

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**INFLUENCIA DE ABONOS ORGÁNICOS ENRIQUECIDOS CON
MICROORGANISMOS EFICACES EN EL RENDIMIENTO DE
CEBOLLA ROJA (*Allium cepa* L.) VAR. ILABAYA**

TESIS

Presentada por:

Bach. RUBÉN JUSTO MAMANI LIMA

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA-PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

INFLUENCIA DE ABONOS ORGÁNICOS ENRIQUECIDOS CON MICROORGANISMOS EFICACES EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA ROJA (*Allium cepa* L.) VAR. ILABAYA

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 24 DE AGOSTO DE 2023, SIENDO
EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

SECRETARIO:



Dra. NELLY ARÉVALO SOLSOL

VOCAL:



MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

ASESOR:



MSc. NIVARDO NUÑEZ TORREBLANCA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Nivardo Núñez Torreblanca, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 5204-18-FCAG de la tesis de investigación titulada: **INFLUENCIA DE ABONOS ORGÁNICOS ENRIQUECIDOS CON MICROORGANISMOS EFICACES EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA ROJA (*Allium cepa* L.) VAR. ILABAYA**". Presentado por el Bachiller **Rubén Justo Mamani Lima**, para optar el título de **Ingeniero Agrónomo**. Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual Turnitin, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 10% Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional. Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título.



Nivardo Núñez Torreblanca

DNI: 01248854

DEDICATORIA

A Dios padre todopoderoso, le expreso mi profunda adoración por la salud y el bienestar que me ha brindado, reconociendo especialmente sus bendiciones y la guía constante que ha dirigido mis pasos hacia el logro de mis metas más importantes en la vida.

A mis padres, quiero dedicarles un reconocimiento más profundo y sincero por su inquebrantable cuidado y apoyo a lo largo de mi trayectoria. Su apoyo incondicional ha sido fundamental en mi camino, permitiéndome no solo alcanzar metas concretas, sino también crecer como individuo. En cada paso que he dado, su presencia ha sido un faro constante, iluminando el camino y brindándome la fortaleza necesaria para enfrentar los desafíos y celebrar los triunfos.

AGRADECIMIENTO

Quiero hacer un profundo reconocimiento a mi casa de estudios, la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por acogerme durante cinco años de formación académica y profesional. Expreso mi reconocimiento a los catedráticos de la Escuela de Agronomía, quienes con su esfuerzo, tolerancia y apoyo fueron esenciales para mi aprendizaje y el logro exitoso de mis estudios.

Extendiendo mi gratitud, quiero reconocer al MSc. Nivardo Núñez Torreblanca por su asesoría y colaboración en la formulación, elaboración y ejecución de mi tesis de investigación.

A mis padres, hermanos y amigos, les agradezco su apoyo absoluto durante la elaboración y ejecución de esta tesis. Su respaldo ha sido un pilar fundamental, y estoy eternamente agradecido por la constante motivación y aliento que me han brindado en esta travesía académica.

CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	18
1.1. Planteamiento del problema	18
1.2. Formulación del problema	19
1.2.1. Problema general.....	19

1.2.2. Problema específico.....	19
1.3. Justificación	20
CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS	22
2.1. Objetivos de la investigación	22
2.1.1. Objetivo general	22
2.1.2. Objetivo específico	22
2.2. Hipótesis de la investigación.....	23
2.2.1. Hipótesis general	23
2.2.2. Hipótesis específicas	23
2.3. Variables.....	23
2.3.1. Variables independientes (X).	23
2.3.2. Variable dependiente (Y).....	23
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO	24
3.1. Antecedentes.....	24
3.2. Microorganismos eficaces (EM-1)	28
3.2.1. Definición	28
3.2.2. Microorganismos presentes del EM-1	30

3.2.3. Modo de acción de los microorganismos eficaces	31
3.1.4. Microorganismos eficaces activados (EMa)	32
3.2.5. Aplicaciones de los microorganismos eficaces	33
3.2.5.1 Aplicaciones en la agricultura	33
3.1.5.3 Aplicaciones en el tratamiento de los residuos sólidos.....	35
3.1.5.4 Aplicaciones en abonos orgánicos	36
3.2. Cultivo de cebolla	37
3.2.1. Taxonomía	37
3.2.2. Morfología	38
3.2.3. La bulbificación	39
3.2.4. Etapas fenológicas	40
3.2.5 Factores edafoclimáticos.....	40
3.2.6. Fertilización	41
3.2.7. Etapas de desarrollo de la cebolla	41
3.2.8. Maduración del bulbo	43
3.2.9. Índice de cosecha	43
3.3. Abonos orgánicos	44
3.3.1. Importancia en la agricultura	46
3.3.2. Humus de lombriz	48
3.3.2.1. Ventajas de su utilización	49

3.3.2.2. Composición del humus de lombriz	49
3.3.2.3. Aplicación del humus de lombriz a las plantas	50
3.3.3. El compost	51
3.3.3.1. Uso del compost.....	51
3.3.3.2. Ventajas del compost	51
3.3.3.3. Desventajas del compost.....	52
3.3.3.4. Composición del compost.....	52
3.3.3.5. Aplicación del compost	53
3.3.4. Estiércol	53
CAPÍTULO IV MATERIALES Y MÉTODOS	58
4.1. Lugar de estudio	58
4.2. Ubicación política y geográfica	58
4.3 Antecedentes del campo experimental	58
4.4. Análisis del suelo del campo experimental	59
4.5. Análisis Físico – Químico de los abonos orgánicos.....	59
4.5. Condiciones meteorológicas.....	61
4.5.1. Temperatura.....	61
4.5.2. Humedad relativa	63

4.6. Material experimental	64
4.6.1. Material biológico	64
4.6.2. Abonos orgánicos	64
4.5. Métodos	64
4.5.1. Tratamientos en estudio	64
4.5.2. Variables de respuesta	65
a. Altura de planta (cm)	65
b. Número de hojas por planta	66
c. Diámetro de pseudotallo (mm)	66
d. Diámetro polar de bulbo (mm)	66
e. Diámetro ecuatorial de bulbo (mm)	66
f. Peso unitario de bulbo (g)	67
g. Rendimiento por unidad experimental (kg)	67
h. Rendimiento total ($t\ ha^{-1}$)	67
4.5.3. Diseño experimental	67
4.6. Características del campo experimental	68
4.6.1. Parcela experimental	68
4.6.2. Bloque experimental	68
4.6.3. Unidad experimental (UE)	68
4.7. Aleatorización del campo experimental	69

4.8. Análisis estadístico	69
4.9. Instalación y manejo del experimento.....	70
4.9.1. Preparación del suelo.....	70
4.9.2 Abonamiento	70
4.9.2 Almacigo	70
4.9.3 Trasplante	71
4.9.5 Activación de los microorganismos eficaces (EM-1)	71
4.9.5 Inoculación de microorganismos eficaces.....	72
4.9.6 Control de malezas	72
4.9.7 Riego.....	73
4.9.8 Control fitosanitario	73
a) Plagas	73
4.9.9 Cosecha	73
CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
5.1. Altura de planta.....	75
5.2. Número de hojas por planta.....	77
5.3. Diámetro de pseudotallo (mm).....	80
5.4. Diámetro polar de bulbo (mm)	82

5.5. Diámetro ecuatorial del bulbo (mm).....	84
5.6. Peso unitario de bulbo (g).....	86
5.7. Rendimiento por unidad experimental	89
5.8. Rendimiento por hectárea (t ha ⁻¹)	91
CONCLUSIÓN.....	94
RECOMENDACIONES.....	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición fisicoquímica del humus de lombriz	49
Tabla 2. Composición biológica del humus de lombriz	50
Tabla 3. Contenido de N, P, K en el compost.....	52
Tabla 4. Cantidad de macronutrientes en diferentes tipos de estiércol.....	56
Tabla 5. Análisis del suelo del campo experimental	59
Tabla 6. Análisis fisicoquímico de los abonos orgánicos	60
Tabla 7. Datos meteorológicos registrados de octubre de 2019 a marzo de 2020.....	61
Tabla 8. Descripción de los tratamientos en estudio	65
Tabla 9. Análisis de varianza de altura de planta (cm)	75
Tabla 10. Análisis de varianza de número de hojas por planta	77
Tabla 11. Análisis de varianza de diámetro de pseudotallo (mm).....	80
Tabla 12. Análisis de varianza de diámetro polar de bulbo (mm)	82

Tabla 13. Análisis de varianza de diámetro ecuatorial de bulbo (mm)....	
.....	84
Tabla 14. Análisis de varianza de peso unitario de bulbo (g)	86
Tabla 15. Análisis de varianza de rendimiento por unidad experimental (kg)	89
Tabla 16. Análisis de varianza de rendimiento por hectárea (t ha ⁻¹).....	
.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas registradas durante la ejecución de la investigación desde octubre de 2019 a marzo de 2020.....	62
Figura 2. Humedad relativa mensual registrada de octubre de 2019 a marzo de 2020.....	63
Figura3. Aleatorización del campo experimental.....	69
Figura 4. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con Em sobre la altura de plantas de cebolla.....	76
Figura 5. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con Em sobre el número de hojas por planta de cebolla.....	78
Figura 6. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con Em sobre el diámetro de pseudotallo de planta de cebolla.....	81
Figura 7. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con Em sobre el diámetro polar del bulbo de cebolla.....	83

Figura 8. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con Em sobre el diámetro polar del bulbo de cebolla.....	85
Figura 9. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con Em sobre el peso unitario del bulbo de cebolla.....	87
Figura 10. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con Em sobre el rendimiento de cebolla por unidad experimental.....	90
Figura 11. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con Em sobre el rendimiento de cebolla por hectárea.....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis De Suelo Del Campo Experimental Cea III “Los Pichones”	104
Anexo 2. Datos Registrados De Las Variables En Estudio.....	105
Anexo3. Panel Fotográfico.....	113

RESUMEN

La presente tesis se realizó en el Centro Experimental Agrícola III "Los Pichones", Universidad Jorge Basadre Grohmann; con el objetivo de evaluar la influencia de diferentes tipos de abonos enriquecidos con microorganismos efectivos (EM-1) en el rendimiento de cebolla var. Ilabaya. Se aplicaron cuatro tipos de abonos orgánicos (estiércol, gallinaza, compost y humus) con EM-1 más un tratamiento testigo. Los tratamientos evaluados fueron t1 (control), t2 (gallinaza 10 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EMa), t3 (estiércol bovino 10 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EMa), t4 (compost 5 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EMa) y t5 (humus 5 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EMa), y se establecieron en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro réplicas. Los tratamientos t5, t4 y t2 obtuvieron los mejores rendimientos de cebolla, con 16,55, 15,86 y 15,78 t ha⁻¹, respectivamente. Estos rendimientos fueron significativamente superiores a los del testigo (t1) y t3, que obtuvieron 9,32 y 10,71 t ha⁻¹.

Palabras clave: rendimiento de bulbos, microorganismos activados, abonos orgánicos

ABSTRACT

This thesis was carried out at the Agricultural Experimental Center III "Los Pichones", Jorge Basadre Grohmann University, with the objective of evaluating the influence of different types of fertilizers enriched with effective microorganisms (EM-1) on the yield of llabaya onion. Four types of organic fertilizers (manure, poultry manure, compost and humus) were applied with EM-1 plus a control treatment. The treatments evaluated were t1 (control), t2 (chicken manure 10 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ of EMa), t3 (bovine manure 10 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ of EMa), t4 (compost 5 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ of EMa) and t5 (humus 5 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ of EMa), and were established in a randomized complete block experimental design with four replicates. Treatments t5, t4 and t2 obtained the best onion yields, with 16.55, 15.86 and 15.78 t ha⁻¹, respectively. These yields were significantly higher than those of the control (t1) and t3, which obtained 9.32 and 10.71 t ha⁻¹.

Key words: bulb yield, activated microorganisms, organic fertilizers.

INTRODUCCIÓN

La cebolla es una oleriza de gran relevancia tanto económica como nutricional a nivel mundial. Esta verdura destaca por ser una fuente abundante de vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes que contribuyen al bienestar humano. Además de sus beneficios nutricionales, la cebolla se caracteriza por ser un cultivo accesible en términos de costos y fácil de cultivar, lo que lo convierte en una opción atractiva para los agricultores.

A nivel global, la producción media de cebolla alcanza las 19 toneladas por hectárea, cubriendo un área cultivada de 5 millones de hectáreas. Los principales productores incluyen a China con 29,7 millones de toneladas, India con 15,9 millones, Estados Unidos con 5,7 millones, Egipto con 5,3 millones y Corea del Sur con 4,2 millones (Burgos & Mendoza, 2018).

