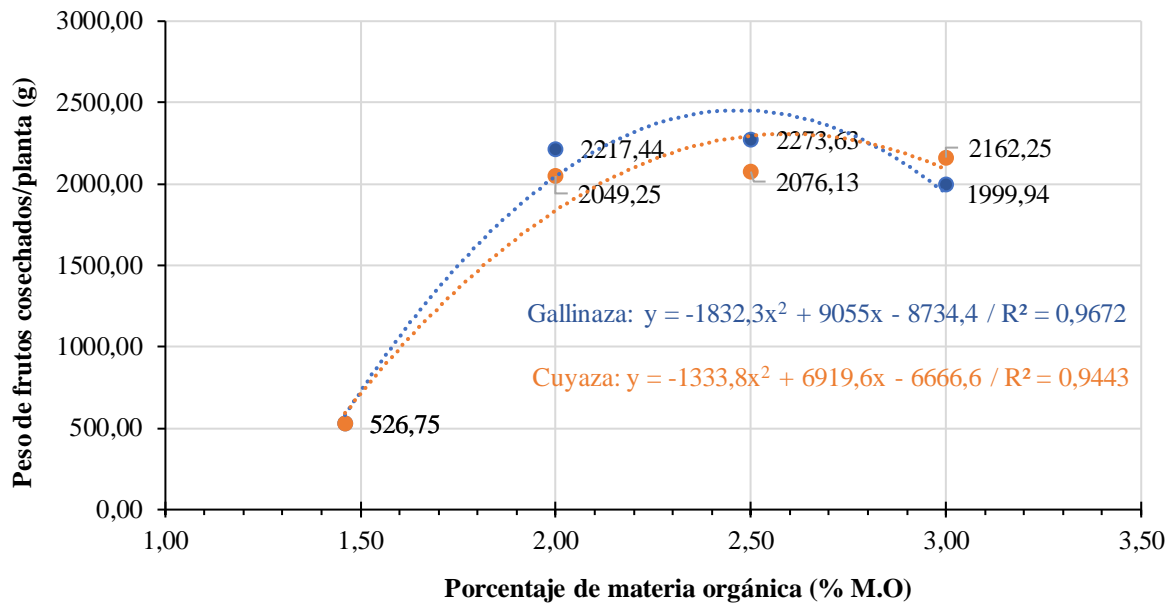


Figura 8. Promedio del peso de frutos cosechados/planta del cultivo de ají limo, por efecto de los tratamientos en estudio.

Concerniente a los tratamientos resultaron superiores aquellos en los que se aplicó estiércol en cualquiera de los tres niveles. El mayor peso de frutos cosechados/planta los tienen el nivel intermedio y bajo de aplicación de gallinaza (T_3 y T_2 respectivamente), esto se debe a la característica de la gallinaza de estar disponible más rápidamente para el aprovechamiento además de la alta tasa de mineralización frente a otros estiércoles, siendo una buena fuente de macro y micronutrientes (Cantarero y Martínez, 2002; Estrada y Peralta, 2004) y se corrobora en los resultados obtenidos por Ariza (2020). Los siguientes mejores tratamientos son aquellos con los niveles alto, medio y bajo de cuyaza (T_7 , T_6 y T_5 respectivamente) ya que aportan gran cantidad de materia orgánica, realizan la liberación de nutrientes y minerales al suelo de manera más controlada y estable, a diferencia de la gallinaza, haciendo que este estiércol realice un aporte constante y más duradero (Barreros, 2017; Molina, 2012). Para la diferencia en los resultados del tratamiento del nivel alto de gallinaza (T_4) frente los resultados obtenidos en los niveles bajo e intermedio de gallinaza, se deben a que emplear grandes cantidades de estiércol en el suelo comienzan a ser relativamente contraproducentes al afectar aspectos del suelo de forma negativa como la infiltración excesiva y con ello el lavado, la sobresaturación de nutrientes en el suelo y la creación de probables desequilibrios nutricionales debido al gran aporte de este estiércol y el material empleado en la “cama” del animal (Arias, 2007; Berríos, 2015), aunque de todas formas para el caso haya resultado estadísticamente igual a los demás tratamientos. Todos los tratamientos que emplearon gallinaza o cuyaza resultaron

ser mejor que el testigo absoluto referente al peso de frutos cosechados/planta, logrando incrementar el rendimiento gracias a diversos beneficios de su uso, tales como el aporte de materia orgánica, los micro y macronutrientes que lo componen, la forma de liberación de estos, entre otros aspectos. Estos resultados corroboran lo que mencionan Mozombite (2012), Ríos (2013) y Ariza (2020) ya que, al emplear diversas fuentes de materia orgánica como gallinaza, cuyaza, humus de lombriz, u otros, obtuvieron muy buenos resultados para diversos cultivos como ají charapita, pimiento y pepinillo, logrando en el caso de Ríos (2013), esbozar posibles cantidades adecuadas para utilizar en función de la riqueza inicial del suelo.

4.2.8. Rendimiento por hectárea

En el análisis de varianza respecto al rendimiento del cultivo de ají limo por efecto de la aplicación de fuentes de materia orgánica y testigo absoluto (Tabla 25), se tiene que hay diferencias estadísticas significativas para los bloques ($p < 0,05$) aceptando la HA, donde al menos un bloque es estadísticamente diferente; para los tratamientos también determina que tienen diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) aceptando la HA que indica que siquiera un tratamiento en estudio es diferente estadísticamente. El CV fue de 15,04 %, esto indica una baja variación y adecuada dispersión de los resultados que se obtuvieron en el rendimiento del cultivo de ají limo. El R^2 fue de 0,87, este valor representa que el 87 % de los resultados obtenidos en rendimiento del cultivo de ají limo son a causa de la aplicación de los diferentes tratamientos, dejando un restante 13 % que se atribuyen a aspectos ambientales como el clima u otros externos.

Tabla 25. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el rendimiento del cultivo de ají limo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	p-valor
Bloques	3	596,53	198,84	3,15	0,0503
Tratamientos	6	6 969,73	1 161,62	18,42	<0,0001
Error experimental	18	1 135,13	63,06		
Total	27	8 701,40			
CV	15,04 %				
R^2	0,87				

Ya que hubo diferencias estadísticas significativas para tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de DGC ($\alpha=0,05$) (Tabla 26), para determinar cuál de ellos fue mejor respecto al promedio de rendimiento del cultivo de ají limo. Para los tratamientos se observa dos grupos en función de sus niveles de significancia, uno de ellos lo

conforman todos aquellos tratamientos en que se usó estiércol desde el tratamiento T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O), el T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O), el T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O), el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O), el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) hasta el tratamiento T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) y son estadísticamente iguales entre sí y el otro grupo lo compone únicamente el T₁ (Testigo absoluto), siendo el tratamiento que alcanzó el menor rendimiento del cultivo de ají limo comparado con otros tratamientos.

Tabla 26. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para el rendimiento del cultivo de ají limo.

Tratamientos	Rendimiento (t/ha)	Sig.
T ₃ = Gallinaza al 2,5 % de M.O	63,16	a
T ₂ = Gallinaza al 2 % de M.O	61,60	a
T ₇ = Cuyaza al 3 % de M.O	60,06	a
T ₆ = Cuyaza al 2,5 % de M.O	57,67	a
T ₅ = Cuyaza al 2 % de M.O	56,92	a
T ₄ = Gallinaza al 3 % de M.O	55,56	a
T ₁ = Testigo absoluto	14,63	b

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

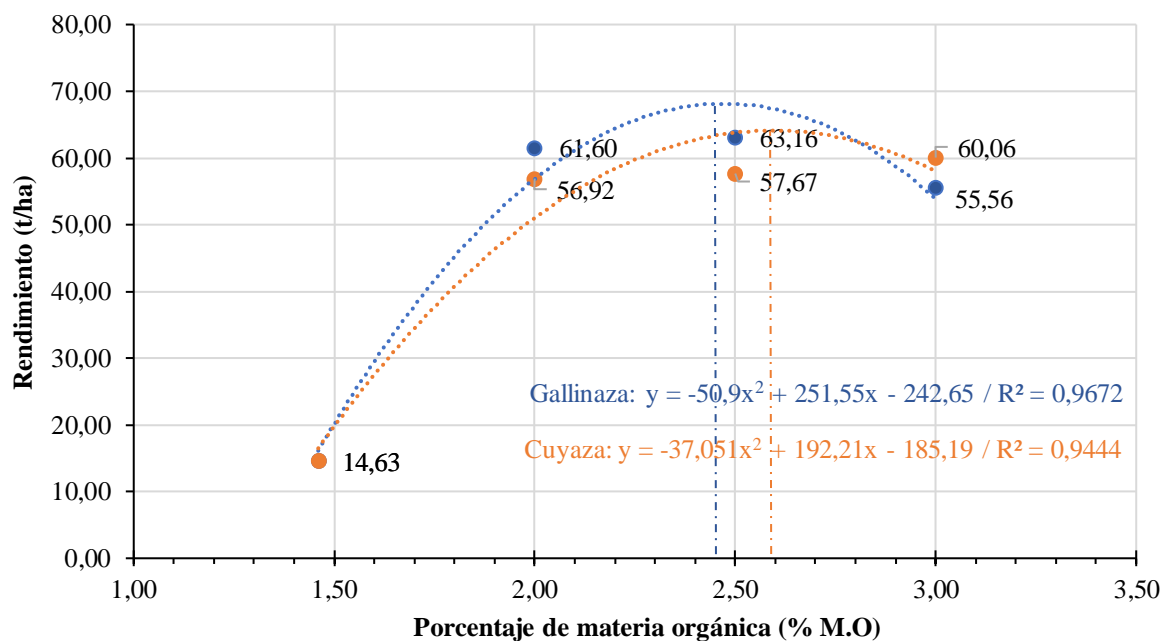


Figura 9. Rendimiento del cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.

En la Figura 9, para el caso de los tratamientos se determinaron como superiores al testigo absoluto y estadísticamente iguales los tratamientos desde el T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) que alcanzó las 63,16 t/ha, seguido del T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O) con

61,60 t/ha, el T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O) con 60,06 t/ha, el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) con 57,67 t/ha, el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) con 56,92 t/ha hasta el T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) con 55,56 t/ha. En cambio, el tratamiento T₁ (Testigo absoluto) logró un rendimiento de 14,63 t/ha, quedándose bastante bajo a comparación de los demás tratamientos, mostrando de esta forma que emplear estiércoles como fuentes de materia orgánica produjo un efecto positivo respecto al rendimiento del cultivo de ají limo.