En el contexto peruano, la cebolla muestra un rendimiento promedio de 39,576 toneladas por hectárea, abarcando una superficie cultivada de 21,568 hectáreas. Las regiones líderes en producción son Arequipa con 10,410 hectáreas, Ica con 1,829 hectáreas, La Libertad con 1,532 hectáreas, Lambayeque con 1,237 hectáreas y Tacna con 978 hectáreas (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2020). En Tacna, el rendimiento medio es de 32 t ha⁻¹. Siendo las zonas de mayor producción

Locumba, Ilabaya, Ite, Las Yaras, Inclán, La Yarada Los Palos, y en menor medida, las zonas altoandinas (Dirección de estadística agraria Tacna, 2020).

El cultivo de cebollas presenta varios desafíos, como la calidad del suelo, la disponibilidad de nutrimentos y los problemas fitosanitarios. Para tener una mayor producción y calidad de esta hortaliza, se han empleado diversos tipos de fertilizantes, siendo los orgánicos los más destacados.

Los abonos orgánicos, que se obtienen de materiales como el estiércol, el compost y los desechos agrícolas, brindan al suelo una rica fuente de nutrientes. Además, mejoran la estructura del suelo, mejoran la capacidad de retención de agua, nutrientes y pueden contener microorganismos beneficiosos que fortalecen la salud y la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades.

Esta investigación mejorará la calidad y el rendimiento de la cebolla roja 'Ilabaya', lo que tendrá un impacto positivo en la economía de los pequeños agricultores en las áreas de mayor producción.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

A pesar de la importancia económica y nutricional de la cebolla, el rendimiento se ve afectado por varios factores, como la calidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la incidencia de plagas. La agricultura también enfrenta problemas asociados al empleo de prácticas agrícolas convencionales, por ejemplo el uso excesivo de fertilizantes sintéticos y agroquímicos, que repercuten negativamente en la salud del suelo y la contaminación del ecosistema circundante (Luna & Mesa, 2016). Estos métodos convencionales también pueden reducir la biodiversidad microbiana del suelo, lo que afecta negativamente a la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Morocho & Leiva-Mora, 2019).

Sin embargo, la búsqueda de nuevas alternativas para reducir el uso indiscriminado de agroquímicos y la necesidad de aumentar la producción de cebolla roja "Ilabaya" mediante el uso de estiércoles, compost y humus enriquecidos con EM-1 está impulsada por la práctica de una agricultura sostenible y cuidadosa con el medio ambiente.

Por lo tanto, es crucial investigar la aplicación de estos fertilizantes orgánicos combinados con EM-1 en la producción de cebolla roja 'Ilabaya' para aumentar el rendimiento y mejorar la calidad de los bulbos. Los estudios previos han evaluado cómo los bioestimulantes orgánicos afectan la producción de cebolla, lo que confirma la importancia de esta investigación para ampliar nuestra comprensión del uso de varios tipos de fertilizantes orgánicos en la producción de cebolla.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué efecto tienen los abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces sobre el rendimiento de la cebolla roja (*Allium cepa* L.) var. Ilabaya?

1.2.2. Problema específico

¿Qué tipo de abono orgánico enriquecido con microorganismos eficaces mejora el crecimiento vegetativo y el rendimiento de la cebolla roja var. Ilabaya?

¿Qué tipo de abono orgánico enriquecido con microorganismos eficaces influye en el diámetro y peso del bulbo de la cebolla roja var. Ilabaya?

1.3. Justificación

A nivel mundial los pequeños agricultores dependen de la agricultura como una actividad económica importante para su seguridad alimentaria y subsistencia. Sin embargo, los métodos agrícolas convencionales suelen utilizar plaguicidas y fertilizantes químicos, que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente y para la salud de los consumidores. Además, debido a que provocan la degradación del suelo y la disminución de la resistencia a las plagas, estos métodos no son sostenibles en el tiempo.

En este contexto, se presenta como una opción sostenible y que reduce la contaminación ambiental, el uso de diferentes tipos de abonos enriquecidos con EM-1. Estas fuentes orgánicas mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que aumenta la productividad de los cultivos y reduce la dependencia de plaguicidas y fertilizantes químicos. Sin embargo, todavía hay mucho trabajo por hacer sobre el impacto de estas tecnologías sostenibles en la cebolla.

Sin embargo, su rendimiento se vio afectado en los últimos años a causa de factores ambientales y a las malas prácticas agrícolas. Por lo tanto, es necesario investigar métodos alternativos de cultivo que puedan mejorar el rendimiento y que sean sostenibles en el tiempo.

La propuesta de esta investigación es examinar cómo varios tipos de abonos orgánicos enriquecidos con EM-1 afectan la producción de cebolla roja var. Ilabaya. Los hallazgos de esta investigación serían útiles para agricultores, técnicos, asesores e investigadores. Además, ayudará en el desarrollo de prácticas agrícolas que sean más sostenibles y amigables con los ecosistemas agrícolas.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos de la investigación

2.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de los abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces sobre el rendimiento de la cebolla roja (*Allium cepa* L.) var. Ilabaya.

2.1.2. Objetivo específico

Comparar el efecto de diferentes tipos de abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces sobre el crecimiento vegetativo y el rendimiento de la cebolla roja var. Ilabaya.

Comparar el efecto de diferentes tipos de abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces sobre el diámetro y peso del bulbo de la cebolla roja var. Ilabaya.

2.2. Hipótesis de la investigación

2.2.1. Hipótesis general

Los abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces tienen un efecto positivo sobre el rendimiento de la cebolla roja (*Allium cepa* L.) var. Ilabaya.

2.2.2. Hipótesis específicas

Existe una diferencia significativa entre los tipos de abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces en cuanto al crecimiento vegetativo y el rendimiento de la cebolla roja var. Ilabaya.

Existe una diferencia significativa entre los tipos de abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces en cuanto al diámetro y peso del bulbo de la cebolla roja var. Ilabaya.

2.3. Variables

2.3.1. Variables independientes (X).

Tipos de abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces

2.3.2. Variable dependiente (Y).

Rendimiento de bulbos de cebolla ($t\ ha^{-1}$)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Quispe (2017) realizó un estudio sobre el efecto de distintos abonos orgánicos en la cebolla roja var. Ilabaya en el CEA III Los Pichones. Los abonos que evaluó fueron estiércol de vaca, oveja, gallinaza, compost y un testigo (sin abono). Para ello, empleó un diseño experimental DBCA, y analizó los datos mediante el análisis de varianza y la prueba de Duncan. Los resultados mostraron que la gallinaza y el estiércol fueron los abonos que más incrementaron el rendimiento, llegando a 39,78 t ha⁻¹ cada uno. Concluye que estos dos abonos orgánicos pueden ser alternativas viables para mejorar la producción de cebolla roja cv. Ilabaya.”

Hernandez (2014) realizó un estudio sobre el efecto de diferentes abonos orgánicos y fertilizantes químicos en el cultivo de cebolla cv. Sivan en Chao, provincia de Virú. Los abonos orgánicos que evaluó fueron humus de lombriz, kimelgran y un testigo sin abono. Los fertilizantes químicos que aplicó fueron nitrógeno, fósforo, potasio y boro. Para ello, empleó un diseño experimental de bloques completos al azar. Los resultados mostraron que

los tratamientos que combinaron humus de lombriz o kimmelgran con los fertilizantes químicos fueron los que más aumentaron el rendimiento, alcanzando 50,83 t ha⁻¹ cada uno. Además, estos tratamientos produjeron más hojas por planta y un mayor porcentaje de cebollas de primera calidad.

Rojas (2015) llevó a cabo un estudio para evaluar el efecto de diferentes dosis de gallinaza en la cebolla china (*Allium fistosum*) var. Roja Chiclayana en la provincia de Lamas, San Martín. El estudio se realizó con un diseño experimental DBCA, y los datos se analizaron mediante el análisis de varianza y la prueba de Duncan al 5% para determinar el mejor tratamiento. Los resultados indicaron que la dosis de 30 t de gallinaza/hectárea fue la que produjo el mayor rendimiento con 62,6 t ha⁻¹.

Núñez (2015) realizó un estudio sobre el efecto de distintos abonos orgánicos y niveles de fertilización en el cultivo de cebolla roja. Los abonos orgánicos que evaluó fueron lodos de cerveza, humus y estiércol bovino. Los niveles de fertilización que aplicó fueron el recomendado, el 25% más que el recomendado y el 25% menos que el recomendado. También incluyó un testigo sin abono ni fertilización. Para ello, empleó un diseño DBCA con arreglo factorial 3x3+1 con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que el tratamiento que combinó estiércol bovino con el 25% más de

fertilización fue el que produjo los mejores resultados en el diámetro ecuatorial, el peso del bulbo y el rendimiento de la cebolla roja

Quispe (2019) realizó un estudio sobre el efecto de diferentes bioestimulantes en la cebolla roja var. Ilabaya en el CEA III “Los Pichones”. Los bioestimulantes que evaluó fueron Orgabiol, Aminoterra, Activeg y algas basfoliares. También incluyó un testigo sin bioestimulante. Para ello, empleó un diseño experimental DBCA, y analizó los datos mediante el análisis de varianza y la prueba de Duncan. Los resultados indicaron que el bioestimulante Aminoterra fue el que produjo el mayor rendimiento, alcanzando 39,82 t ha⁻¹.

Toalombo (2012) realizó un estudio sobre el impacto de los microorganismos autóctonos eficaces sobre el rendimiento de cebollas blancas (*Allium fistulosum*) utilizando diferentes dosis (D1, D2, D3) y frecuencias de aplicación (7, 14, 21 días). Los tratamientos con microorganismos (EM) y el grupo control sin microorganismos no mostraron diferencias significativas. A los 60 días, el Tratamiento D1F3 presentó la mayor altura media. A los 90 y 120 días, el Tratamiento D2F3 tuvo el mayor diámetro de pseudotallo y volumen radicular, pero con el segundo mayor rendimiento (27,389 t ha⁻¹). El tratamiento D3F2 obtuvo el mayor volumen

radicular y el mayor rendimiento (29,120 t ha⁻¹). Por el contrario, el grupo de control obtuvo medias inferiores (17,227 t ha⁻¹).

Alvarez et al. (2020) realizaron un estudio sobre el efecto de las citoquininas en la cebolla roja var. Ilabaya en el CEA III “Los Pichones”. Las citoquininas son hormonas vegetales que regulan el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Los tratamientos que evaluaron fueron Cyt-hor, Triggrr soil, Cyto-one y un testigo sin citoquininas. Para ello, emplearon un diseño experimental DBCA, y analizaron los datos mediante el anova y la prueba de Tukey al 5% de significación. Los resultados mostraron que los tratamientos con citoquininas fueron los que produjeron los mayores rendimientos, siendo el Cyt-hor el más efectivo con 35,3 t ha⁻¹, seguido por el Triggrr soil con 31,46 t ha⁻¹ y el Cyto-one con 29,95 t ha⁻¹.

Yupanqui (2011) realizó un estudio sobre el efecto de las sustancias húmicas en la cebolla roja var. Ilabaya en el CEA III Los Pichones. Las sustancias húmicas son compuestos orgánicos que mejoran la fertilidad y la estructura del suelo. Los tratamientos que evaluó fueron Humifarm Plus, Golden Black, Pow Humus y un testigo sin sustancias húmicas. Para ello, empleó un diseño experimental DBCA con seis repeticiones. Los resultados mostraron que los tratamientos con sustancias húmicas fueron los que produjeron los mayores rendimientos, siendo el Humifarm Plus el más

efectivo con 39,42 t ha⁻¹, seguido por el Golden Black con 33,43 t ha⁻¹ y el Pow Humus con 33,01 t ha⁻¹.

Los microorganismos activos han demostrado ser beneficiosos para una variedad de cultivos. Alvarez (2017) investigó el efecto de EM-1 y su frecuencia de aplicación en el IRGAB en la uva de mesa "Red Globe". El diseño experimental utilizado fue DBCA con disposición factorial 2x2 y un testigo. Para el análisis de los datos, realizó el análisis de varianza y las pruebas de comparaciones múltiples LSD de Fischer y Tukey al 5% para encontrar las combinaciones más efectivas. Los hallazgos indicaron que los factores evaluados produjeron 24,965 t ha⁻¹ de uva más que el control, que produjo 19,459 t ha⁻¹ de uva. La combinación de 8 l ha⁻¹ con una frecuencia de 7 días resultó ser la más efectiva para la uva 'Red Globe'.

3.2. Microorganismos eficaces (EM-1)

3.2.1. Definición

Los EM-1 constituyen diversos tipos de microorganismos que se encuentran de forma natural, incluyendo bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico (N₂), bacterias solubilizadoras de fósforo (P), sintetizadores de hormonas/vitaminas, fitófagos descomponedores de la materia orgánica y microorganismos entomopatógenos. Son utilizados con el propósito de optimizar la productividad de los cultivos. Además, pueden emplearse en la

purificación de aguas residuales y en la preparación del compost (Ramirez, 2006).

EM-1 es un biofertilizante líquido que contiene más de ochenta especies de microorganismos, tanto anaerobios fotosintéticos como aerobios que respiran oxígeno. Estos microorganismos tienen la capacidad de coexistir y complementarse, lo que les da un poder antioxidante excepcional. Se descubrieron accidentalmente a finales de los años sesenta, pero en la actualidad, esta tecnología es accesible para todos (Ramirez, 2006). Los EM-1 son una mezcla de varios microorganismos nativos beneficiosos que se utilizan en la agricultura y en la producción de alimentos, pero también tienen usos en este campo (Rodríguez et al., 2007).

Las bacterias fototróficas, el ácido láctico y las levaduras son los microorganismos predominantes en los EM-1. Estos microorganismos liberan sustancias bioactivas como ácidos orgánicos, antioxidantes, vitaminas y minerales. Estas sustancias aumentan la microflora y la macroflora del suelo, mejorando su equilibrio natural y eliminando los microorganismos patógenos. Este proceso hace que el suelo tenga más capacidad para fijar el nitrógeno y para prevenir la oxidación de los compuestos orgánicos. Esto ayuda a que la materia orgánica se descomponga más rápido y a que el suelo tenga más humus. Estos

beneficios mejoran el crecimiento de las plantas y contribuyen a una agricultura más sostenible (Ramirez, 2006).

3.2.2. Microorganismos presentes del EM-1

Según Ramirez (2006) los microorganismos identificados en el EM-1 son:

- a. **Bacterias fototrópicas (*Rhodopseudomonas spp.*):** Estas bacterias utilizan la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía; producen sustancias útiles a partir del exudado de las raíces y la materia orgánica. A su vez, producen ácidos nucleicos, aminoácidos y azúcares que ayudan a las plantas a crecer y desarrollarse. Además, estos compuestos orgánicos liberan nutrientes que las plantas absorben para su crecimiento y desarrollo, lo que permite a los microorganismos multiplicarse en el suelo.
- b. **Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp.*):** Muchas bacterias viven en el suelo y ayudan a mantener el equilibrio ecológico. Las bacterias lácticas son una de ellas, ya que tienen la capacidad de convertir las secreciones liberadas por otras bacterias y levaduras en ácido láctico. Este ácido es extremadamente útil para higienizar el suelo y evitar la propagación de microorganismos nocivos para plantas y animales. Además, las bacterias lácticas ayudan a

descomponer la materia orgánica, como los residuos de cosechas y hojas, reduciendo al mínimo la liberación de sustancias peligrosas..

c. Levaduras (*Saccharomyces spp.*): Las levaduras son microorganismos que viven en el suelo y ayudan a las plantas a crecer y desarrollarse. Al descomponer la materia orgánica y las raíces de las plantas, estas levaduras utilizan los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas. Las levaduras producen sustancias que contienen estos nutrientes y que ayudan a las plantas, por ejemplo, protegiéndolas de infecciones y estimulando la división y el crecimiento celular. También se cultivan otras bacterias beneficiosas, como las bacterias lácticas y los actinomicetos, que ayudan a mantener el equilibrio en el suelo.

3.2.3. Modo de acción de los microorganismos eficaces

Los EM-1 obtienen los nutrientes necesarios para su metabolismo y desarrollo de materia orgánica y otros organismos, según Ramirez (2006). Los EM-1 se utilizan para sintetizar ácidos nucleicos, aminoácidos, peptidos, polipeptidos vitaminas, fitohormonas y otras sustancias bioactivas después de que las plantas secreten azúcares a través de las raíces. Estas sustancias influyen positivamente sobre el crecimiento y sanidad de las plantas. Cuando incrementa la población de los EM-1, aumenta la actividad

de estos en el suelo. Esto se debe a que los EM-1 producen sustancias que estimulan el crecimiento de otros microorganismos. El aumento de la actividad microbiana mejora la fertilidad del suelo, asimismo aceleran la descomposición de la materia orgánica.

3.1.4. Microorganismos eficaces activados (EMa)

Los microorganismos que se encuentran en el EM-1 se encuentran en estado latente por lo que tienen que ser activados. Para este proceso, se debe mezclar un litro EM-1 con agua (sin cloro) y melaza en un recipiente hermético para generar un ambiente anaeróbico. El subproducto resultante se llama microorganismos eficaces activado (EMa) y estará finalizado cuando alcance un pH de 3,5. Es crucial evitar la reactivación del EMa, ya que la mezcla podría contaminarse y perturbar el equilibrio microbiano presente en la solución, resultando en la pérdida de eficacia de los microorganismos presentes en el EMa (Ramirez, 2006). Asimismo, el autor señala que el procedimiento de activación de EM-1 no solo facilita la proliferación de microorganismos, sino que también posibilita la reducción de los costos de aplicación. Tras la activación, los EMa se aplican a los cultivos vía suelo o foliar según el cultivo, durante este proceso, se utiliza melaza como fuente de energía, dado que esta no solo contiene sacarosa, sino también proteínas y minerales beneficiosos para los microorganismos.

Por otro lado, la temperatura óptima para la activación de los EM-1 varía entre 25 y 37 °C, temperaturas bajas o altas, bajan la tasa de reproducción de los microorganismos significativamente.

3.2.5. Aplicaciones de los microorganismos eficaces

3.2.5.1 Aplicaciones en la agricultura

Según APROLAB (2007) los EM-1 al ser inoculados al suelo, restituyen el equilibrio microbiológico, mejoran las propiedades físico y químicas, incrementan la producción y protegen a los cultivos de microorganismos patógenos. Los efectos de los EM-1 ayudan a conservar el suelo, promoviendo una agricultura sostenible y protegiendo el medio ambiente. Algunos de los efectos observados en el desarrollo de los cultivos incluyen:

En semilleros

Los microorganismos eficaces (EM-1) son una mezcla de bacterias, levaduras y hongos beneficiosos para las plantas. Uno de estos efectos es que aceleran la germinación de las semillas para que germinen más rápido y con más fuerza. Esto se debe a que los EM-1 producen sustancias similares a las hormonas vegetales, como el ácido giberélico, que estimulan el crecimiento de las plantas. El EM-1 también favorece el crecimiento de los brotes y las raíces de las plántulas para que puedan absorber mejor el

agua y los nutrientes del suelo. Gracias al EM-1, las plántulas tienen más probabilidades de sobrevivir y adaptarse al terreno definitivo.

En las plantas

Los EM-1 presentan un mecanismo que suprimen a algunos insectos y hongos patógenos que causan daño y enfermedades a las plantas; este mecanismo otorga resistencia sistémica a las plantas contra diversas enfermedades (Arbildo, 2021). Los EM-1 utilizan los exudados secretados por las raíces para su metabolismo y reproducción, mejorando el crecimiento, la calidad, y la productividad de los cultivos. Por otro lado, las fases de floración, fructificación, y maduración se ven favorecidos gracias a los efectos hormonales en las zonas meristemáticas producidos por los EM-1. El área foliar se incrementa favoreciendo la tasa fotosintética, incrementando la producción (Pedraza et al., 2010).

En los suelos

Los EM-1 inoculados al suelo mejoran sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Asimismo, suprimen la presencia de algunos insectos y patógenos que causan daños a las plantas. Entre sus impactos se incluyen:

Efectos en las condiciones físicas del suelo: Los microorganismos eficaces (EM-1) ayudan al suelo porque lo hacen más poroso y permeable.

Esto se debe a que los EM-1 producen sustancias gelatinosas que unen la arena, el limo y la arcilla para formar agregados. Estos agregados facilitan la entrada y el almacenamiento de agua y evitan que el suelo se compacte. Por lo tanto, el suelo puede absorber más agua de lluvia y disminuir la erosión. Además, cuando el suelo permanece húmedo, las plantas se pueden regar con menos frecuencia y se aprovecha mejor el agua.

Efectos en las condiciones químicas del suelo: Los EM-1 aumentan la disponibilidad de nutrientes al ser mineralizados por el proceso de descomposición. De esta manera, los elementos se encuentran en forma inorgánica en la solución suelo de donde son absorbidos por las raíces de las plantas.

Efectos en la microbiología del suelo: Los EM-1 suprimen a los hongos y bacterias fitopatógenos mediante la competencia. Asimismo, la biodiversidad microbiana del suelo se incrementa, creando condiciones propicias para el aumento de la microbiología nativa benéfica (Pedraza et al., 2010).

3.1.5.3 Aplicaciones en el tratamiento de los residuos sólidos

En el ámbito del tratamiento de residuos sólidos, APROLAB (2007) señala que es posible reciclar estos desechos para producir fertilizante

mediante el uso de Microorganismos Eficaces (EM), con resultados destacados:

Resultados del tratamiento con EM-1:

- i. Los desechos son transformados por los EM-1 en abonos orgánicos inofensivos, útiles y de alta calidad.
- ii. Acelera la descomposición de la materia orgánica, esto permite que se libere los nutrientes, eliminando rápidamente el mal olor asociado a los desechos debido a su descomposición.
- iii. Evita la reproducción de insectos vectores de enfermedades y virus, como las moscas, debido a no encuentran un medio propicio para su multiplicación.
- iv. El proceso de reciclaje de desechos, que normalmente lleva varios meses, se reduce significativamente a solo 4 a 6 semanas cuando se utiliza EM.

3.1.5.4 Aplicaciones en abonos orgánicos

En el contexto de la aplicación en abonos orgánicos, APROLAB (2007) indica que los EM-1 tienen los siguientes efectos:

- a. **Estimulación de la transformación aeróbica de compuestos orgánicos:** Los EM-1 favorecen la descomposición por fermentación

aeróbica de compuestos orgánicos presentes en la materia orgánica, evitando la oxidación de esta. Este procedimiento impide la liberación de gases que podrían generar olores desagradables, como sulfuros, amoníaco y mercaptanos.

- b. Control de insectos vectores y mejora de eficiencia:** El EM-1 impide la proliferación de virus e insectos portadores de enfermedades, como las moscas, al no proporcionarles un entorno favorable para su reproducción y crecimiento. También acelera la descomposición de la materia orgánica al mineralizar los nutrientes que pueden absorber las raíces de las plantas..
- c. Aceleración del compostaje y eliminación de patógenos:** Acelera el proceso de compostaje, reduciendo el tiempo necesario a aproximadamente un tercio en comparación con un proceso convencional. Asimismo, contribuye a la eliminación de microorganismos patógenos en el material compostado.

3.2. Cultivo de cebolla

3.2.1. Taxonomía

Según Brewster (2001) la categorización taxonómica de la cebolla es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Asparagales

Familia: Amaryllidaceae

Género: *Allium*

Especie: *Allium cepa*

3.2.2. Morfología

La cebolla presenta un sistema radicular fibroso y ramificado, presenta raíces primarias que tienen una corta vida (Gaviola, 2020). Su extensión alcanza hasta 0,20 m en dirección vertical y 0,15 m en dirección lateral (Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA], 2017). En cuanto al tallo, este es rudimentario y de reducida longitud, limitándose a unos pocos milímetros. El conjunto de hojas que conforman el punto apical se conoce como falso tallo (Brewster, 2001).

Las hojas exhiben un tono verde cenizo, siendo tubulares y huecas, además de ser sésiles y compuestas por la vaina y el limbo (Maroto, 1995). En relación al bulbo, este está constituido por hojas modificadas conocidas

como escamas, cuyas dimensiones, diámetro y crecimiento están directamente influenciados por el fotoperiodo (INIA, 2017).

La disposición de la inflorescencia se presenta en forma de una umbela simple en el extremo del escapo o tallo floral, con un número variable de escapos florales que pueden oscilar entre uno y veinte o incluso más por planta (Gaviola, 2020). El escapo floral alcanza una altura aproximada de 1,5 m. Las flores presentan diferentes tonalidades que varía según la variedad, pueden ser violetas, blancas y presentan 2 a 3 brácteas, seis estambres y un ovario trilocular. En cuanto al fruto, se presenta en forma de una cápsula globular (Brewster, 2001).