Para el caso de los tratamientos se observa que aquellos con aplicación de estiércol fueron iguales estadísticamente entre ellos y superiores a su vez al testigo, destacando los tratamientos de nivel intermedio y bajo de gallinaza (T₃ y T₂), en parte debido a que, en función de su aporte de materia orgánica, se empleó más cantidad que para la cuyaza y el otro aspecto importante se debió a la forma en que la gallinaza se descompone y aporta gran cantidad de nutrientes al suelo, pudiendo notarse en la Tabla 8 que la gallinaza tiene un alto contenido de fósforo (0,86 %), potasio (12,20 %) y calcio (8,47 %), elementos importantes en el desarrollo y crecimiento de los frutos (Riva, 2019). También se logra incrementar los nutrientes al final del experimento (Tabla 10), donde para los tratamientos con gallinaza los niveles de P alcanzan rangos 13,35 a 25,56 ppm, de 206,24 a 337,28 ppm de K y rango de 8,34 a 11,51 cmol de Ca, lo que repercutió positivamente en el rendimiento estimado de los tratamientos que emplearon gallinaza (Tabla 26), siendo también un punto a favor que este tipo de estiércol está disponible más pronto para el cultivo y tiene alta tasa de mineralización, por lo que sirvió a las plantas en el periodo crítico de crecimiento, y se conservó en el suelo como reservorio de nutrientes en formas aprovechables para el cultivo, concordando con los que menciona Estrada y Peralta (2004). A estos tratamientos les sigue los de nivel alto, intermedio y bajo de cuyaza (T₇, T₆ y T₅), esto se debe a la cantidad de estiércol agregado, a la composición de los excrementos de animales herbívoros, abundantes en residuos vegetales y de aporte considerable de materia orgánica, sumado a eso el aporte nutricional también es alto además que la cuyaza se descompone lentamente haciéndolo más estable a largo plazo, beneficiando al desarrollo y producción de los cultivos durante todo el ciclo productivo tal como menciona Guamán (2010) y Pantoja (2014).

El tratamiento de nivel alto de gallinaza (T₄) resultó con un rendimiento ligeramente más bajo incluso que los 3 niveles de cuyaza, esto probablemente se deba a que agregar grandes cantidades de estiércol al suelo deja de ser favorable para el cultivo, al saturar los poros del suelo, saturar de nutrientes el medio o perderse por la excesiva infiltración, se crean desequilibrios nutricionales y poco aprovechamiento de estos, además de generar sustancias fitohormonales que podrían comprometer la floración o el desarrollo de frutos

(Lozano, 2016). En último lugar tenemos al testigo absoluto (T_1), el cual tuvo el más bajo de los rendimientos del cultivo, demostrando de esta forma que el empleo de fuentes de materia orgánica, estiércoles para este caso, resultan muy beneficiosas para el cultivo, logrando un drástico incremento en el rendimiento del mismo, corroborando los resultados de diversos autores (Mozombite, 2012; Ríos, 2013; Ariza, 2020) donde demostraron que el cultivo de ajíes y otras hortalizas como pepinillo requieren cantidades moderadas de abono o fuentes de materia orgánica para lograr altos rendimientos, sobre todo en suelo empobrecidos o con deficiencias.

4.3. Evaluaciones finales realizadas al suelo

4.3.1. Evaluación de macrofauna

El análisis de varianza para la cantidad de macrofauna se realizó al finalizar el experimento (Tabla 27), mostrando que existen diferencias estadísticamente significativas entre los bloques ($p < 0,05$), aceptando la HA que indica que entre los bloques al menos uno es estadísticamente diferente; el resultado es similar en el caso de los tratamientos, encontrando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) y aceptando la HA, al menos uno de los tratamiento estudiados se mostró estadísticamente diferente. El CV es de 3,90 % indicando baja variación y buena distribución de datos, respecto al número de lombrices obtenidos. El R^2 fue de 1,00, indicando que el 100 % de los resultados hallados acerca del número de lombrices son por efecto de la aplicación de los diferentes tratamientos.

Tabla 27. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el número de lombrices en el cultivo de ají limo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	p-valor
Bloques	3	303,43	101,14	8,09	0,0013
Tratamientos	6	84 133,21	14 022,20	1 121,42	<0,0001
Error experimental	18	225,07	12,50		
Total	27	84 661,71			
CV	3,90 %				
R^2	1,00				

Se realizó la prueba de DGC ($\alpha=0,05$) de comparación de medias tras encontrar que existen diferencias estadísticas para tratamientos (Tabla 28), con el fin de determinar que tratamiento se destacó en el número de lombrices con relación a los demás. Respecto a los tratamientos, con relación al promedio de número de lombrices por tratamiento se tienen siete grupos, el mayor número de lombrices lo obtuvo el T_7 (Cuyaza al 3 % de M.O), seguidos del T_4 (Gallinaza al 3 % de M.O), el T_3 (Gallinaza al 2,5 % de M.O), el T_6 (Cuyaza al

2,5 % de M.O), el T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O), el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) y en último lugar al T₁ (Testigo absoluto) que obtuvo menor número de lombrices.

Tabla 28. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para el número de lombrices en el cultivo de ají limo.

Tratamientos	Número de lombrices	Sig.
T ₇ = Cuyaza al 3 % de M.O	177	a
T ₄ = Gallinaza al 3 % de M.O	165	b
T ₃ = Gallinaza al 2,5 % de M.O	97	c
T ₆ = Cuyaza al 2,5 % de M.O	76	d
T ₂ = Gallinaza al 2 % de M.O	55	e
T ₅ = Cuyaza al 2 % de M.O	38	f
T ₁ = Testigo absoluto	29	g

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

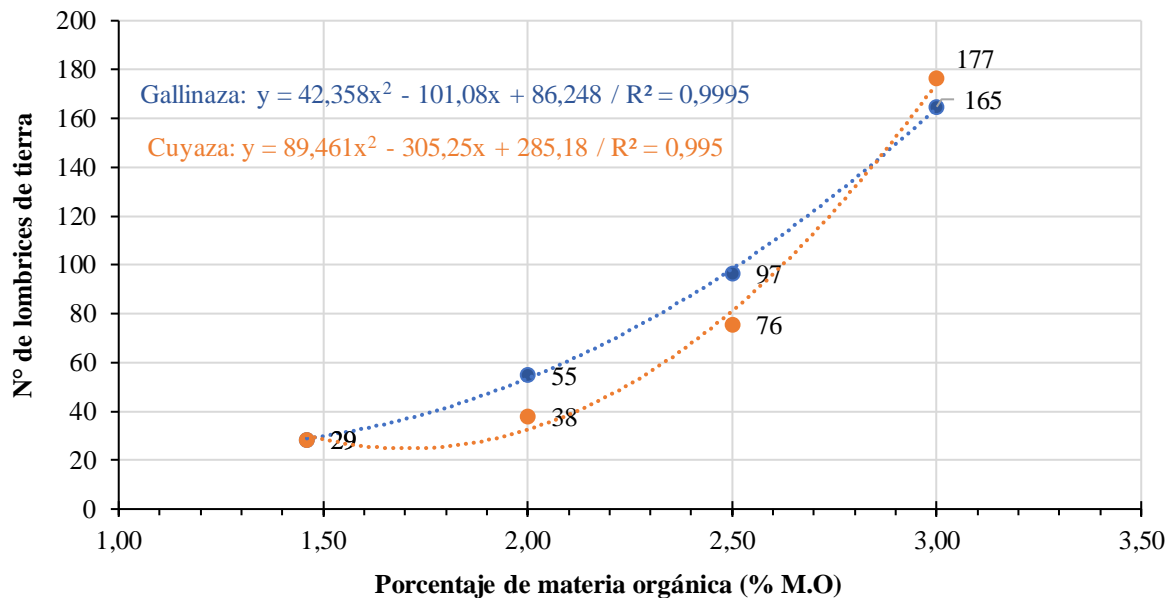


Figura 10. Promedio del número de lombrices del cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.

En la Figura 10, se tiene que para los tratamientos y el número de lombrices se encontró diferencias estadísticas significativas entre los siete tratamientos, teniendo como mejor tratamiento al T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O) con 177 lombrices en promedio, seguido del T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) con 165 lombrices, el T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) con 97 lombrices, el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) con 76 lombrices, el T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O) con 55 lombrices, el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) con 38 lombrices y en último lugar el T₁ (Testigo absoluto) que alcanzó 29 lombrices en promedio.

En el caso de los tratamientos, destacan en primer y segundo lugar aquellos en los que se aplicaron los niveles más altos de cuyaza (T₇) y gallinaza (T₄) respectivamente, en tercer y cuarto lugar los niveles medios de gallinaza (T₃) y cuyaza (T₆) respectivamente, seguidos en quinto y sexto lugar los niveles bajos de gallinaza (T₂) y cuyaza (T₅) respectivamente, esto es debido a que el mismo hecho de emplear grandes cantidades de materia orgánica (en este caso estiércoles) estimula en gran manera la actividad biológica del suelo, por la creación de condiciones óptimas para la micro y macrofauna, como es el generar la humedad adecuada siendo mayor en la gallinaza según el análisis (45,84 % de humedad) y más notoria en los niveles medios y bajos, beneficiándose por el aumento de temperatura en el suelo debido a la lenta descomposición de los abonos, los desechos orgánicos de los que se alimentan los organismos del suelo, destacando la cuyaza que contenía alta cantidad de materia orgánica (57,42 %), e inclusive el aporte de microorganismos propios de las excretas animales; siendo lo más favorable para el incremento de organismos del suelo como las lombrices de tierra, la humedad adecuada aportada por lluvias o inherente a la materia orgánica (estiércoles en este caso) y el contenido de materia orgánica que contengan las fuentes que sirvan como alimento para organismos del suelo, siendo mejores en este aspecto abonos aún en proceso de degradación (Manayay, 2004; Suquilanda, 2006; Yar, 2013). El efecto de la incorporación de fuentes de materia orgánica en el suelo es evidente, notándose especialmente en los tratamientos con las aplicaciones más altas de estiércol, que alcanzaron cantidades mayores de lombrices a diferencia del testigo absoluto que tuvo la cantidad más baja de todos los tratamientos, siendo la causa el estado inicial del suelo en el campo experimental, que era algo compacto, arenoso en gran parte, y bastante pedregoso en general, haciendo de este suelo uno que retiene poca materia orgánica en general, asumiendo que de acuerdo a como se manejen, pueden promover el incremento de la micro y macrofauna (Azabache, 2003; Manayay, 2004; Berríos, 2015).

4.3.2. Evaluación de capacidad de infiltración

En el análisis de varianza para la capacidad de infiltración al finalizar el experimento (Tabla 29), se observa que hay diferencias estadísticas significativas respecto a los bloques ($p < 0,05$) aceptando la HA que postula que por lo menos un bloque es estadísticamente diferente a los demás; esta situación es la misma para los tratamientos encontrándose diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) y aceptando también la HA que determina que por lo menos un tratamiento es diferente estadísticamente a los demás. El CV es de 0,34 %, indicando que existe muy poca variación y buena uniformidad en los datos de la velocidad de

infiltración. El R^2 fue de 1,00 indicando que el 100 % de los resultados que se obtuvieron son debido a la aplicación de los diferentes tratamientos en estudio.

Tabla 29. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para velocidad de infiltración en el cultivo de ají limo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	p-valor
Bloques	3	101,27	33,76	41,88	<0,0001
Tratamientos	6	774 350,09	129 058,35	160 119,26	<0,0001
Error experimental	18	14,51	0,81		
Total	27	774 465,87			
CV	0,34 %				
R^2	1,00				

Se llevó a cabo la prueba de comparación de medias DGC ($\alpha=0,05$), debido a que se determinó en el análisis de varianza que hay diferencias estadísticas significativas para los tratamientos (Tabla 30), para así determinar cuál fue mejor comparado a los demás respecto a la capacidad de infiltración. Para los tratamientos y en función de la capacidad de infiltración, se tienen siete grupos estadísticamente diferentes entre ellos, en primer lugar y con la mayor capacidad e infiltración está el T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O), seguido del T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O), el T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O), el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O), el T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O), el T₁ (Testigo absoluto) y en último lugar el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) que obtuvo el valor más bajo de capacidad de infiltración.

Tabla 30. Prueba de DGC ($\alpha=0,05$) para la velocidad de infiltración en el cultivo de ají limo.

Tratamientos	Velocidad de infiltración (mm/h)	Sig.
T ₃ = Gallinaza al 2,5 % de M.O	563,76	a
T ₄ = Gallinaza al 3 % de M.O	388,76	b
T ₂ = Gallinaza al 2 % de M.O	346,51	c
T ₆ = Cuyaza al 2,5 % de M.O	236,99	d
T ₇ = Cuyaza al 3 % de M.O	145,85	e
T ₁ = Testigo absoluto	93,02	f
T ₅ = Cuyaza al 2 % de M.O	70,53	g

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

En la Figura 11 se tienen los promedios de velocidad de infiltración para los tratamientos, donde se tiene que todos los tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí, destacando el T₃ (Gallinaza al 2,5 % de M.O) que logró 563,76 mm/h de velocidad de infiltración, seguido del T₄ (Gallinaza al 3 % de M.O) con 388,76 mm/h de velocidad de

infiltración, el T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O) con 346,51 mm/h de velocidad de infiltración, el T₆ (Cuyaza al 2,5 % de M.O) con 236,99 mm/h de velocidad de infiltración, el T₇ (Cuyaza al 3 % de M.O) con 145,85 mm/h de velocidad de infiltración, el T₁ (Testigo absoluto) con 93,02 mm/h de velocidad de infiltración y en último lugar el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) con 70,53 mm/h de velocidad de infiltración.

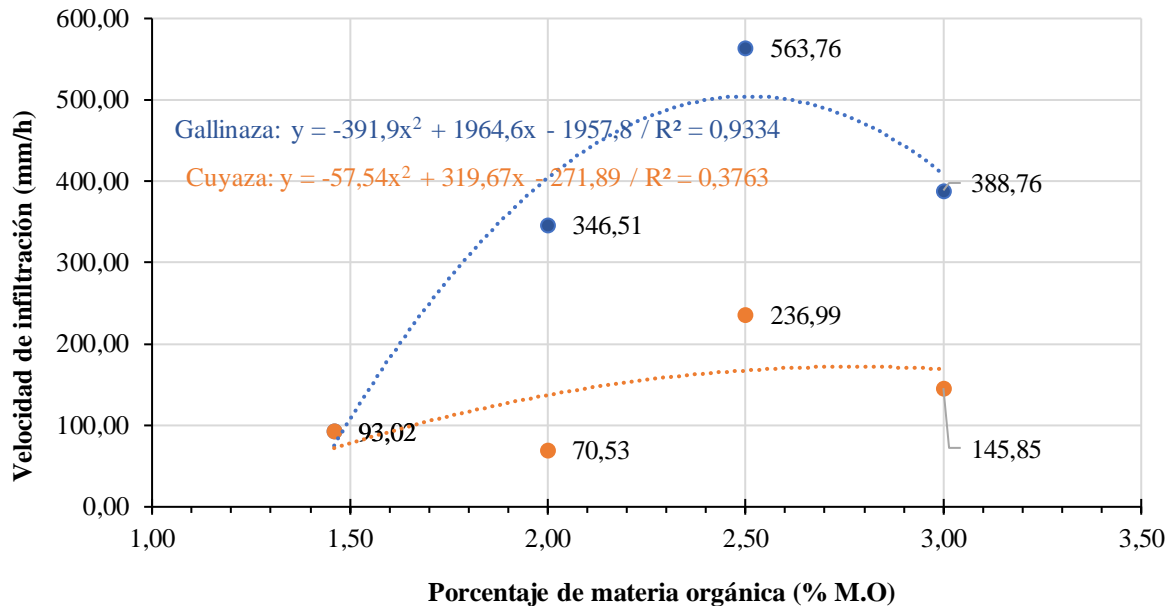


Figura 11. Velocidad de infiltración en el cultivo de ají limo por efecto de los tratamientos en estudio.

Para el caso de los tratamientos presentan altas velocidades de infiltración aquellos en los que aplicó gallinaza (T₃, T₄ y T₂) siendo más alta en el tratamiento intermedio ya que niveles más altos empezaban a reducir la infiltración, seguido de la aplicación media (T₆) y alta de cuyaza (T₇), este resultado probablemente responda al efecto de incorporar en grandes cantidades de materia orgánica al suelo sumándose la composición de los estiércoles, siendo mayor en los tratamientos que emplearon gallinaza, debido a la alta cantidad de cascarilla de arroz que contiene lo que hace del suelo en términos prácticos una “esponja” o un “colador”, reteniendo mucha agua en su estructura pero dejando pasar el exceso favoreciendo el drenaje al evitar la saturación de los poros del suelo (Cantarero y Martínez, 2002; Berríos, 2015), recalcando que a niveles muy altos se comienza a dar el taponamiento de los poros del suelo y con ello una reducción leve en la infiltración (Casas y Guerra, 2020).

Pese a lo antes mencionado es necesario precisar que las altas velocidades de infiltración obtenidas por los tratamientos medio y alto de gallinaza (T₃ y T₄)

no constituyen un beneficio para el cultivo como tal, ya que la infiltración es excesiva y no es compensada con la precipitación normal de la zona, haciendo que el cultivo tenga dificultades en satisfacer sus necesidades biológicas o compensar la evapotranspiración usando solo el agua del suelo, requiriendo de riegos más constantes y de mayor volumen, encareciendo el costo de riego, relacionado a lo que mencionan Nuez et al. (1996) y Ugás et al. (2000).

De manera similar ocurrió en los tratamientos con mayor cantidad de cuyaza, ya que tiene un aspecto capsular que favorece la formación de agregados, además de incorporar pelo del animal y residuos alimenticios en menor proporción por lo que retiene humedad adecuadamente y deja filtrar el exceso, haciendo que agregar grandes cantidades de cuyaza aumente la porosidad del suelo y mejore la infiltración (Pantoja, 2014; Berríos, 2015). Respecto al testigo se tiene una velocidad de infiltración alta que en este caso repercute negativamente en un suelo muy arenoso y con poco materia orgánica favoreciendo la lixiviación de los nutrientes, y finalmente el tratamiento con menor cantidad de cuyaza que alcanzó una velocidad de infiltración más baja que el testigo absoluto, esto probablemente sea debido a que la cuyaza en cantidades no tan elevadas hayan generado condiciones en las que compensaron la infiltración acelerada del suelo arenoso de la parcela debido al aporte de excretas sólidas y relativamente más lentas en su descomposición, saturando en cierta medida los poros del suelo a diferencia de la gallinaza como manifiesta Barreros (2017).

4.4. Análisis de rentabilidad

Se tiene en la Tabla 31, la rentabilidad que se determinó para los tratamientos en estudio, proyectando a la escala de una hectárea aspectos como el rendimiento y el costo de producción. Si bien todos los tratamientos en estudio que emplearon estiércoles resultaron estadísticamente iguales en cuanto el rendimiento (Tabla 26), los tratamientos más rentables resultan ser el T₂ (Gallinaza al 2 % de M.O), el T₅ (Cuyaza al 2 % de M.O) y el T₃ (Gallinaza 2,5 % de M.O), que alcanzaron un rendimiento de 61,60; 56,92 y 63,16 t/ha, generando además una utilidad de 142 532,90; 116 636,90 y 126 170,90 soles (S/.) respectivamente. El índice de Costo/beneficio de los tratamientos T₂, T₅ y T₃ fue de 4,37; 3,16 y 2,99 S/., con una rentabilidad de 3,37; 2,16 y 1,99 S/. respectivamente, lo que significa que por cada sol invertido se recuperará 3,37; 2,16 y 1,99 S/.

En base a estos resultados se puede confirmar, como se planteó en la metodología para el análisis de rentabilidad, que los beneficios obtenidos por todos tratamientos superan su coste de producción, logrando mayores ingresos que egresos, ya que cada monto invertido se recupera más una ganancia, destacando los tratamientos T₂, T₅ y T₃, logrando un índice de

rentabilidad y relación costo/beneficio más alto que otros tratamientos. Si bien otros tratamientos tienen altos rendimientos (T_7 o T_6), su utilidad neta resulta baja pero todavía positiva, debido a su costo de producción más elevado, reduciendo el ingreso bruto que se obtendría de la venta de la producción, comparado con los tratamientos más rentables.

Si bien todos los tratamientos presentan índices de rentabilidad positivos (algunos más que otros), ligeros cambios en el mercado como un precio de venta menor de S/. 2,00/ kg de ají limo, o un coste 30 o 40 céntimos más alto para los abonos se estima que se obtendrían índices de rentabilidad negativos, debido a que la venta de la producción no compensaría el costo de esta, en especial se daría para los tratamientos que emplean cuyaza por ser más costosa, o los tratamientos que emplean altas cantidades de ambos estiércoles.

Tabla 31. Análisis del Costo/Beneficio para el rendimiento del cultivo de ají limo obtenido por los tratamientos en estudio.