3.2.3. La bulbificación

En la bulbificación influyen diversos factores ambientales, siendo el fotoperiodo el más determinante. Fotoperiodos largos favorecen la formación del bulbo, si bien la respuesta puede variar entre distintos cultivares. Por otro lado, la exposición a condiciones de días cortos puede contrarrestar el efecto de los días largos. La temperatura también desempeña un papel crucial; temperaturas entre 22 °C y 28 °C aceleran el proceso de formación del bulbo, siempre y cuando el fotoperiodo sea adecuado. Conforme la temperatura desciende, se evidencia un retraso gradual en este proceso. Cada variedad demanda un nivel mínimo de

desarrollo para responder a los estímulos ambientales que inducen la bulbificación (Martinez & Pinto, 2018). La luz infrarroja y azul transmiten la señal del fitocromo, pero la luz roja la suprime. Ante niveles elevados de nitrógeno y un riego prolongado, la maduración del bulbo puede retrasarse (Brewster, 2001).

3.2.4. Etapas fenológicas

Las fases fenológicas del cultivo comprenden: la etapa de semillero, trasplante, crecimiento vegetativo, bulbificación y cosecha. Por lo general, la cosecha se lleva a cabo antes de la floración (INIA, 2017).

3.2.5 Factores edafoclimáticos

La cebolla se desarrolla bien en una amplia gama de temperaturas y tiene una resistencia moderada a las heladas, con una temperatura crítica de solo 1°C. Cada cultivar tiene requisitos específicos para alcanzar el umbral de fotoperiodo necesario para la formación del bulbo. De igual manera, cada variedad de cultivo requiere alcanzar su umbral de vernalización para llevar a cabo la producción de semillas.

La germinación requiere una temperatura que oscila de 18 °C y 24 °C, y este proceso se completa en un lapso de 4 a 5 días. Para el crecimiento de la planta, la temperatura adecuada fluctúa entre los 18 °C y los 25 °C.

Durante la primera etapa de desarrollo, la cebolla requiere tiempo fresco y frío, así como días más cortos, mientras que en la etapa de bulbificación prefiere condiciones cálidas y días más largos (Aljaro y Monardes, 2009).

En lo que respecta al suelo, el crecimiento óptimo de la cebolla se observa en suelos que cuentan con una elevada presencia de materia orgánica y demuestra cierta capacidad de tolerancia a la salinidad del suelo. El pH adecuado del suelo se encuentra en el rango de 5,8 a 6,5 (Martinez & Pinto, 2018).

3.2.6. Fertilización

La cebolla es un cultivo que demanda niveles elevados de nitrógeno, fósforo y potasio. Este cultivo presenta un volumen radicular limitado en relación con el peso de la materia seca total de la planta, evidenciando un sistema de raíces de cortas que afecta la absorción de nutrientes (Martinez & Pinto, 2018).

3.2.7. Etapas de desarrollo de la cebolla

Germinación y etapa inicial de desarrollo: El ciclo del cultivo comienza con la germinación y emergencia de la semilla, emergiendo una plántula con un pseudotallo corto donde se desarrollan las raíces. Durante este periodo, se forma un meristemo que gradualmente origina las hojas. La

planta experimenta un crecimiento rápido de las raíces y parte aérea (hojas y tallos) (Gaviola, 2020).

Formación de bulbos: Etapa inicia cuando cesa el crecimiento de la parte aérea, e inicia la traslocación y almacenamiento de los fotosintatos en la parte basal de las hojas. Este proceso es estimulado por fotoperiodos largos es decir días con 12 a 14 horas luz (Brewster, 2001)

Reposo vegetativo: La tercera etapa del ciclo de vida de la cebolla, es el reposo vegetativo, se caracteriza por la latencia del bulbo maduro, y durante este período, la planta no experimenta un desarrollo significativo (Martinez & Pinto, 2018).

Floración y formación de semillas: Esta etapa ocurre en el segundo año, inicia con emisión del escapo floral, la antesis y finaliza con la formación, crecimiento y maduración de semillas. La inducción floral se consigue a través de temperaturas bajas. En la etapa de floración, el ápice se alarga y da origen a un tallo hueco y cilíndrico llamado escapo floral, finalizando en una umbela con pétalos de tonalidades blanco-azuladas (Brewster, 2001).

3.2.8. Maduración del bulbo

En condiciones inductivas para la cebolla, se observa un incremento de la concentración de azúcares reducidos en los bulbos. De manera concurrente, una rápida disminución de la concentración de la enzima invertasa ácida, esto facilita la reducción de la sucrosa en glucosa y fructosa. Estas modificaciones son detectables antes que la formación del bulbo sea aparente. Asimismo, la bulbificación puede provocar que los fructanos que fueron almacenados se reduzcan en fructosa y glucosa (Martinez & Pinto, 2018).

Durante el almacenamiento de los bulbos, se observa una disminución gradual del ácido abscísico (ABA), que está relacionada con un aumento de la concentración de las citoquininas (CK), seguido de las giberelinas (AG3) y auxinas (AIB) (Brewster, 2001).

3.2.9. Índice de cosecha

Los criterios de recolección pueden variar dependiendo de los materiales genéticos, los tipos de cultivo y los propósitos previstos. Según (INIA, 2017), los principales criterios incluyen:

- i. **Desarrollo adecuado de los bulbos:** Se evalúa las características del bulbo como la forma, el tamaño y la apariencia de la variedad, ya

sea achatada, alargada y redonda. Por otro lado, se tiene en cuenta el nivel de picante o pungencia.

- ii. **Hojas erguidas con ablandamiento del cuello:** Se verifica el ablandamiento del cuello de pseudotallo y el doblado de este en 70 a 80% de las plantas, lo cual indica las plantas han alcanzado su madures.
- iii. **Bulbos asomando del suelo:** Conocido como "cabeceo", este criterio indica el momento adecuado para la cosecha, cuando los bulbos han emergido completamente del suelo.
- iv. **Tamaño del bulbo:** Se evalúa el tamaño del bulbo, variando según la variedad, con dimensiones que pueden oscilar entre una y cuatro pulgadas de diámetro (Aljaro y Monardes, 2009; Brewster, 2001).

3.3. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son fertilizantes naturales de origen animal, como estiércoles, desechos vegetales y/o animales. Estos abonos ofrecen a los agricultores la posibilidad de elaborarlo en la misma finca. Esta opción es altamente beneficiosa tanto para la agricultura orgánica como para complementar los métodos convencionales (FAO, 2013). Estos abonos son residuos de organismos vivos, ricos en nutrientes, resultantes de un proceso de humificación controlada que se puede lograr mediante la

elaboración de compost, bocashi, lombricomposta y caldos foliares o abonos líquidos (Gómez & Vásquez, 2011). La composta, por ejemplo, implica someter los residuos a una descomposición aeróbica realizada por los microorganismos (hongos, bacterias y actinomicetos). Los abonos orgánicos representan una alternativa segura, económica, eficaz y simple para obtener resultados a mediano y largo plazo, permitiendo el cambio de una agricultura convencional a una orgánica o ecológica, que sea sostenible en el tiempo cuidando el medio ambiente (Félix et al., 2008)

El uso de los abonos orgánicos en el suelo tiene múltiples ventajas, como la retención de la humedad, la disminución de variaciones bruscas de temperatura, la regulación de la capacidad térmica, la mejora del drenaje en el cultivo, la reducción de la erosión y el arrastre superficial del agua. Asimismo, ayuda a aliviar suelos arcillosos, beneficia y estimula la formación de raíces, modula la actividad microbiológica del suelo, mejora la disponibilidad y la absorción de nutrientes por las plantas; favorece la biodegradación y descomposición de las sustancias nocivas en el suelo, también tiene un efecto directo sobre los procesos metabólicos, fisiológicos y bioquímicos de las plantas (Gómez & Vásquez, 2011).

3.3.1. Importancia en la agricultura

La importancia radica en la necesidad de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, debido a su degradación por la utilización desmesurada de los fertilizantes sintéticos, con la finalidad de restaurar su fertilidad y disminuir la dependencia de estos materiales sintéticos. Esto debido a los costos elevados de dichos materiales, como a los problemas de contaminación asociados con su uso frecuente y excesivo. Los abonos orgánicos desempeñan un papel crucial en la interacción de las capacidades de absorción de diversos elementos nutritivos por las plantas (Félix et al., 2008).

Los residuos provenientes de animales y vegetales poseen un alto porcentaje de materia orgánica y se constituyen como fuentes de nutrientes para la preparación de enmiendas y abonos. Entre estos residuos se incluyen los restos de cultivos, plantas fijadoras de nitrógeno utilizadas como abono verde, materiales obtenidos en huertos tras cada siembra, y residuos de la cocina y corral, como el estiércol, que se descomponen gracias a la acción de microorganismos. Estos abonos enriquecen el suelo con una amplia variedad de microorganismos, haciendo disponibles los nutrientes en la solución suelo. Por el contrario, mejoran la estructura del

suelo al mejorar la aireación e infiltración del agua, lo que aumenta la producción y la productividad (FAO, 2013).

Según Dimas et al. (2001) los abonos orgánicos aportan al suelo las siguientes propiedades:

- i. **Propiedades físicas:** El suelo se vuelve más oscuro, lo que aumenta la temperatura y mejora la absorción de nutrientes al retener más radiaciones luminosas. Haciendo que los suelos pesados sean más livianos y los suelos ligeros más compactos. Mejora la estructura., la aireación (macro y microporos) al fomentar la infiltración del agua. Además, mejoran la retención de humedad, lo que promueve el crecimiento vegetativo de las plantas, evitando significativamente la erosión del suelo.
- ii. **Propiedades químicas:** Mejoran la fertilidad del suelo aumentando la retención y liberación de nutrientes (CIC), disolviendo y aumentando la disponibilidad de nutrientes en el suelo al regular los niveles de acidez o alcalinidad (pH).
- iii. **Propiedades biológicas:** Incrementa la microbiología del suelo, favoreciendo la proliferación de los microorganismos benéficos del suelo.

3.3.2. Humus de lombriz

Según Atiyeh et al. (2000) el humus es el excremento de lombrices que se obtiene de la digestión, transformando los restos orgánicos en humus. La lombriz roja californiana *Eisenia foetida* se ha demostrado adaptarse con éxito a las condiciones locales y se puede encontrar por todas partes del país. El humus, con aproximadamente 3 billones de bacterias por gramo, es el fertilizante orgánico con el mayor contenido bacteriano.

El humus se utiliza en cantidades mínimas de 3-5 t ha⁻¹ al año, y su uso en combinación con fertilizantes químicos está justificado, especialmente para cultivos rentables como las hortalizas. Los humus de lombriz pueden aplicarse de diversas formas, pero la más común es picándolos en pequeños montones o tiras. Según la Asociación Evangélica Latinoamericana (2008), el término "humus de lombriz" se refiere a los residuos producidos por lombrices de secano cultivadas específicamente con el propósito de convertir residuos orgánicos. Este tipo de abono orgánico es excepcional, ya que enriquece la actividad biológica del suelo debido a la presencia de microorganismos. Favorece la síntesis de importantes enzimas que aceleran la descomposición de la materia orgánica del suelo, así como la mineralización y disolución de los nutrientes, lo que favorece su absorción por las plantas, y también mejora

la estructura de los suelos arenosos al aumentar su capacidad para retener la humedad.

3.3.2.1. Ventajas de su utilización

El uso del humus de lombriz mejora las propiedades biológicas del suelo al "revitalizarlo", según Ríos (2003) aproximadamente 2 billones de colonias de bacterias por gramo están presentes en esta flora microbiana rica.

3.3.2.2. Composición del humus de lombriz

Tabla 1. Composición fisicoquímica del humus de lombriz

Parámetros	Valores medios
pH	7 - 7,5 %
Materia orgánica	60%
Humedad	45 - 55%
Nitrógeno (N)	2 - 3 %
Fosforo (P)	1 -3 %
Potasio (K)	1 - 1,5 %
Magnesio (Mg)	0,2 - 2,6%
Calcio (Ca)	2,5 - 8,5 %
Fierro (Fe)	0,6 - 9,0 %
Cobre (Cu)	34 - 490 ppm
Zinc (Zn)	85 - 400 ppm
Boro (B)	26 - 89 ppm
Carbono orgánico	2 - 3,5 %
Ácidos húmicos	5 - 7 %

Fuente: (Ríos, 2003)

En cambio, en una cantidad similar de estiércol descompuesto sólo se encuentran unos cientos de millones de colonias bacterianas al año. El

humus favorece la síntesis de enzimas que controlan la descomposición de la materia orgánica. También mejora la estructura del suelo al aumentar su aireación (macro y microporos), la infiltración y la retención de humedad, al tiempo que evita su compactación. Los agregados de humus de lombriz también evitan la erosión hídrica del suelo (Guerrero, 2004).