Trat.	Costo de producción/ha (S/.)										Rdto (kg/ha)	I.B (S/.)	U.N (S/.)	I.R	C/B
	L.P.T (S/.)	F.M.O (S/.)	A.M.O (S/.)	Sem. (S/.)	Alm. (S/.)	Inst. (S/.)	Manejo (S/.)	Cos. (S/.)	Otros (S/.)	C. Total (S/.)					
T ₁	800	0	0	80	6 130	180	9 988,1	760	500	18 438,1	14 630	43 890	25 451,9	1,38	2,38
T ₂	800	22 434	225	80	6 130	180	9 988,1	1930	500	42 267,1	61 600	184 800	142 532,9	3,37	4,37
T ₃	800	43 206	450	80	6 130	180	9 988,1	1975	500	63 309,1	63 160	189 480	126 170,9	1,99	2,99
T ₄	800	63 978	630	80	6 130	180	9 988,1	1750	500	84 036,1	55 560	166 680	82 643,9	0,98	1,98
T ₅	800	34 470	180	80	6 130	180	9 988,1	1795	500	54 123,1	56 920	170 760	116 636,9	2,16	3,16
T ₆	800	66 384	315	80	6 130	180	9 988,1	1840	500	86 217,1	57 670	173 010	86 792,9	1,01	2,01
T ₇	800	98 298	495	80	6 130	180	9 988,1	1885	500	118 356,1	60 060	180 180	61 823,9	0,52	1,52

*Precio del kilogramo de ají limo en el mercado local a S/. 3,00

Leyenda:

T₁ = Testigo absoluto

T₂ = Gallinaza al 2 % M.O. en suelo

T₃ = Gallinaza al 2.5 % M.O. en suelo

T₄ = Gallinaza al 3 % M.O. en suelo

T₅ = Cuyaza al 2 % M.O. en suelo

T₆ = Cuyaza al 2.5 % M.O. en suelo

T₇ = Cuyaza al 3 % M.O. en suelo

L.P.T = Limpieza y preparación del terreno

F.M.O = Fuentes de materia orgánica

A.M.O = Aplicación de fuentes de Materia orgánica

Sem. = Semilla

Alm. = Almácigo y producción de plantones

Inst. = Instalación del cultivo

Manejo. = Manejo del cultivo (Labores culturales y cuidado fitosanitario)

Cos. = Cosecha

Otros = Otros gastos

I.B = Ingreso bruto

U.N = Utilidad neta

I.R = Índice de rentabilidad

C/B = Costo/beneficio

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron y los objetivos planteados se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

1. Se determinó como la mejor fuente de materia orgánica a la gallinaza para los parámetros de crecimiento como altura de plantas, volumen radicular, área foliar, materia seca y velocidad de infiltración, además de los parámetros relacionados al rendimiento como el número de frutos cosechados/planta con 179,88 unidades, peso de frutos cosechados/planta con 2 273,63 g y un rendimiento estimado de 63,16 t/ha.
2. Se determinó como el mejor nivel el 2,5 % de materia orgánica para los parámetros como volumen radicular y velocidad de infiltración, además de los relacionados al rendimiento alcanzando una media de número de frutos cosechados/planta de 179,88 unidades y una media en peso de frutos cosechados/planta de 2 273,63 g, que suponen un rendimiento estimado de 63,16 t/ha.
3. La mayor rentabilidad se determinó para el tratamiento que empleó como fuente gallinaza al nivel del 2 % de materia orgánica (T₂), con un rendimiento estimado de 61,60 t/ha, que generarían una utilidad neta de 142 532,90 soles, que a su vez supone un costo/beneficio de 4,37 soles y un índice de rentabilidad de 3,37 soles.
4. Se determinaron mejoras en las características fisicoquímicas del suelo (pH, % de M.O, % de N, P en ppm, K en ppm y CIC) al utilizar ambas fuentes (Gallinaza y Cuyaza) y en los tres niveles empleados, siendo el efecto considerablemente superior a niveles del 3 % de M.O, demostrándose un mayor incremento respecto el estado inicial del suelo.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron y las conclusiones presentadas se tienen las siguientes recomendaciones y propuestas a futuro:

1. Emplear cantidades bajas o medias de estiércoles si se usan como fuentes de materia orgánica, más aún si se sabe que tiene un aporte considerable de nutrientes o muchas partículas grandes, ya que al superar cierta cantidad deja de ser eficiente nutricionalmente o incrementa en exceso la infiltración, al menos para un tipo de suelo similar al empleado en el experimento (franco arenoso).
2. Realizar trabajos posteriores en el terreno utilizado en el experimento, a fin de poder evaluar el efecto residual de la aplicación de los estiércoles (gallinaza y cuyaza) como fuentes de materia orgánica.
3. Realizar este experimento en otras condiciones de suelo u otra época, empleando los tratamientos con los niveles bajos de materia orgánica (2 % de gallinaza y cuyaza como fuentes), que vendrían a representar para este trabajo cantidades de 2,69 kg de gallinaza y 2,07 kg de cuyaza por planta.
4. Incrementar el espaciamiento entre las plantas e hileras, a fin de reducir la densidad de la plantación y poder favorecer un mejor desarrollo y rendimiento del cultivo.
5. Realizar un análisis foliar a las plantas de ají limo, para determinar de manera más certera la extracción de nutrientes por parte del cultivo.

VII. REFERENCIAS

- Arévalo, M. (2012). Evaluación del Rendimiento en 5 Densidades de Siembra de *Capsicum frutescens* L. (Ají Charapita) en un Ultisols de Pucallpa - Ucayali. Tesis de pregrado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Pucallpa, 78 p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/1521>
- Arias, A. (2007). Suelos Tropicales. 2da Edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 188 p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Suelos_Tropicales.html?id=L6TaVpWk8goC&redir_esc=y
- Ariza, D. (2020). Fuentes y Niveles de materia orgánica en la producción de Pepinillo (*Cucumis sativus* L.). Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1731/TS_DAAS_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Azabache, A. (2003). Fertilidad de suelos para una agricultura sustentable. 1era Edición Huancayo-Perú.
- Barber, R. (1999). Manejo de suelo y cultivos en zona de ladera de América Central-Experiencias adquiridas y transmisión de agricultor a agricultor de tecnología conservacionista. Boletín de suelo de la FAO. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Manejo_de_Suelos_Y_Cultivos_en_Zonas_de.html?id=TlbMEvunOIUC&redir_esc=y
- Barreros, E. (2017). Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (*Cavia porcellus*), enriquecido. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25395/1/Tesis-157%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20479.pdf>
- Berríos, J. (2015). Fuentes y Niveles de materia orgánica en condiciones de invernadero. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1631/TESIS%20JUAN%20PABLO%20BERRIOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Bosland, P. y Votava, E. (2012). Peppers: vegetable and spice Capsicums. 2nd edition. London, United Kingdom, CABI. 230 p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Peppers.html?id=5AWTPZeFL8QC&redir_esc=y
- Brady, N. y Weil, L. (2016). La naturaleza y propiedades de los suelos. Mac Millan publishing company. New York. United States of America. Fifteenth edition. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition
- Cantarero, R. y Martínez, O. (2002). Evaluación de tres tipos de fertilizantes (Gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), variedad NB-6. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <https://repositorio.cnu.edu.ni/index.php/Record/RepoUNA1853>
- Casas, S. y Guerra, L. (2020). La gallinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización. Rev. prod. Anim., 32 (3). Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v32n3/2224-7920-rpa-32-03-87.pdf>
- Castillo, A. (2019). Evaluación agronómica de ajíes promisorios de la colección de germoplasma de Capsicum del programa de hortalizas de la UNALM. Tesis de pregrado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía, Lima, Perú, 69 p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3896/castillo-caceres-alesandra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cheng, S. (1989). The use of Capsicum chinense as sweet pepper cultivars and source for gene transfer. En: Tomato and Pepper production in the tropics. International Symposium on Integrated Management Practices, Tainan, Taiwan. 55-62. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Tomato_and_Pepper_Production_in_the_Trop.html?id=cDgjAQAAMAAJ&redir_esc=y
- Estrada, M. y Peralta, J. (2004). Evaluación de dos tipos de fertilizantes orgánicos (gallinaza y estiércol vacuno) y un mineral en el crecimiento y rendimientos del cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad DOR-364, postrera 2001. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1149846?show=full>

- Estrada, M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación* Vol. 2, No.1: 43-48. Corporación Universitaria Lasallista. Antioquía, Colombia. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>
- FAO. (2002). *El Cultivo Protegido en Clima Mediterráneo*. Dirección de Producción y Protección Vegetal N°90. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 340 p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <https://www.fao.org/3/s8630s/s8630s.pdf>
- Gómez, A. (2018). Solución nutritiva de biol a base de estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.) ovino (*Ovis aries*) y vacuno (*Bos taurus*) en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Puno. Título de grado, Universidad Nacional del Altiplano. Repositorio Institucional. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <https://1library.co/document/ynmpnkz-solucion-nutritiva-estiercol-porcellus-produccion-hidroponico-hordeum-vulgare.html>
- Gros, A. y Domínguez, A. (1992). *Abonos, Guía práctica de la fertilización*. 8va edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450 p.
- Guamán, V. (2010). Evaluación de tres fuentes orgánicas (ovinos, cuy y gallinaza) en dos híbridos de cebolla (*Allium cepa*). Tesis Ing. Agrónomo. Cotopaxi, Ecuador. Universidad Técnica de Cotopaxi. 83 p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/957/1/T-UTC-1253.pdf>
- Guerrero, J. (1993). *Abonos orgánicos, tecnología para el manejo ecológico de los suelos*. Editorial Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos. Lima, Perú. 90p.
- INIA. (2001). *Cultivo de Pimiento en el valle de Chancay – Huaral*. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie Folleto R.I. N°6. 21p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/919>.
- INIA. (2009). *Manejo técnico del cultivo de Ají Páprika*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Serie Manual N°1-09. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/748/1/Nicho-Manejo_t%c3%a9cnico_del_cultivo_aj%c3%ad_P%c3%a1prika.pdf
- INIA. (2010). *Cultivo de Ají Páprika*. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie Folleto R.I. N°6. 20p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/167>
- López-Gómez, J.; Villegas-Torres, O.; Sotelo, H.; Andrade, M.; Juárez, P. y Martínez, E. (2017). Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen nutrimental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8 (8): 1747-1758.

Consultado 20 mar. 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322076850_Rendimiento_y_calidad_del_chile_habanero_Capsicum_chinense_Jacq_por_efecto_del_regimen_nutritional

- Lozano, M. (2016). Efecto de cuatro dosis de materia orgánica (gallinaza) en el cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum* L.) variedad California Wonder, en el distrito de Lamas. Tesis para optar por el título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto. Consultado 20 mar. 2022. Disponible en: https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/601/1/TFCA_137.pdf
- Mamani, D. (2010). Efecto de diferentes sustratos en la producción de plantines de dos especies de ají (Var. Escabeche *Capsicum baccatum*, Var. Panca *Capsicum chinense*) bajo condiciones de Invernadero en el Valle de Ite. Tesis para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna. 108p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/536/TG0408.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Manayay, J. (2004). Fuentes y niveles de material orgánico en el rendimiento de Col china (*Brassica sinensis* L.) variedad 'Chinense Wong Bock' en Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de Selva. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/47/AGR-491.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, A. (2015). Requerimientos nutricionales del ají *Capsicum annuum* L. y su relación con rendimiento bajo condiciones ambientales de Palmira, Valle del Cauca. Tesis para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias, Línea de investigación en Suelos. Universidad Nacional de Colombia. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/53873/1116233280.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Meléndez, G. (2003). Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. En: Taller de Abonos orgánicos. Proyecto NOS del CATIE/GTZ, Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos Agropecuarios No Sintéticos. Costa Rica. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf>
- MIDAGRI. (2018). Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2018. Ministerio de Agricultura y Riego, Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/>

document/file/2803225/Compendio%20del%20anuario%20%22PRODUCCI%C3%93
N%20AGR%C3%8DCOLA%22%202018.pdf

- Molina, A. (2012). Producción de abono orgánico con estiércol de cuy. Consultado 20 mar. 2022. Disponible en: <https://prezi.com/fag-scdj7tds/produccion-de-abono-organico-con-estiercol-de-cuy/>
- Montaño, N. (2000). Efecto de la edad de trasplante sobre el rendimiento de tres elecciones de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Bioagro* 12 (2): 55-59. Consultado 20 mar. 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/857/85712204.pdf>
- Moreno, E.; Mora, R.; Sánchez, F. y García, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, Vol. XVII, Edición Especial 2: 5-18. Consultado 20 mar. 2022. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v17nspe2/v17nspe2a2.pdf>
- Mozombite, J. (2012). Efecto de Diferentes Niveles de Aplicación Orgánica (Humus de Lombriz) en la Producción de Ají Charapita (*Capsicum frutescens*) en un suelo Ultisol de Pucallpa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Pucallpa, Perú. Consultado 20 mar. 2022. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/1869>
- Navarro, S. y Navarro, G. (2003). *Química agrícola: el suelo y los elementos químicos*. 2da Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid- España. 487 p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Qu%C3%ADmica_agr%C3%ADcola_el_suelo_y_los_elementos.html?id=G3ixH8ALMpcC&redir_esc=y
- Nuez, F.; Gil, R. y Costa, J. (1996). *El cultivo de pimientos, chiles y ajíes*. Ediciones Mundi-Prensa Madrid-España. 607p.
- Orozco-Orozco, L. y López-Fernández, J. (2021). Efecto de las podas sobre el rendimiento de *Capsicum annum* L. bajo dos ambientes. *Agronomía Mesoamericana* 33 (1): Artículo 44253. Consultado 20 mar. 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/355074738_Efecto_de_las_podas_sobre_el_rendimiento_de_Capsicum_annum_L_bajo_dos_ambientes
- Pantoja, R. (2014). Evaluación de diferentes dosis de abonos orgánicos de origen animal en el comportamiento agronómico, del cultivo de brócoli en la zona de Huaca, Provincia del Carchi. Universidad Técnica de Babahoyo. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/691>
- Paulino, J. (2013). Producción de Chile habanero (*Capsicum chinense* J.) bajo condiciones de campo en la Comarca Lagunera. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en

- Irrigación. División de carreras Agronómicas, Universidad Autónoma Agraria “Antonio narro”. 76p.
- Porta, J.; López, A. y Roquero, C. (2003) Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ra Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 960 p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/427770900/Edafologia-Para-La-Agricultura-y-El-Medio-Ambiente-3ra-Ed-Jaime-P-Casanellas>
- Programa de Hortalizas. (2012). El punto del ají. Investigaciones en Capsicum nativos, Números 1 y 2. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/webdocs/PUNTO%20DE%20AJI%20.pdf>
- Ríos, M. (2013). Niveles de abonamiento con Gallinaza en Ají dulce variedad criollo (*Capsicum annum*) cultivados en Iquitos. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos-Perú. 72 p. Consultado 20 mar. 2022. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/1848/T-631.86-R63.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Riva, R. (2019). Manual del cultivo de Ají Charapita (*Capsicum frutescens* L.). Primera Edición. Universidad Nacional de Ucayali. 66p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4008/UNU_AGRONOMIA_2019_L_RITARIVARUIZ.pdf?sequence=1
- Salazar-Jara, F. y Juárez-López, P. (2013). Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annum* L.). Universidad Autónoma de Nayarit, México. Revista Bio Ciencias 2 (2): 27-34. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/724/1/Requerimiento%20%20macronutricional%20en%20plantas%20de%20chile%20%28Capsicum%20annuum%20L.%29.pdf>
- Sánchez, F.; Moreno-Pérez, E.; Reséndiz-Melgar, C.; Colinas-León, M. y Rodríguez, E. (2017). Producción de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) en ciclos cortos. Agrociencia 51: 437-446. Consultado 20 mar. 2022. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n4/1405-3195-agro-51-04-00437-en.pdf>
- Suquilanda, M. (2006). Agricultura orgánica: Alternativa del futuro. Quito, Ecuador, UPS FUNDAGR. Abya Yala, Fundación para el Desarrollo Agropecuario, Tercera edición. 654 p.
- Tisdale, S. y Nelson, W. (1991). Fertilidad de los suelos y fertilizantes. México. Editor México Limusa S.A, 1a Reimpresión. 760 p.

- Trujillo, A. (2001). Descripción varietal del chile habanero *Capsicum chinense* J. seminario de Chile Habanero. Memorias. Fundación produce Yucatán, SAGRAPA, INIFAP. Mérida, Yucatán, Pp: 10-16.
- Tun, J. (2001). Chile habanero: Característica y tecnología de producción. Inifap, SAGARPA. Yucatán, México. 74 p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Chile_habanero.html?id=V0yIYgEACAAJ&redir_esc=y
- Ugás, R.; Siura, S.; Delgado de la Flor, F.; Casas, A. y Toledo, J. (2000). Datos básicos de hortalizas. Programa de Hortalizas, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 202p. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Datosbasicos.html>
- Ugás, R. y Mendoza, V. (2012). Producción orgánica de ajíes. En: Ugás, R. y Mendoza, V. (eds.) El punto de ají (p. 16-23). Lima, Programa de Hortalizas-UNALM. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/webdocs/PUNTO%20DE%20AJI%20.pdf>
- Vela, A. (2013). Niveles de lombricompost y concentraciones de biol, en las características agronómicas y rendimiento de *Capsicum sp.* “Motelito”. Distrito de San Juan Bautista, Loreto. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 75 p. Consultado 20 mar. 2022. Disponible en: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3382/Ayrton_Tesis_Titulo_2013.pdf
- Yar, P. (2013). Determinación del rendimiento del grano, en la reintroducción de cuatro variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Mediante la aplicación de la abonadura orgánica en la zona Pimampiro provincia de Imbabura. Obtenido de Tesis de Grado. Consultado 05 feb. 2022. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/272/6/T-UTB-FACIAG-AGR-000065.pdf>

ANEXOS

Tabla 32. Datos de la evaluación de altura de las plantas de ají limo (cm), a 120 días después del trasplante.

Trat./Bloq.	BI	BII	BIII	BIV	Promedio
T ₁	92,68	75,80	76,25	64,05	77,19
T ₂	128,25	121,05	111,58	124,83	121,43
T ₃	140,53	127,75	110,95	134,13	128,34
T ₄	139,30	137,28	136,08	145,08	139,43
T ₅	121,95	120,13	111,80	108,50	115,59
T ₆	130,28	139,80	130,30	136,75	134,28
T ₇	138,08	136,33	146,05	131,08	137,88

Tabla 33. Datos de la evaluación de diámetro de tallos de plantas de ají limo (cm), a 120 días después del trasplante.

Trat./Bloq.	BI	BII	BIII	BIV	Promedio
T ₁	1,94	1,39	1,72	1,34	1,60
T ₂	2,78	2,45	2,92	2,48	2,66
T ₃	3,31	2,78	2,28	2,73	2,77
T ₄	2,50	2,52	3,16	2,84	2,75
T ₅	2,76	2,48	2,30	2,31	2,46
T ₆	2,58	2,54	2,64	2,77	2,63
T ₇	3,26	2,63	2,59	2,71	2,80

Tabla 34. Datos de la evaluación de volumen radicular de las plantas de ají limo (cm³), al final del experimento.

Trat./Bloq.	BI	BII	BIII	BIV	Promedio
T ₁	63,75	62,50	60,00	60,00	61,56
T ₂	120,00	115,00	112,50	102,50	112,50
T ₃	195,00	192,50	187,50	185,00	190,00
T ₄	190,00	192,50	190,00	175,00	186,88
T ₅	125,00	117,50	115,00	110,00	116,88
T ₆	142,50	135,00	132,50	125,00	133,75
T ₇	195,00	182,50	182,50	165,00	181,25

Tabla 35. Datos de la evaluación del área foliar de las plantas de ají limo (cm²), al final del experimento.

Trat./Bloq.	BI	BII	BIII	BIV	Promedio
T ₁	1642,74	1486,24	1293,70	1032,65	1363,83
T ₂	4260,79	4062,53	3892,34	3650,45	3966,52
T ₃	7142,60	6332,46	5485,92	4619,10	5895,02
T ₄	9683,14	8851,35	7991,44	7028,25	8388,54
T ₅	3412,78	3274,27	3146,05	2958,33	3197,86
T ₆	6218,23	5612,90	4998,19	4302,53	5282,96
T ₇	9131,34	8394,61	7644,83	6795,29	7991,51

Tabla 36. Datos de la evaluación de materia seca de las plantas de ají limo (g), al final del experimento.

Trat./Bloq.	BI	BII	BIII	BIV	Promedio
T ₁	107,50	96,00	92,25	62,25	89,50
T ₂	362,25	376,00	343,00	326,75	352,00
T ₃	523,50	511,75	499,75	500,50	508,88
T ₄	659,25	620,00	600,00	559,50	609,69
T ₅	281,75	262,50	253,50	232,75	257,63
T ₆	550,25	498,75	483,25	450,25	495,63
T ₇	699,00	612,75	572,75	438,25	580,69

Tabla 37. Datos de la evaluación del número de frutos cosechados/planta de ají limo, en tres cosechas realizadas.

Trat./Bloq.	BI	BII	BIII	BIV	Promedio
T ₁	60,75	44,75	73,00	32,25	52,69
T ₂	216,75	165,50	172,50	164,75	179,88
T ₃	212,25	173,75	143,25	178,25	176,88
T ₄	151,75	146,75	224,00	125,50	162,00
T ₅	182,25	197,25	116,75	123,25	154,88
T ₆	169,75	197,50	165,50	151,50	171,06
T ₇	205,00	150,25	153,25	148,00	164,13

Tabla 38. Datos de la evaluación del peso de frutos cosechados/planta de ají limo (g), en tres cosechas realizadas.

Trat./Bloq.	BI	BII	BIII	BIV	Promedio
T ₁	553,25	455,00	784,25	314,50	526,75
T ₂	2680,50	2260,50	2058,50	1870,25	2217,44
T ₃	2737,25	2127,50	1881,25	2348,50	2273,63
T ₄	1916,75	1844,25	2102,25	2136,50	1999,94
T ₅	2602,00	2297,50	1584,50	1713,00	2049,25
T ₆	1948,00	2465,75	1846,00	2044,75	2076,13
T ₇	2699,50	2021,50	1924,00	2004,00	2162,25

Tabla 39. Datos de la evaluación de macrofauna (número de lombrices de tierra), al final del experimento.