3.3.2.3. Aplicación del humus de lombriz a las plantas

Tabla 2. Composición biológica del humus de lombriz

Componentes	Valores medios
Ácidos húmicos	2,57 g Eq/100g
Hongos	1 500 c/g
Levaduras	10 c/g
Actinomiceto total	170 000 000 c/g
Bacterias aeróbicas	460 000 000 c/g
Bacterias anaeróbicas	450 000 c/g
Relación aérea/anaerobio	1/1000

Fuente: (Ríos, 2003)

Se recomienda aplicar el humus de lombriz de forma preferente y localizada en bandas, entre las filas, y se debe evitar la aplicación al azar. Para cualquier tipo de suelo, se aconseja una dosis de 0,5 a 1,0 kg de humus de lombriz por cada 5 m², especialmente en áreas pequeñas destinadas a la olericultura y floricultura. Se recomienda aplicar el humus de lombriz una vez al año, pero no se debe aplicar durante el invierno y el verano. Es importante aclarar que una dosis excesiva no daña ni quema las plantas. Dado que la flora microbiana se produce continuamente, el

humus tiene una vida útil prácticamente ilimitada; lo único que se debe hacer es mantener una temperatura y humedad ideales (Ríos, 2003).

3.3.3. El compost

Este abono se obtiene de la descomposición de estiércoles frescos de animales, de residuos vegetales, desechos de animales, residuos domésticos y otros elementos orgánicos. La descomposición es una fermentación aeróbica realizada por las lombrices en primera instancia y luego por los microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetos. Para asegurar una descomposición efectiva, es esencial contar con una circulación adecuada de oxígeno (proceso aeróbico), y se debe controlar y mantener en una humedad del 70 a 80% (Soto & Claudia, 2002).

3.3.3.1. Uso del compost

El compost contiene nitrógeno, fósforo, potasio, y micronutrientes en pequeñas cantidades. Incrementa la CIC del suelo mejorando su fertilidad. Asimismo, aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo (Peralta-Antonio et al., 2019).

3.3.3.2. Ventajas del compost

Conforme a Peralta-Antonio et al. (2019) las principales bondades del compost son:

Promueve el crecimiento y desarrollo de los cultivos, asimismo da resistencia y tolerancia ante plagas, enfermedades, heladas y condiciones climáticas extremas. Favorece la absorción de nutrientes y agua por parte de las plantas. Mejora la estructura del suelo sin causar contaminación ambiental, gracias al reciclaje de desechos orgánicos. Posibilita la utilización de insumos disponibles en la propia chacra.

3.3.3.3. Desventajas del compost

3.3.3.4. Composición del compost

Tabla 3. Contenido de N, P, K en el compost

Nutriente	% en compost
N	0,3 - 1,5 %
P	0,1 - 1,0 %
K	0,3 - 1,0 %

Fuente: (Gómez & Vásquez, 2011)

Para su elaboración requiere sombra como un tinglado y esto conlleva una inversión inicial de trabajo familiar. Por otro lado, para recolectar estiércol, los residuos vegetales, la elaboración de la compostera y los volteos implica la necesidad de mano de obra. En climas fríos, es decir, en zonas con bajas temperaturas, el proceso de fermentación se prolonga y requiere más tiempo. La ausencia de un sistema de drenaje adecuado

puede ocasionar acumulación de agua durante lluvias intensas (Félix et al., 2008)

3.3.3.5. Aplicación del compost

El compost se utiliza para preparar el terreno antes de la siembra, durante el aporque e incluso durante el deshierbe. Debido a que las raicillas o pelos absorbentes de agua y nutrientes se encuentran en la proyección de la copa, se recomienda aplicar al menos 4 a 6 kg de compost por árbol. Para la cebolla, se utilizan una o dos palmadas de compost por planta. Además, se utiliza como sustrato para almácigo. Es esencial aplicarlo en terreno húmedo en el campo para activar los microorganismos y maximizar el uso de los nutrientes (Peralta-Antonio et al., 2019).

3.3.4. Estiércol

El estiércol es un tipo de abono orgánico con bajo contenido de macro y micronutrientes. El contenido de nutrimentos en el estiércol depende del sistema digestivo del animal, del tipo de alimentación, del sistema de crianza, del tipo y cantidad de cobertura, también influye el almacenamiento y la forma de aplicación. El estiércol mejora las propiedades biológicas del suelo, así como las características físicas y químicas (Dimas et al., 2001).

El estiércol se refiere a los excrementos de animales utilizados como fertilizantes en cultivos. En algunos casos, el estiércol puede contener tanto excrementos animales como restos de camas, como paja. El sitio destinado para verter o depositar el estiércol se conoce como estercolero (Gómez & Vásquez, 2011).

En la agricultura, se emplean principalmente estiércol de ovejas, caprinos, cerdos, vacunos, equinos, camélidos y gallinas (gallinaza). A pesar de que los fertilizantes sintéticos han desplazado en gran medida el uso de estiércoles en la agricultura convencional, la agricultura orgánica o ecológica ha reintegrado su uso. Los estiércoles suministran nutrientes para las plantas; también contribuyen con materia orgánica y estimulan la multiplicación de la población microbiana del suelo, siendo fundamentales para la mejorar su fertilidad. El estiércol se utiliza para la producción de compost, también conocido como mantillo en la agricultura sostenible (Peralta-Antonio et al., 2019).

El estiércol de bovino representa la variedad más significativa y se genera en mayor cantidad en las explotaciones rurales. Este tipo de estiércol resulta beneficioso para todas las plantas y suelos, aportando consistencia a terrenos arenosos y móviles, aligerando terrenos arcillosos y refrescando suelos cálidos, calizos y margosos. En comparación con

otros tipos de estiércoles, su acción se extiende por un periodo más prolongado y de manera más uniforme. La duración de su efectividad está principalmente vinculada al tipo de alimentación proporcionado al ganado que lo produce. El estiércol proveniente de animales bien alimentados, como los de los cebaderos, se considera de alta calidad, mientras que los animales malnutridos generan estiércol de menor calidad y valor (Gómez & Vásquez, 2011). Por su composición, el estiércol es un importante fertilizante orgánico. El estiércol de vacuno se descompone lentamente y se recomienda su uso en suelos ligeros y secos. El estiércol bovino es el abono orgánico más utilizado y fácil de conseguir, pero contiene pocos nutrientes, sobre todo fósforo, en comparación con otros abonos orgánicos. (Félix et al., 2008).

El empleo de estiércol del animal como abono orgánico, el objetivo es mejorar e incrementar el contenido de materia orgánica humificada promoviendo la actividad microbiana en el suelo. Además, proporciona micro y macronutrientes ya que contiene aproximadamente 1,2 a 4% de nitrógeno (N), 0,25 a 1% de fósforo (P) y 0,9 a 2% de potasio (K). Estos nutrientes se liberan gradualmente, a diferencia de los fertilizantes químicos convencionales (Dimas et al., 2001).

En el primer año, el estiércol libera alrededor de la mitad de su contenido de nutrientes. El aparato digestivo del animal, la alimentación y los métodos de almacenamiento y aplicación determinan la composición nutricional del estiércol. El estiércol bovino y el de aves son los tipos de estiércol más utilizados. El estiércol porcino tiene la desventaja de que puede atraer lombrices y otros parásitos que pueden dañar a los humanos (Soto & Claudia, 2002). La aplicación de estiércol en terrenos con pendientes debe usarse en conjunto con otras técnicas para mejorar la estructura y la fertilidad del suelo y prevenir la erosión. En 2 a 3 días bajo la exposición solar, el estiércol de vacuno pierde hasta el 50% de su contenido de nitrógeno (N), y las lluvias pueden causar pérdidas significativas de nitrógeno (N) y potasio (K). El estiércol de los establos debe recogerse todos los días y mantenerse a la sombra para evitar la pérdida de nutrientes (Peralta-Antonio et al., 2019).

Tabla 4. Cantidad de macronutrientes en diferentes tipos de estiércol

Estiércoles/humus	N %	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Sulfatos totales
Vacuno (vacas)	0,4	0,2	0,1	0,1	0,06	0,06
Caballo	0,5	0,3	0,3	0,15	0,1	0,05
Cerdo	0,6	0,4	0,3			
Oveja	0,6	0,4	0,3	0,5	0,2	0,15
Conejo	0,2	0,13	0,12			
Gallinaza (gallinas)	0,14	1,4	2,1	0,8	0,25	0,2
Humus de lombriz	0,2	1	1			

Fuente: (Gómez & Vásquez, 2011)

Para prevenir la volatilización de los nutrientes, se sugiere incorporar el estiércol fresco 15 a 21 días antes de la siembra en los surcos. Es aconsejable recolectar y acumular diariamente el estiércol por la mañana mediante una abonera, combinándolo con otros elementos del compost, como rastrojos, malezas y hojas. Aunque el estiércol de bovino no posee la misma concentración de nutrientes que la gallinaza, sin embargo desempeña funciones químicas y físicas al retener mayor humedad, asimismo es una fuente de nutrientes, por otro lado, incrementa la temperatura del suelo esto debido a la multiplicación y metabolismo de los microorganismos en el proceso de descomposición de la materia orgánica (Dimas et al., 2001).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar de estudio

La investigación se realizó en el fundo "Los Pichones" del CEA III de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, administrado por la Escuela de Agronomía.

4.2. Ubicación política y geográfica

El Centro de Experimentación Agrícola III "Los Pichones" está situado en Tacna. Geográficamente, se encuentra en las coordenadas: 17°59' 38" S y 70°14' 22" W y a 550 msnm de altitud.

4.3 Antecedentes del campo experimental

Según el historial del campo en las últimas tres campañas se cultivó los siguiente: en la campaña 2018 se cultivó tomate, en el 2017 se sembró arveja, y en el año 2016 se plantó papa.

4.4. Análisis del suelo del campo experimental

Se realizó un análisis de caracterización del suelo para conocer las particularidades físicas y químicas del suelo del campo experimental.

Tabla 5. Análisis del suelo del campo experimental

Cód. Lab.	Análisis mecánico				Análisis químico					Elementos disponibles	
	Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase Textural	CO ₃ Ca %	pH	CE mS/cm	MO %	N %	P ppm	K ppm
M - 1 357	42,0	19,8	39,0	Franco	0,0	4,58	1,48	1,14	0,060	86,59	390

Cód. Lab.	Capacidad de intercambio de cationes cambiabiles				Acidez cambiabile H ⁺ +Al ⁺⁺⁺	CIC Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100g	PSI Porcentaje de Sodio Intercambiable %	Saturación de Bases %
	Ca ⁺⁺ meq/100 g	Mg ⁺⁺ meq/100 g	K ⁺ meq/100 g	Na ⁺ meq/100 g				
M - 1 357	11,52	2,38	0,96	0,45	1,89	17,2	12,62	89,01

Fuente: Laboratorio de análisis y servicios E.I.R.L. Arequipa 2019

Resultados de un análisis de suelos realizado por el Laboratorio de Análisis de Suelos de Arequipa. El suelo resultó ser de textura arcillosa, muy ácido con un pH de 4,58, bajo en materia orgánica con 1,14%, bajo en nitrógeno total con 0,016%, alto en fósforo con 86,59 ppm y alto en potasio con 390 ppm.

4.5. Análisis Físico – Químico de los abonos orgánicos

Los resultados del análisis de los abonos orgánicos realizado por el Laboratorio de Servicios Analíticos de Arequipa se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis fisicoquímico de los abonos orgánicos

	Materia orgánica (%)	Relación (C/N)	N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K ₂ O (mg/kg)	Carbono orgánico (%)
Estiércol de Vacuno	58,93	20,35	1,8	3,96	50	34,18
Estiércol de Gallina	38,86	8,8	1,74	2,92	30	22,54
Compost	30,9	10,3	2,56	6,32	78	18,04
Humus	31,1	6,56	2,75	10,64	44	17,92

Fuente: Laboratorio de análisis y servicios E.I.R.L. Arequipa 2019

La tabla 6 muestra los resultados del análisis de los abonos orgánicos. Con 2,75 mg kg⁻¹, el humus tiene el mayor contenido de nitrógeno. El humus contiene el mayor contenido de fósforo, con 10,64 mg kg⁻¹. El estiércol de vacuno, por otro lado, tiene el contenido de potasio más alto con 50 mg kg⁻¹. El estiércol de vacuno tiene el mayor porcentaje de materia orgánica con un 58,93%. El humus y el compost muestran valores más bajos, aunque adecuados, mientras que los demás muestran una relación C/N adecuada.