Trat./Bloq.	BI	BII	BIII	BIV	Promedio
T ₁	32	27	29	26	29
T ₂	60	54	56	50	55
T ₃	96	105	97	89	97
T ₄	173	163	167	156	165
T ₅	39	40	36	37	38
T ₆	82	77	73	70	76
T ₇	184	176	172	174	177

Tabla 40. Datos de la evaluación de la capacidad de infiltración del suelo (mm/h), al final del experimento.

Trat./Bloq.	BI	BII	BIII	BIV	Promedio
T ₁	95,22	93,51	92,74	90,61	93,02
T ₂	349,53	347,74	345,85	342,90	346,51
T ₃	564,41	566,11	562,93	561,59	563,76
T ₄	389,44	391,34	388,76	385,57	388,78
T ₅	73,12	71,98	69,68	67,33	70,53
T ₆	240,36	237,57	236,28	233,75	236,99
T ₇	146,71	147,63	145,56	143,48	145,85

Tabla 41. Resumen de las enfermedades y plagas encontradas, el criterio de control según evaluación y el método empleado.

Enfermedad o plaga registrada	Criterio de control según evaluación (Umbral de acción*)	Método de control empleado
Chupadera (<i>Rhizoctonia sp.</i> , <i>Sclerotium sp.</i>)	6 plantas en vivero con síntomas (Incidencia = 1,34 %) y 4 en campo con síntomas (I = 0,89 %)	Se usó Parachupadera en aspersión sobre todas las plantas en el vivero y campo, de forma preventiva y al notar los primeros síntomas. Se empleó cada 15 días en vivero y durante el 1er mes de trasplante.
Marchitez (<i>Fusarium sp.</i>)	4 plantas en campo con síntomas (I = 0,89 %)	Se usaron Protexin y Amistar en aspersión de forma preventiva (desde el trasplante cada 30 días) y al notar los primeros síntomas, además de eliminar plantas muertas. Se desmalezó para reducir hospederos.
Manchas foliares (<i>Phytophthora sp.</i>)	6 a 8 plantas en campo con síntomas (I = 1,34 a 1,79 %)	Se usó Ridomil en aspersión de forma preventiva (desde el trasplante cada 30 días) y al notar los primeros síntomas. Se desmalezó para reducir hospederos.
Antracnosis (<i>Colletotrichum sp.</i>)	6 plantas en campo con al menos un fruto con síntomas (I = 1,34 %)	Se usó Amistar en aspersión de forma preventiva (desde el trasplante cada 30 días) y al notar los primeros síntomas en frutos, removiéndolos. Se desmalezó para reducir hospederos.
Gusanos cortadores (<i>Agrotis sp.</i> , <i>Feltia sp.</i>) y grillos	6 plantas cortadas en campo (I = 1,34 %)	Se usó Tifón en polvo en el hoyo del trasplante, al contorno y ligeramente sobre la planta, de forma preventiva y al notar plantas dañadas. Se desmalezó para reducir hospederos.
<i>Diabrotica sp.</i>	6 plantas dañadas en campo (I = 1,34 %)	Se usó Stermin en aspersión al notar follaje dañado, para reducir la población y disuadir la alimentación de los adultos. Se desmalezó para reducir hospederos.
Gusano cachudo (<i>Manduca sp.</i>)	4 a 6 plantas con la plaga presente en campo (I = 0,89 a 1,34 %)	Se usó Stermin en aspersión al notar la plaga presente, para eliminar las larvas además de disuadir su alimentación y las posturas de los adultos. Se desmalezó para reducir hospederos.
Hormiga coquí (<i>Atta sp.</i>)	8 plantas dañadas o con la plaga presente en campo (I = 1,79 %)	Se usó Tifón en polvo al contorno y ligeramente sobre la planta, de forma preventiva y al notar plantas dañadas, además de los caminos y entradas de nidos de hormigas.

*Se considero el Umbral de acción según la Incidencia, la que estuvo en función del total de plantas del experimento (448 plantas)



Figura 12. Pesado de las fuentes de materia orgánica (Estiércoles) según tratamientos.



Figura 13. Aplicación de las fuentes de materia orgánica (Estiércoles) según tratamientos.



Figura 14. a. Plántulas de ají limo a 12 días de la germinación; b. Plántulas a 27 días de la germinación; c. Plántulas repicadas a 50 días de la germinación.



Figura 15. Instalación o trasplante de las plántulas de ají limo en campo definitivo a 60 días de la germinación aproximadamente.



Figura 16. Campo experimental con el cultivo de ají limo en crecimiento a 30 días después del trasplante o 90 días tras la germinación aproximadamente.



Figura 17. Campo experimental con el cultivo de ají limo en fructificación.



Figura 18. Cosecha por separado de las plantas netas de los tratamientos en estudio.



Figura 19. Secado de las plantas de ají limo en estufa para obtener peso seco.



Figura 20. Visita de los miembros del jurado de tesis al campo experimental.

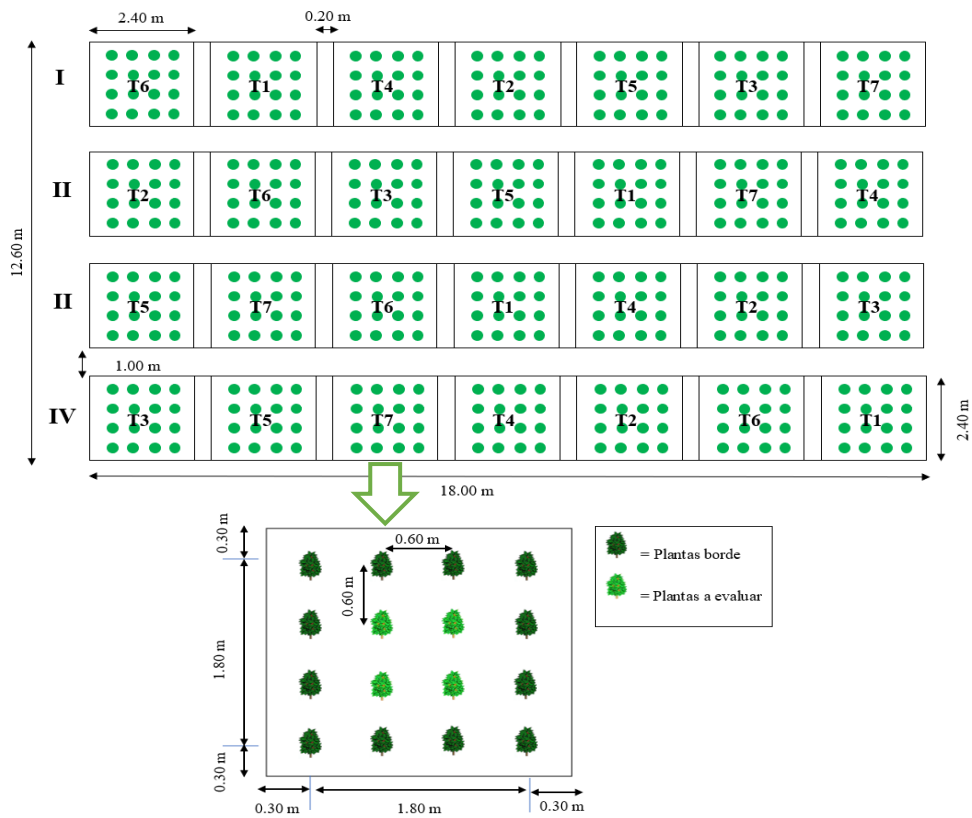


Figura 21. Croquis del campo experimental y detalle de la parcela.

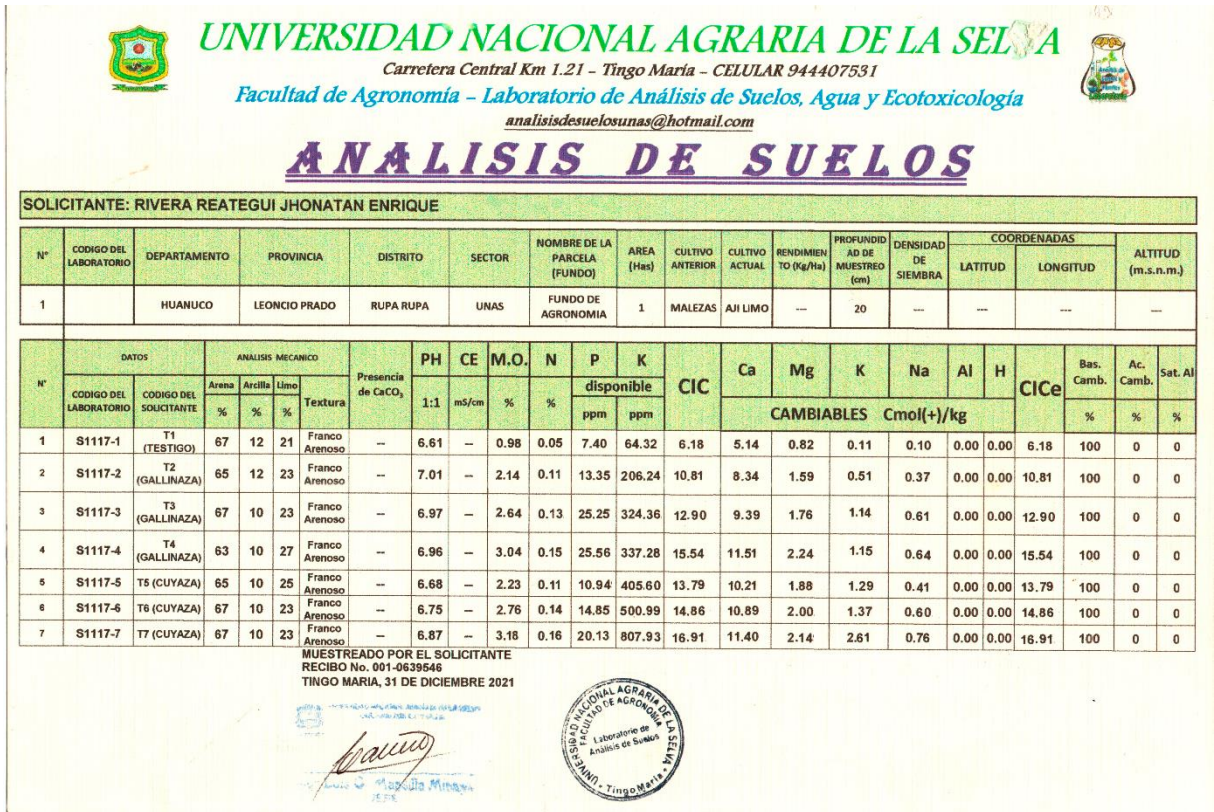


Figura 22. Análisis físico químico de los tratamientos al final del experimento.

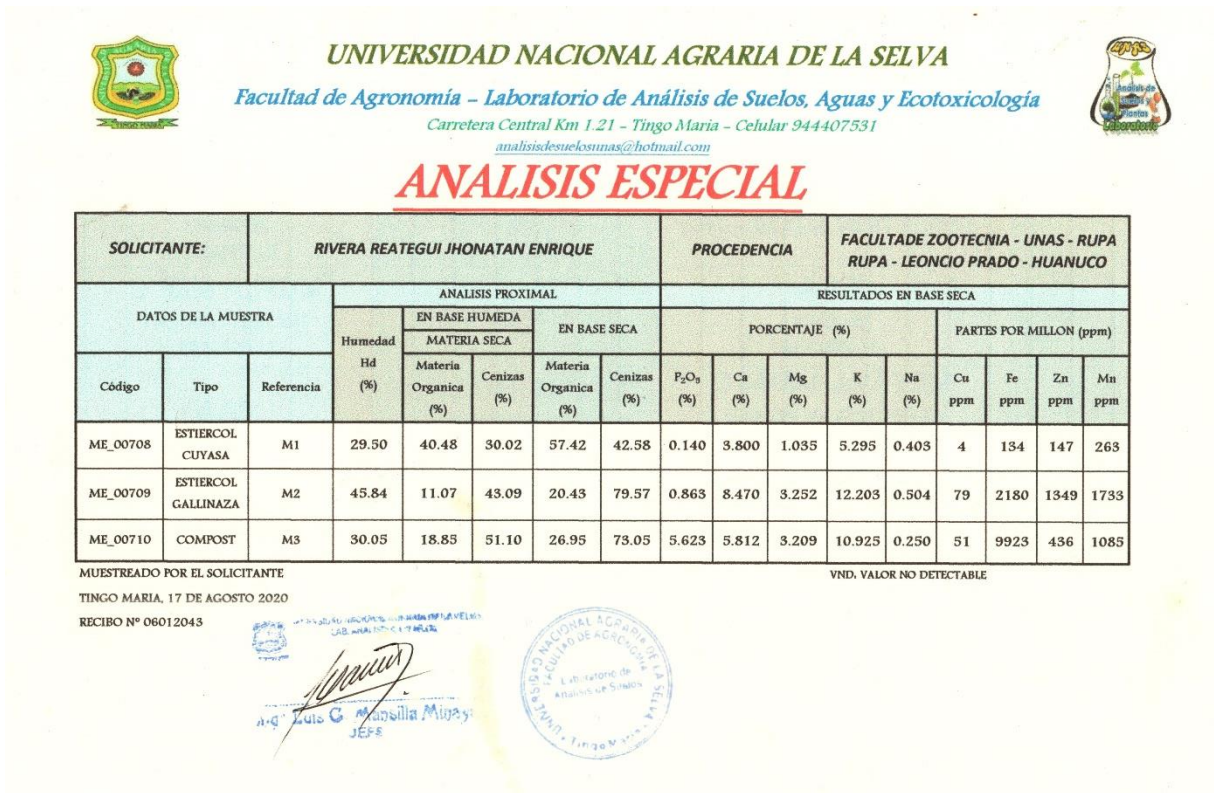


Figura 23. Análisis especial de los estiércoles empleados como fuente de materia orgánica.

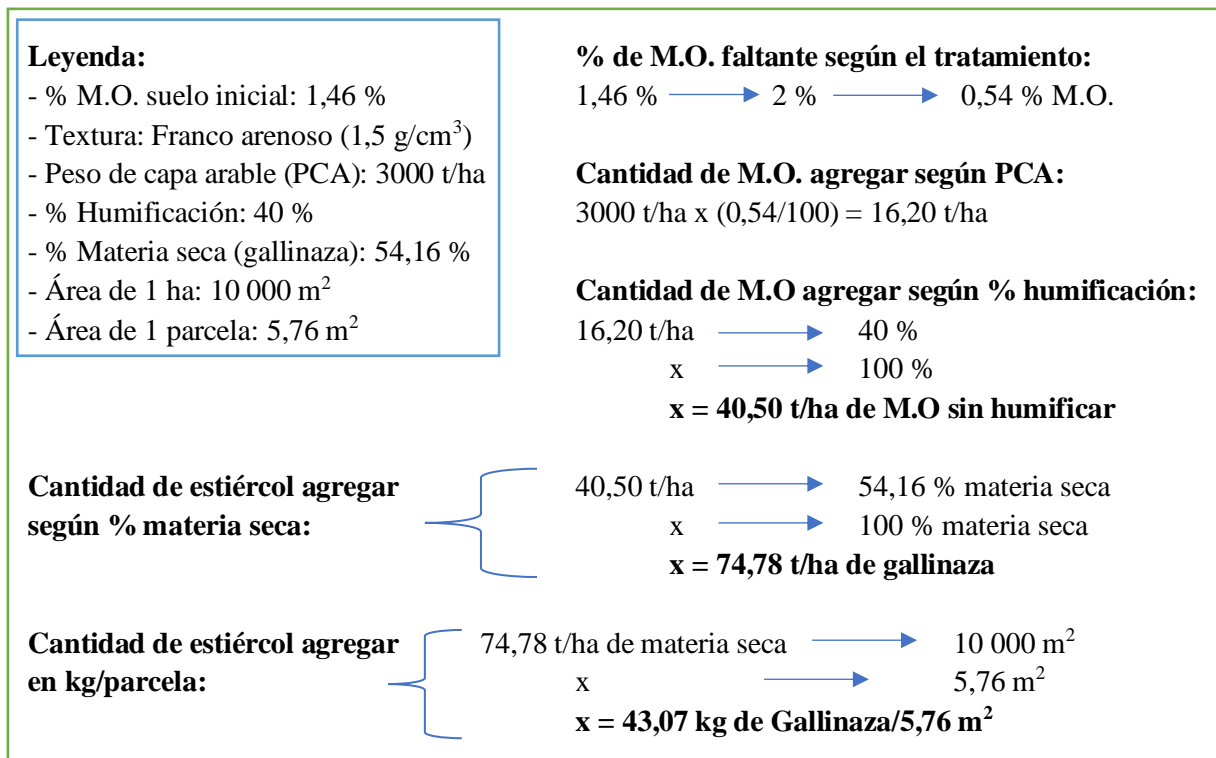


Figura 24. Cálculo de la cantidad de estiércol para 2 % de M.O de la fuente Gallinaza.

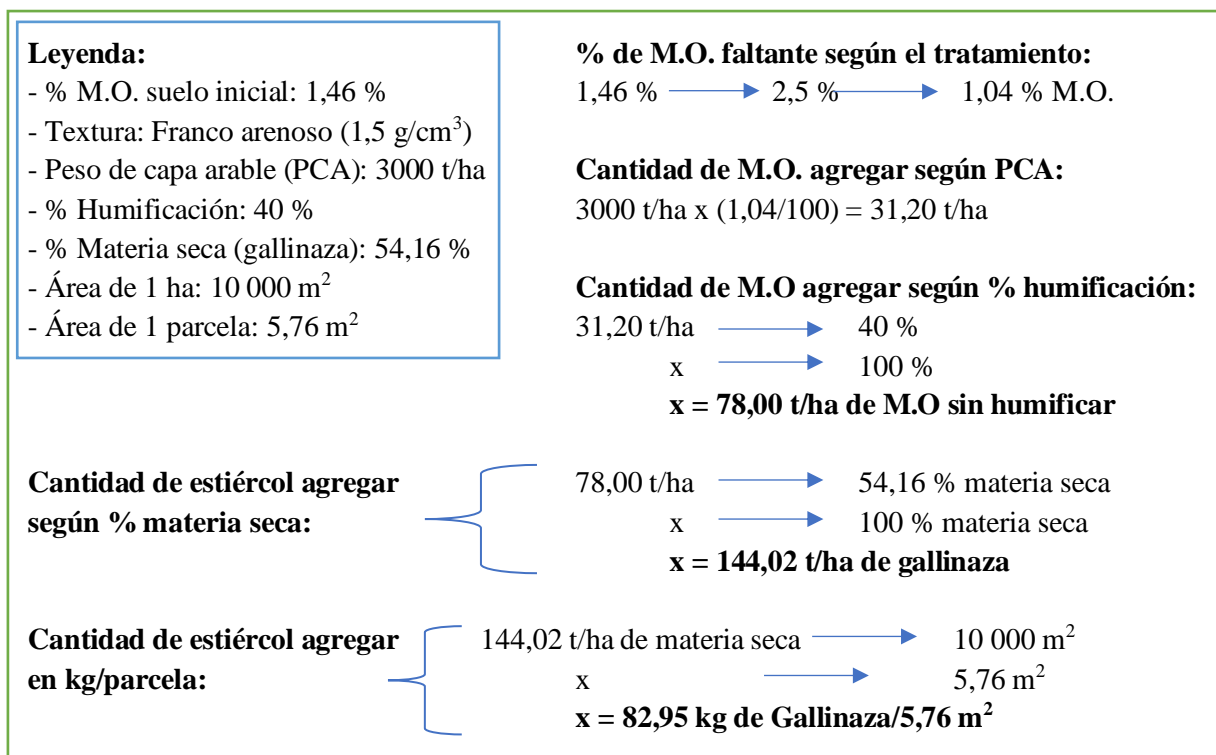


Figura 25. Cálculo de la cantidad de estiércol para 2,5 % de M.O de la fuente Gallinaza.

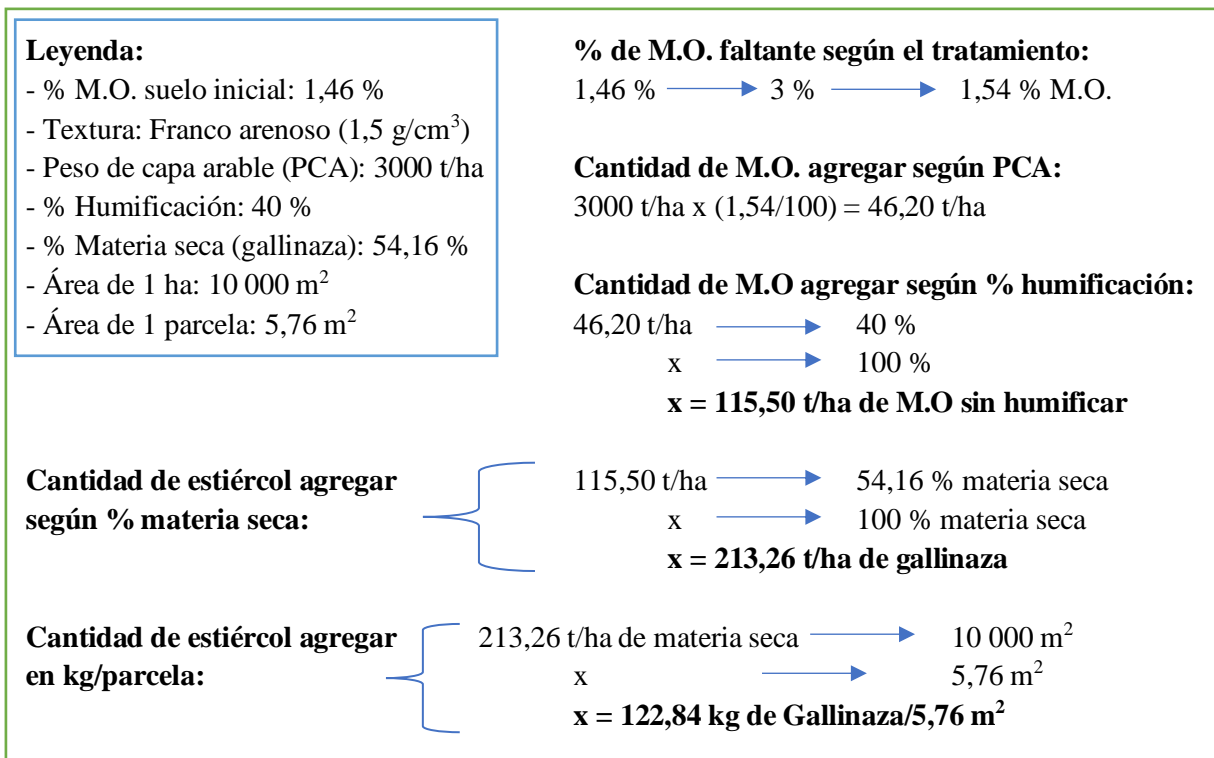


Figura 26. Cálculo de la cantidad de estiércol para 3 % de M.O. de la fuente Gallinaza.