4.5. Condiciones meteorológicas

4.5.1. Temperatura

Tabla 7. Datos meteorológicos registrados de octubre de 2019 a marzo de 2020

Meses 2019/2020	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precipitación (mm/día)
	Máxima	Mínima	Media		
Octubre	22,4	12,1	17,3	79,3	-32,77
Noviembre	25,5	12,8	19,2	76,6	0,040
Diciembre	27,2	13,7	20,6	76,2	0,002
Enero	27,2	16,2	21,8	77,4	0,608
Febrero	28,8	16,2	22,7	76,6	0,687
Marzo	28,2	15,9	22,0	78,7	0,000

Fuente: Estación JORGE BASADRE - SENAMHI / DRD, 2019/2020

Los datos de las variables meteorológicas fueron proporcionados por la Estación Meteorológica Jorge Basadre de Tacna, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) desde octubre de 2019 hasta marzo de 2020, fecha en que se realizó el estudio, e incluyeron variables meteorológicas como temperatura máxima, media y mínima, humedad relativa y precipitación. Se observa que la humedad relativa más alta fue en octubre, con 79,3%, y la más baja en diciembre, con 76,2% (tabla 7).

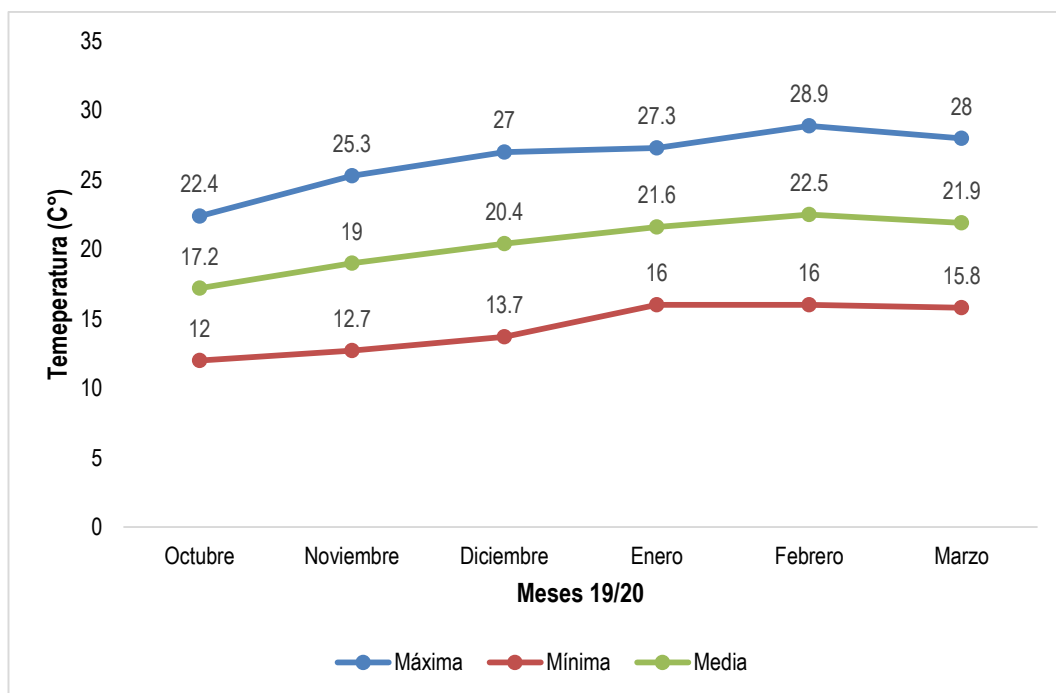


Figura 1. Temperaturas registradas durante la ejecución de la investigación desde octubre de 2019 a marzo de 2020.

Fuente: Elaboración propia

La variación de la temperatura durante la investigación (octubre de 2019 a marzo de 2020) se muestra en la figura 1. En febrero, se registró la temperatura máxima de 28,9°C. Mientras que en octubre se registró la temperatura mínima de 12°C. La temperatura media más alta fue de 22,5°C en febrero y la más baja fue de 17,2°C en octubre. Se cree que estas condiciones térmicas fueron adecuadas para el crecimiento y desarrollo de la cebolla.

4.5.2. Humedad relativa

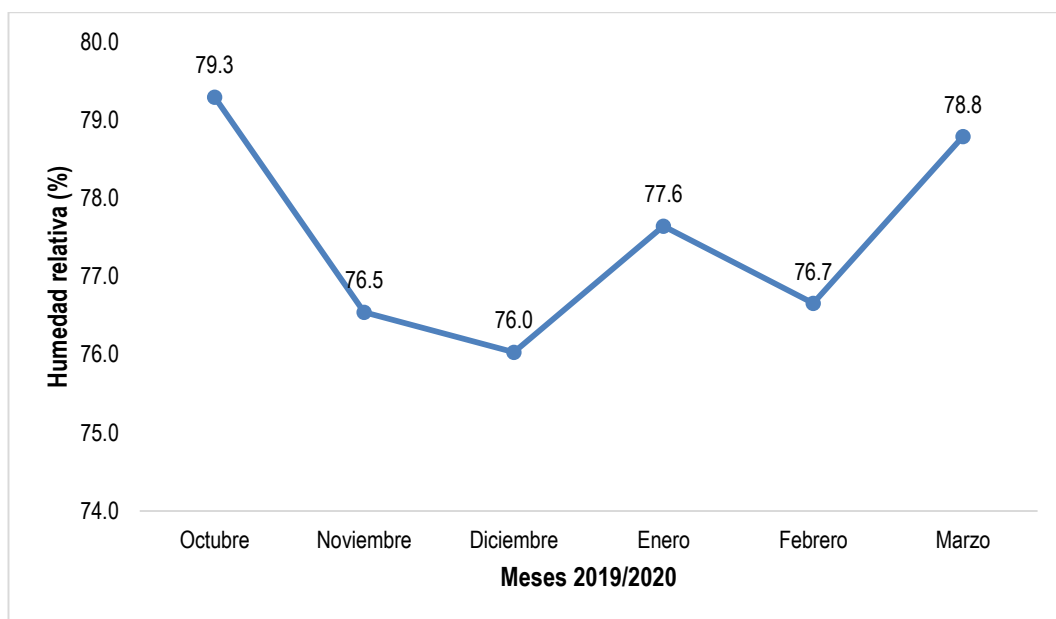


Figura 2. Humedad relativa mensual registrada de octubre de 2019 a marzo de 2020

Fuente: Elaboración propia

La variación de la humedad relativa durante la investigación (octubre de 2019 hasta marzo de 2020) se muestra en la figura 2. En octubre de 2019, la humedad relativa fue alta con 79,3%, mientras que en diciembre fue la más baja con 76%. Se puede inferir en relación a esta variable meteorológica que, al comenzar la fase de campo experimental, la humedad relativa se mantuvo en niveles normales, no afectando a la germinación, ni en la etapa de almacenamiento, y tampoco el crecimiento y desarrollo del cultivo.

4.6. Material experimental

4.6.1. Material biológico

Se emplearon plantas de la variedad llabaya provenientes de semillas producidas en el distrito del mismo nombre. Los almácigos o plantines fueron adquiridos.

4.6.2. Abonos orgánicos

El compost, humus, así como el estiércol de vacuno fueron adquiridos del CEA III "Los Pichones". Mientras que la gallinaza se obtuvo de la granja el "Galpón", ubicada en el distrito La Yarada Los Palos. Estos materiales fueron enriquecidos con microorganismos eficaces, utilizando el producto comercial EM-1, que contiene *Rhodopseudomonas* spp., *Lactobacillus* spp., *Saccharomyces* spp. Este producto fue adquirido en la tienda BIOEM SAC de la ciudad de Lima.

4.5. Métodos

4.5.1. Tratamientos en estudio

t₁: Testigo (sin materia orgánica y microorganismos eficaces)

t₂: Gallinaza 10 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EMa (Microorganismos activados)

t₃: Estiércol de vacuno 10 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EMa (Microorganismos activados)

t₄: Compost 5 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EMa (Microorganismos activados)

t₅: Humus 5 t ha⁻¹ + 10 L ha⁻¹ de EMa (Microorganismos activados)

Los abonos orgánicos y cantidades que se utilizaron son las que más utilizan en la zona (ver tabla 7).

Tabla 8. Descripción de los tratamientos en estudio

N°	Tratamiento	Descripción
1	t ₁	Testigo
2	t ₂	Gallinaza 10t /ha + 10 l/ha de EMa (Microorganismos activados)
3	t ₃	Estiércol de vacuno 10t /ha + 10 l/ha de EMa (Microorganismos activados)
4	t ₄	Compost 5 t/ha + 10 l/ha de EMa (Microorganismos activados)
5	t ₅	Humus 5 t/ha + 10 l/ha de EMa (Microorganismos activados)

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Variables de respuesta

a. Altura de planta (cm)

Para esta evaluación, se seleccionaron al azar diez plantas de cada unidad experimental y se midió la altura de planta desde donde nace el pseudotallo hasta la punta de la hoja más larga. La evaluación se llevó a cabo 90 días después del trasplante.

b. Número de hojas por planta

La evaluación se realizó en la fase de bulbificación contando las hojas de diez plantas seleccionadas al azar de una unidad experimental. La evaluación se llevó a cabo 45 días después de la siembra.

c. Diámetro de pseudotallo (mm)

El diámetro del pseudotallo en su base se midió con un vernier. Para esta evaluación, de cada unidad experimental se seleccionaron diez plantas aleatoriamente. Esta medición se llevó a cabo a los 45 días después de la siembra.

d. Diámetro polar de bulbo (mm)

Para esta medición, se seleccionaron aleatoriamente diez bulbos de cada unidad experimental. Se utilizó un vernier para medir esta variable considerando desde la parte basal hasta la apical del bulbo. Esta medición se realizó durante la cosecha.

e. Diámetro ecuatorial de bulbo (mm)

Se utilizó un vernier para medir esta variable, la medición se realizó tomando en cuenta la parte más ancha como el diámetro ecuatorial. Para

esta medición, se seleccionaron aleatoriamente diez bulbos por cada unidad experimental. Esta evaluación se efectuó durante la cosecha. .

f. Peso unitario de bulbo (g)

Durante la cosecha, se determinó el peso individual de los bulbos de cebolla con una balanza analítica de 500 g, para lo cual se seleccionaron aleatoriamente diez bulbos de cada unidad experimental. El peso promedio se obtuvo calculando la media de los pesos registrados.

g. Rendimiento por unidad experimental (kg)

Para calcular el rendimiento por unidad experimental, se pesó todos los bulbos cosechados de la misma.

h. Rendimiento total (t ha⁻¹)

Los valores de peso del rendimiento por unidad experimental se extrapolaron a una superficie de una hectárea para calcular el rendimiento total.

4.5.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos aleatorizados (DBCA) con cuatro repeticiones.

4.6. Características del campo experimental

4.6.1. Parcela experimental

Largo : 24 m

Ancho : 22,5 m

Área total : 540 m²

4.6.2. Bloque experimental

Largo : 22,5 m

Ancho : 6 m

Área total : 135 m²

Número de bloques: 4

4.6.3. Unidad experimental (UE)

Largo : 6 m

Ancho : 4,5 m

Área total : 27 m²

Distancia entre surcos: 1,50 m

Distancia entre plantas: 0,10 m

Número de surcos por unidad experimental: 3

4.7. Aleatorización del campo experimental

BLOQUE I	T1	T4	T2	T5	T3	T6
BLOQUE II	T3	T2	T1	T5	T6	T4
BLOQUE III	T4	T5	T3	T6	T2	T1
BLOQUE IV	T2	T6	T3	T1	T5	T4

Figura 3. Aleatorización del campo experimental

Fuente: Elaboración propia.

4.8. Análisis estadístico

Para analizar los datos obtenidos de la investigación, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), que es una técnica estadística que permite comparar las medias de varios grupos o tratamientos a niveles de significación: 0,05 y 0,01. Para determinar cuáles grupos tienen medias diferentes, se empleó el test de Tukey al 5%.

4.9. Instalación y manejo del experimento

4.9.1. Preparación del suelo

Se realizó el 23 de septiembre de 2019, consistió en una limpieza general del campo para eliminar malezas y residuos de la campaña anterior. Después, se realizó el desterronado y mullido del suelo, seguido de un nivelado y surcado. Antes del trasplante se recovo el suelo con zapapico e incorporación el abono de fondo, una vez terminado esta labor, se realizaron riegos ligeros hasta el momento que se efectuó el trasplante.

4.9.2 Abonamiento

La aplicación de abonos se realizó el 27 de septiembre, incorporando estiércol de vacuno y gallinaza a una tasa de 10 t ha⁻¹ para permitir su descomposición previa durante la preparación del terreno. Además, se incorporó compost y humus a una tasa de 5 t ha⁻¹ antes del trasplante, siguiendo las indicaciones establecidas para cada tratamiento.

4.9.2 Almacigo

Las plántulas de cebolla var. Ilabaya se adquirieron de un campo de producción de almacigos en la localidad de Sama a través del señor Wilfredo Maquera.

4.9.3 Trasplante

Esta actividad se realizó el 24 de octubre de 2019, para esta labor las plántulas deben tener una altura de 120 mm y un diámetro similar al de un lápiz, fueron desinfectadas con Rizholex a una concentración de 1 g/l para prevenir posibles ataques de Fusarium. El distanciamiento de plantación fue de 0,1 m entre plantas distribuidas en tres bolillos y con una separación de 1,5 m entre hileras y/o surcos.

4.9.5 Activación de los microorganismos eficaces (EM-1)

Se procedió a preparar los microorganismos eficaces (EMa) de manera siguiente: un litro de EM-1 que representa el 5%, un kg de melaza lo que representa un 5% y 18 agua limpia sin cloro (se utilizó agua potable sin cloro) que representa el 90%. Esta solución se colocó en un recipiente hermético y se mantuvo en un lugar con una temperatura constante de 25 a 30 °C durante 7 días. Los microorganismos activados (EMa) se encuentran preparados para ser utilizados a partir del día cuatro. En este periodo de tiempo, el pH de la solución bajo a 4, desprendiendo un aroma dulce y ácido agradable. Además, se observó una transición de color de marrón oscuro a marrón anaranjado.

4.9.5 Inoculación de microorganismos eficaces

La inoculación de los microorganismos eficaces activados (EMa) se realizó semanalmente (cada 7 días) después del trasplante. La dosis de aplicación fue de 8 litros de EMa por hectárea para cada tratamiento. Se aplicaron 20 litros en una mochila de fumigar directamente en el cuello de la planta.

La preparación de la solución se realizó de la siguiente manera: se llenó la mitad de la mochila con agua sin cloro, luego se añadió 1 litro de EMa, y finalmente se completó con agua hasta alcanzar los 20 litros. La aplicación se realizó en forma de drench, retirando la boquilla de la mochila fumigadora. Estas aplicaciones se llevaron a cabo en horas frescas, ya sea por la mañana o por la tarde después del riego. La primera aplicación tuvo lugar el 31 de octubre, y la última se efectuó el 16 de enero de 2020. En total, se realizaron 12 aplicaciones de EMa durante toda la campaña.

4.9.6 Control de malezas

Las malezas se controlaron manualmente a medida que aparecían en el campo, realizando un total de 5 deshierbados en las siguientes fechas: el 11 y 20 de noviembre, así como el 2, 14 y 28 de diciembre.

4.9.7 Riego

Después del trasplante se realizaron riegos interdiarios en función de la fenología y las necesidades de las plantas. Se utilizaron cintas de riego con goteros de un caudal de 4 l/ha, y el volumen de riego fue de 3,5 mm. Se regó interdiario los días lunes, miércoles y viernes, en horas de la tarde. El riego utilizado fue por goteo.

4.9.8 Control fitosanitario

a) Plagas

Durante el desarrollo del cultivo de cebolla, se identificaron plagas como *Prodenia eridania*, *Agrotis sp.*, *Feltia sp.*, y *Trips tabaci*. Para prevenir su proliferación, se llevó a cabo un control preventivo utilizando Chlorpirifos a una dosis de 1,5 l/ha y Alfacipermetrina en una proporción de 150 ml/200 litros. Es importante destacar que durante el ciclo del cultivo no se encontraron enfermedades. Sin embargo, se realizaron aplicaciones fitosanitarias preventivas con materiales naturales.

4.9.9 Cosecha

Antes de la cosecha, las plantas se tumbaron, esta labor se llevó a cabo el 29 de enero de 2020, cuando el 30% a 50% de sus hojas superiores estaban dobladas y tenían un tono amarillo. El arrancado se llevó a cabo el

5 de febrero, permitiendo que las plantas permanecieran en el campo durante 3 a 4 días para su proceso de "curado". Posteriormente, se colocaron en mallas y fueron trasladadas al almacén para su clasificación y posterior comercialización. La cosecha se realizó exactamente a los 110 días después del trasplante

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Altura de planta

Tabla 9. Análisis de varianza de altura de planta (cm)

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	122,83	30,71	9,06	3,26	5,41	**
Bloques	3	16,95	5,65	1,67	3,49	5,95	ns
Error exp.	12	40,68	3,39				
Total	19	180,45					

CV: 3,61 %

**= significativo

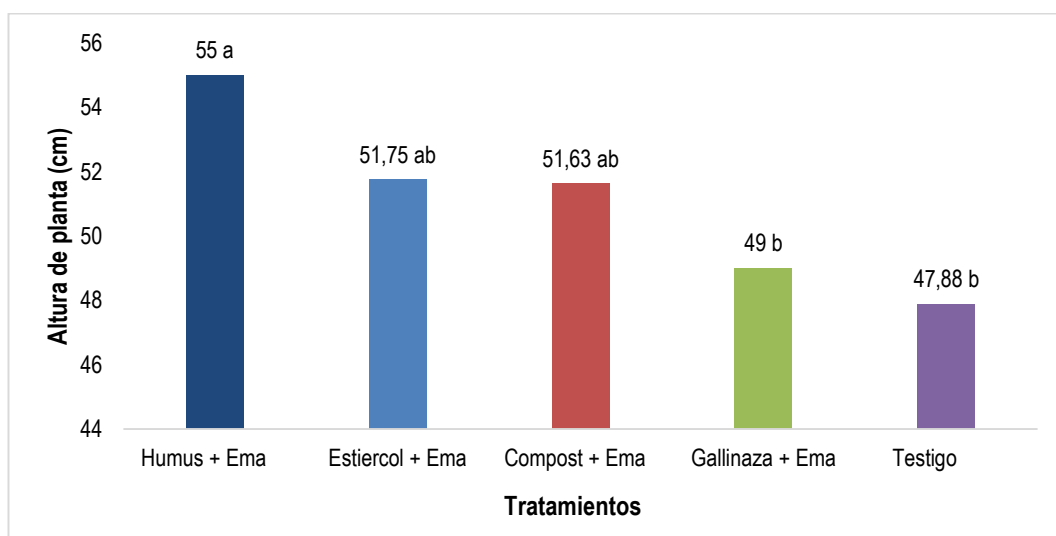
ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia

La tabla 9, se observa que la aplicación de los abonos enriquecidos con EM-1 influyen significativamente en la altura de planta de la cebolla variedad Ilabaya. Por el contrario, no se encontró significación estadística significativa para los bloques. El coeficiente de variación fue 3,61% indica que los datos son confiables para las condiciones que se llevó el estudio.

Se realizó el test de Tukey al 5% para determinar las diferencias significativas entre tratamientos. En la figura 4, se puede observar que los tratamientos con humus, estiércol, compost y gallinaza enriquecidos con EMa exhibieron el mayor desarrollo vegetativo, alcanzando alturas de planta de 55,00 cm, 51,75 cm, 51,63 cm y 49 cm, respectivamente.

La altura más reducida se registró en las plantas sometidas al tratamiento con estiércol de vacuno y en el grupo testigo, alcanzando alturas de 49,00 cm y 47,88 cm, respectivamente.



Promedios con una letra común no son significativamente diferentes

Figura 4. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con EM sobre la altura de plantas de cebolla

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados muestran discrepancias con los hallazgos de Toalombo (2012) quien no evidenció diferencias estadísticas significativas en todas las fuentes de variación. En contraste, Quispe (2019), en su investigación logró una altura promedio de 65 cm. Alvarez et al. (2020), en su ensayo reportaron alturas de planta de 52,77 cm. Por otro lado, Casas (2018) reportó una altura de 52 cm, y Yupanqui (2018) logró plantas de 56,42 cm

de altura; estos valores superan los resultados encontrados en nuestra investigación.

Estos efectos en el crecimiento vegetativo, que se centran principalmente en la altura de las plantas, podrían deberse a los abonos orgánicos enriquecidos con EM-1, ya que los microorganismos ayudan a nutrir las plantas al solubilizar los nutrientes en los abonos de gallinaza, el compost y el humus, que luego son absorbidos por las raíces.

Rodríguez et al. (2007) enfatizan que los microorganismos efectivos ayudan en las fases de germinación, floración y crecimiento de frutos. Por otro lado, aumenta la tasa fotosintética, lo que permite un crecimiento adecuado de las plantas y, por lo tanto, un mayor rendimiento.

5.2. Número de hojas por planta

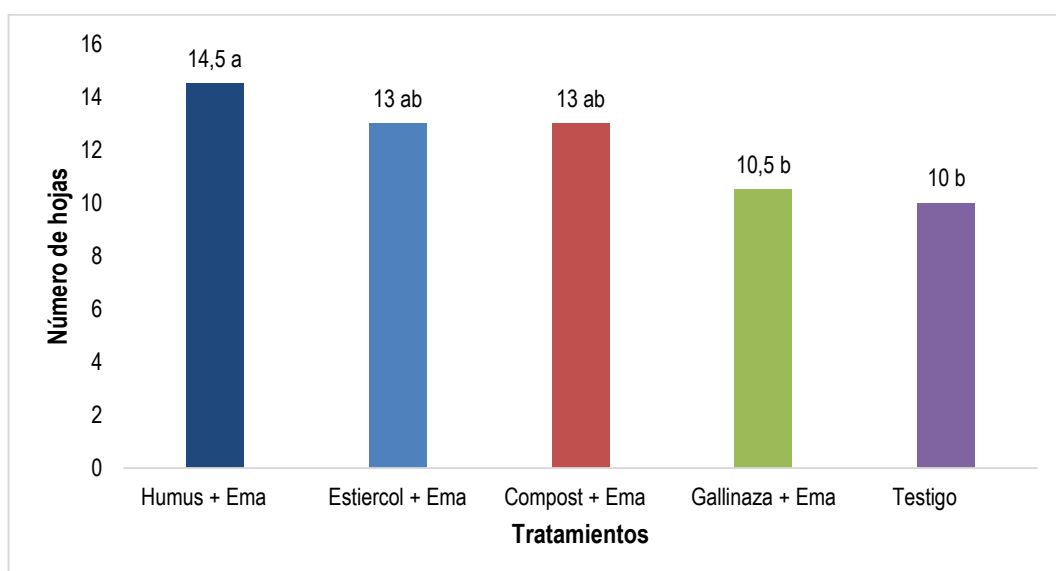
Tabla 10. Análisis de varianza de número de hojas por planta

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	57,2	14,3	6,4	3,26	5,41	**
Bloques	3	5,2	1,73	0,78	3,49	5,95	ns
Error	12	26,8	2,23				
Total	19	89,2					

CV: 12,25 % **= significativo ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se observa que los abonos orgánicos enriquecidos con EM-1 presentaron diferencias estadísticas significativas, esto indica que al menos un o mas difieren de los demás. Sin embargo, no existen diferencias estadísticas entre los bloques. El coeficiente de variación de 12,25% indica que los datos son confiables.



Promedios con una letra común no son significativamente diferentes

Figura 5. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con EM sobre el número de hojas por planta de cebolla

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del número de hojas por planta (figura 5) revelan que, no hubo influencia significativa en la mayoría de los tratamientos. Sin embargo, se mantiene una tendencia similar a la observada para la altura de planta. En otras palabras, los tratamientos que incluyeron humus + EMa (t5),

compost + EMa (t4) y estiércol + EMa (t2) mostraron el mayor promedio, con 14,25; 13,00 y 12,88 hojas planta⁻¹, respectivamente. Por otro lado, los tratamientos gallinaza + EMa (t3) y el testigo (t0) presentaron los promedios más bajos, con 10,5 y 10 hojas planta⁻¹, respectivamente.

Los efectos observados en el número de por planta atribuyen principalmente al genotipo. No obstante, también puede influir la presencia de microorganismos en los abonos orgánicos, ya que estos desempeñan un papel crucial en la dinámica de transformación de los elementos minerales (N, P, S) en el suelo. Los microorganismos eficaces (EM) son responsables de la dinámica de disponibilidad de los elementos minerales. Asimismo, la diversidad de microorganismos presentes en el suelo descompone y solubiliza los compuestos orgánicos en inorgánicos. Esto enfatiza su importancia en la nutrición mineral y biológica de las plantas.