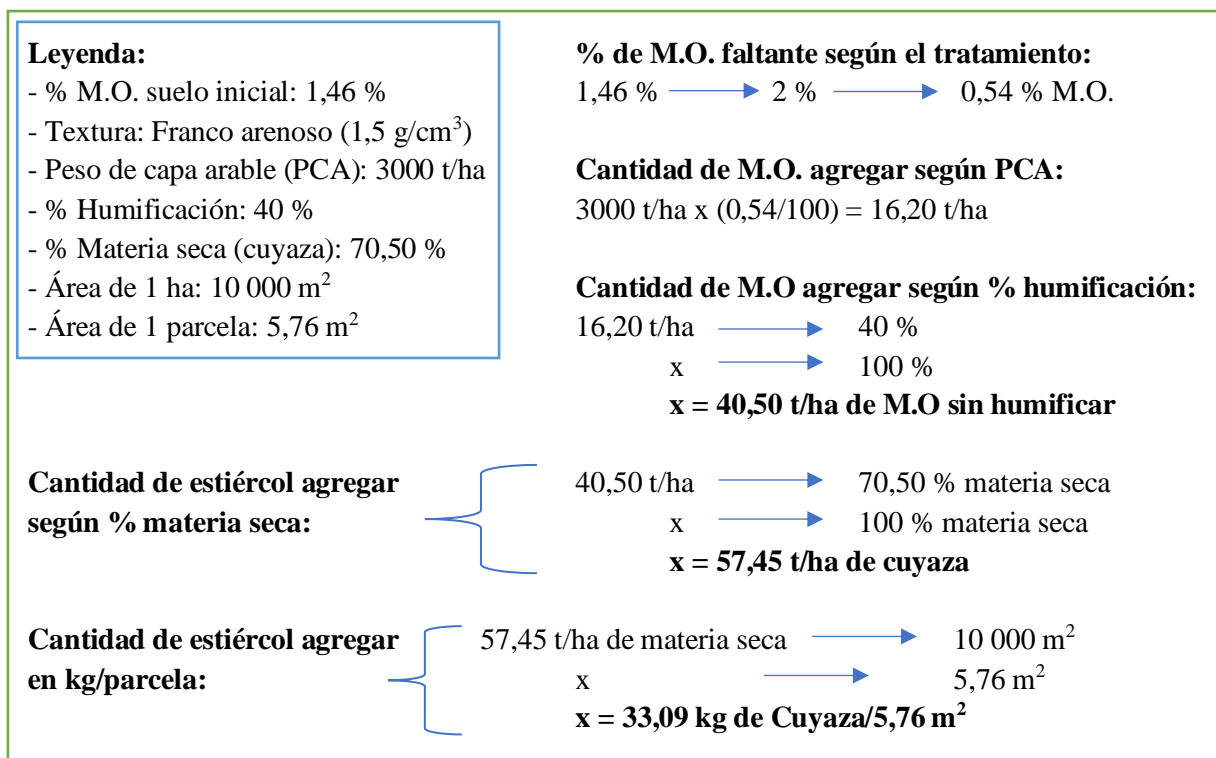


Figura 27. Cálculo de la cantidad de estiércol para 2 % de M.O. de la fuente Cuyaza.

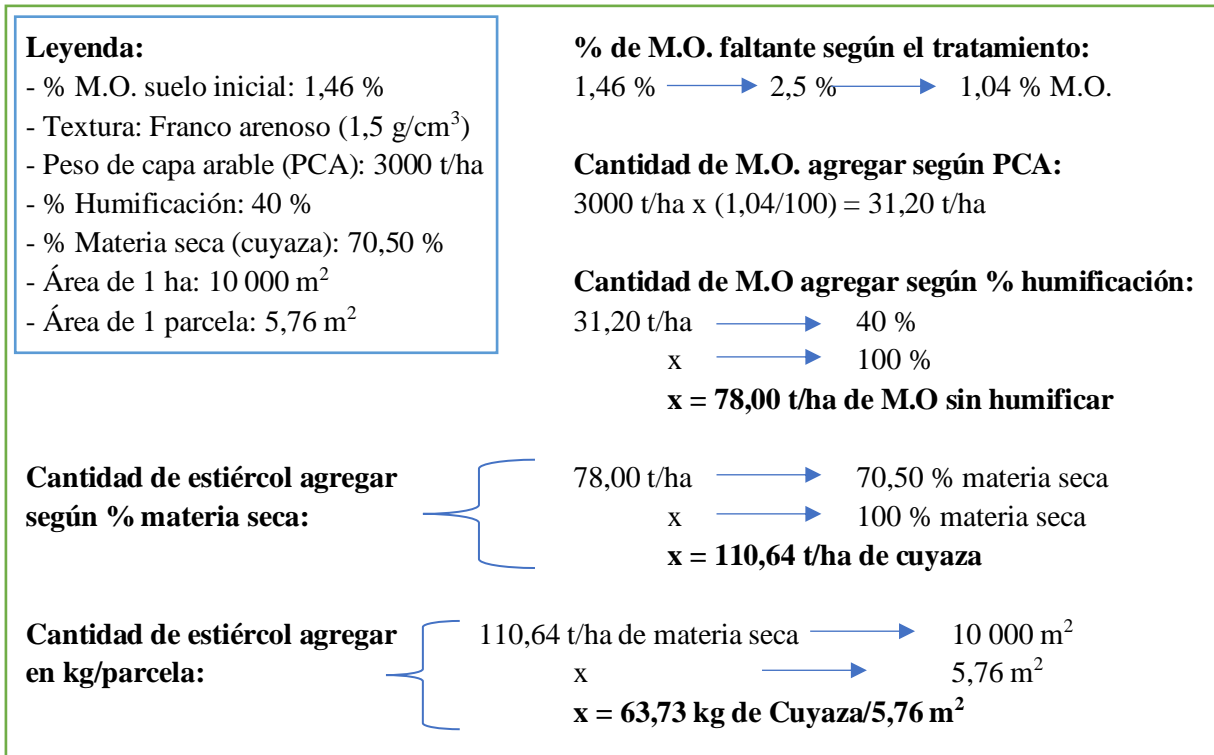


Figura 28. Cálculo de la cantidad de estiércol para 2,5 % de M.O de la fuente Cuyaza.

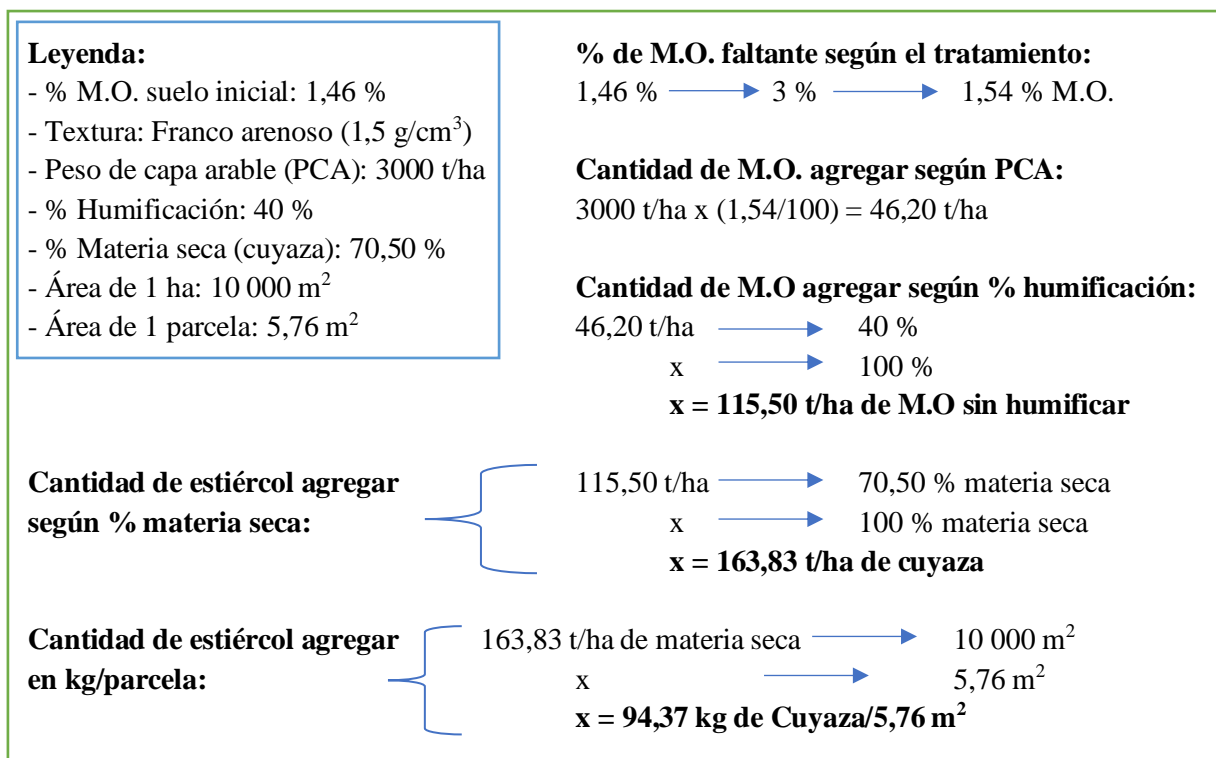


Figura 29. Cálculo de la cantidad de estiércol para 3 % de M.O de la fuente Cuyaza.