Por otro lado, los EM aceleran los procesos que permiten a las raíces absorber los nutrientes mineralizados. La humificación de la materia orgánica del suelo (MOS), es un proceso fundamental que lo realizan principalmente por los microorganismos presentes en el suelo. Rodríguez et al. (2007) describen que los microorganismos eficaces generan efectos beneficiosos que favorecen a la germinación de las semillas, la floración, y al desarrollo de frutos, además aumenta la tasa fotosintética de las plantas,

esto permite un crecimiento vegetativo uniforme y un buen desarrollo de las plantas.

5.3. Diámetro de pseudotallo (mm)

Tabla 11. Análisis de varianza de diámetro de pseudotallo (mm)

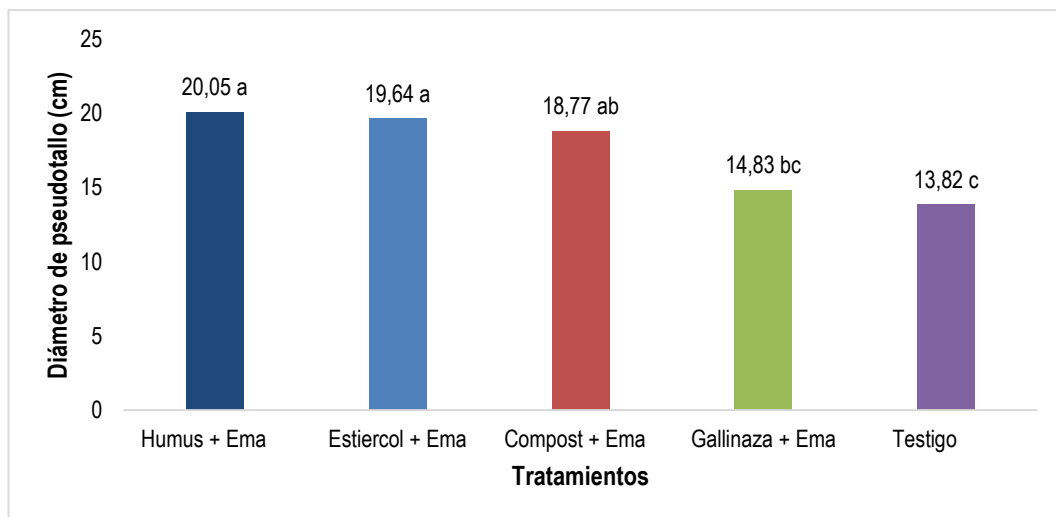
F.V.	gl	SC	CM	Fc	Fa		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	133,41	33,35	10,2	3,26	5,41	**
Bloques	3	4,72	1,57	0,48	3,49	5,95	ns
Error	12	39,24	3,27				
Total	19	177,38					

CV: 10,38 % **= significativo ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de abonos orgánicos enriquecidos con EM-1 tuvo influyó significativamente en el diámetro del pseudotallo de la cebolla var. Ilabaya. Por otro lado, no se encontró significancia estadística entre los bloques. El coeficiente de variabilidad registrado fue del 10,38%.

Los diámetros del pseudotallo de los tratamientos aplicados con humus + EM (t5), estiércol + EM (t2) y compost + EM (t4) no mostraron diferencias significativas, según el test de Tukey al 5% de significación (figura 6). Por otro lado, las plantas testigo (t1) y las plantas con aplicación de gallinaza + EMa (t3) tuvieron el pseudotallo con menor diámetro con 14,83 mm y 13,82 mm, respectivamente.



Promedios con una letra común no son significativamente diferentes

Figura 6. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con EM sobre el diámetro de pseudotallo de planta de cebolla

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran una clara evidencia de los múltiples beneficios de los microorganismos como los hongos, actinomicetos y bacterias rizosféricas. Estos microorganismos desempeñan un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica, ya que sintetizan compuestos con efectos similares a las fitohormonas que promueven el desarrollo de raíces y favorecen crecimiento vegetativo. Por otro lado, también solubilizan los nutrientes presentes en la materia orgánica del suelo favoreciendo su absorción por la planta, manifestándose en un notable incremento del crecimiento vegetativo (Núñez, 2015).

5.4. Diámetro polar de bulbo (mm)

La tabla 12, indica que la aplicación de abonos orgánicos enriquecidos con EM-1 resultó estadísticamente significativo para el diámetro polar del bulbo de cebolla var. Ilabaya. No obstante, no existe diferencia estadística significativa entre los bloques. El coeficiente de variación fue del 6,06% indica la confiabilidad de los datos registrados en campo.

Tabla 12. Análisis de varianza de diámetro polar de bulbo (mm)

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	514,66	128,67	8,73	3,26	5,41	**
Bloques	3	132,87	44,29	3,01	3,49	5,95	ns
Error	12	176,86	14,74				
Total	19	824,4					

CV: 6,06 %

**= significativo

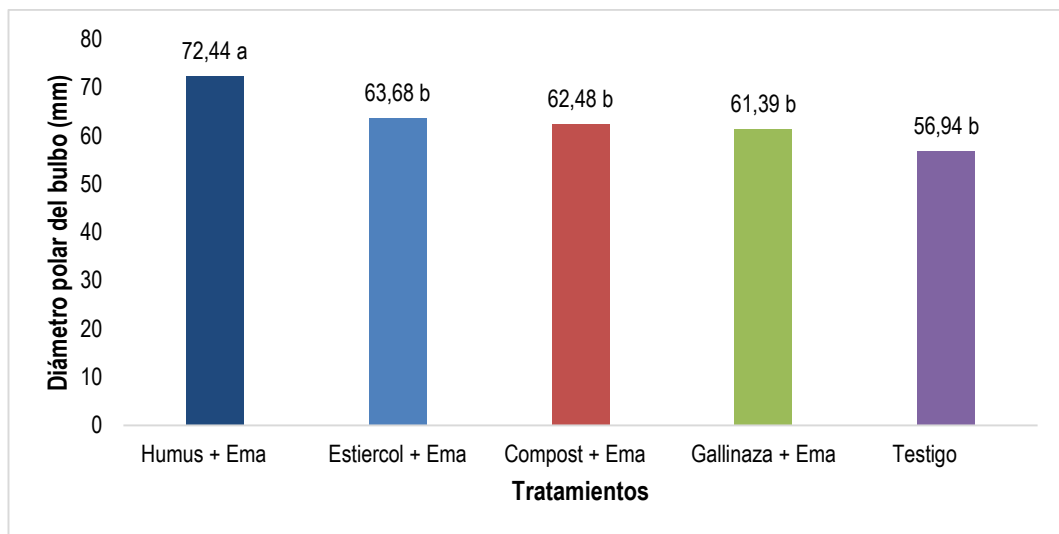
ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que los abonos orgánicos exhibieron una respuesta positiva en las variables de altura de planta, número de hojas y diámetro del pseudotallo. Sin embargo, este patrón cambió por completo al analizar la variable del diámetro polar del bulbo (figura 7).

En este caso, el tratamiento que incluyó humus + EM mostró un valor estadísticamente superior de 74,24 mm, en comparación con los tratamientos de gallinaza + EM (t3), compost + EM (t4), estiércol + EM (t1)

y el testigo (t1), que registraron valores de 62,86 mm, 62,48 mm, 62,44 mm y 56,7 mm, respectivamente.



Promedios con una letra común no son significativamente diferentes

Figura 7. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con EM sobre el diámetro polar del bulbo de cebolla

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del diámetro polar del bulbo hallados en esta investigación difieren con los encontrados por Toalombo (2012), quien no encontró diferencias estadísticas significativas para esta variable. En contraste, Quispe (2019) obtuvo un diámetro polar de bulbos de 72,72 mm, mientras que Alvarez et al. (2020), Casas (2018) y Yupanqui (2018) reportaron diámetros de 5,89 cm y 62,31 mm, estos resultados guardan relación con los obtenidos en la presente investigación.

Las diferencias observadas en el crecimiento del bulbo se atribuyen principalmente al genotipo de la variedad. Sin embargo, podría atribuirse a los microorganismos eficaces (EM), ya que estos transforman compuestos orgánicos que la planta no puede asimilar en formas inorgánicas que sí pueden ser absorbidas (mineralización) (Hernandez, 2014).

Arbildo (2021) en su ensayo y otros estudios indican que los hongos y bacterias rizosféricas participan en diversos mecanismos benéficos, descomponiendo la materia orgánica y sintetizando compuestos promotores del crecimiento vegetal, lo cual favorece el desarrollo de raíces y la absorción de nutrientes.

5.5. Diámetro ecuatorial del bulbo (mm)

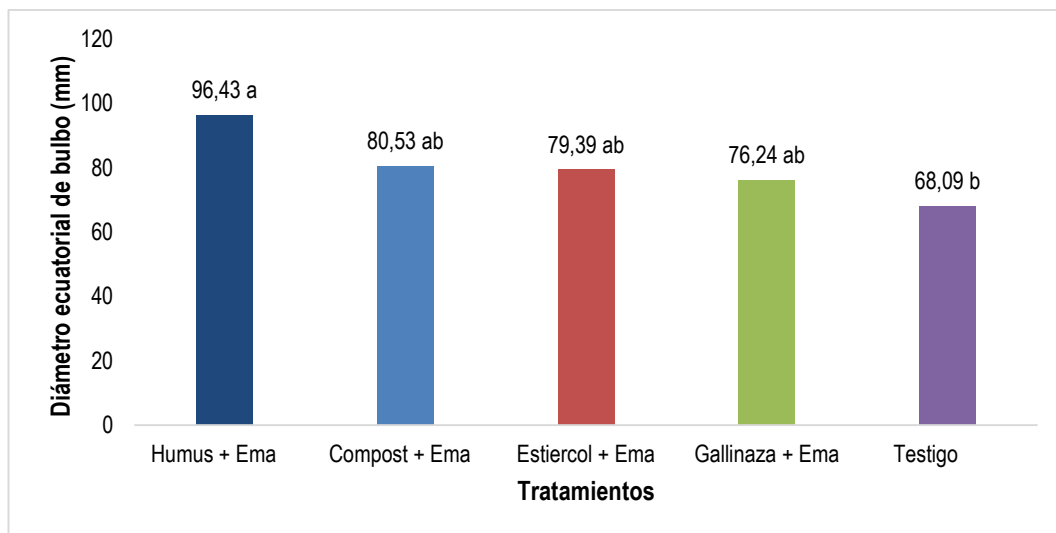
Tabla 13. Análisis de varianza de diámetro ecuatorial de bulbo (mm)

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	1706,28	426,57	3,93	3,26	5,41	*
Bloques	3	326,43	108,81	1	3,49	5,95	ns
Error	12	1304,14	108,68				
Total	19	3336,85					

CV: 13,01 % *= significativo ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia

La tabla 13, muestra que los abonos orgánicos enriquecidos con EM-1 influyen significativamente en el diámetro ecuatorial del bulbo de la cebolla var. Ilabaya (tabla 13). No obstante, no se observó significación estadística entre bloques, presentando un coeficiente de variación del 13,01%.



Promedios con una letra común no son significativamente diferentes

Figura 8. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con EM sobre el diámetro polar del bulbo de cebolla

Fuente: Elaboración propia

Los abonos humus + EM, compost + EM, gallinaza + EM y estiércol + EM son estadísticamente similares con valores de 96,43 mm, 80,53 mm, 79,39 mm y 76,24 mm, respectivamente. No obstante, el tratamiento humus + EM exhibió el mayor valor (96,43 mm). En contraste el testigo presentó el menor diámetro con 68,09 mm.

Los resultados obtenidos sugieren que los microorganismos presente en los EM-1 como: *Pseudomonas putida*, *Trichoderma sp.* y *Candida utilis*, son reconocidos por sus beneficios en términos de biofertilización y biocontrol, contribuyendo así al desarrollo y la salud de las plantas (Cano, 2011). Estos

hallazgos tienen similitud con los reportados por Quispe (2019), Alvarez et al. (2020) y Yupanqui (2018), quienes registraron diámetros de bulbo de 88,58 mm, 75,4 mm y 75,34 mm, respectivamente. Estos resultados demuestran la importancia de incorporar materia orgánica, también conocida como abonos orgánicos, para mejorar las propiedades del suelo, proporcionar nutrientes a las plantas y servir como un sustrato para la proliferación de microorganismos en el suelo (Félix et al., 2008). Los ME-1 desempeñan un papel crucial al transformar compuestos orgánicos que las plantas no pueden absorber en formas inorgánicas asimilables. Además, contribuyen a cambios químicos en compuestos inorgánicos mediante procesos de oxidación y reducción.

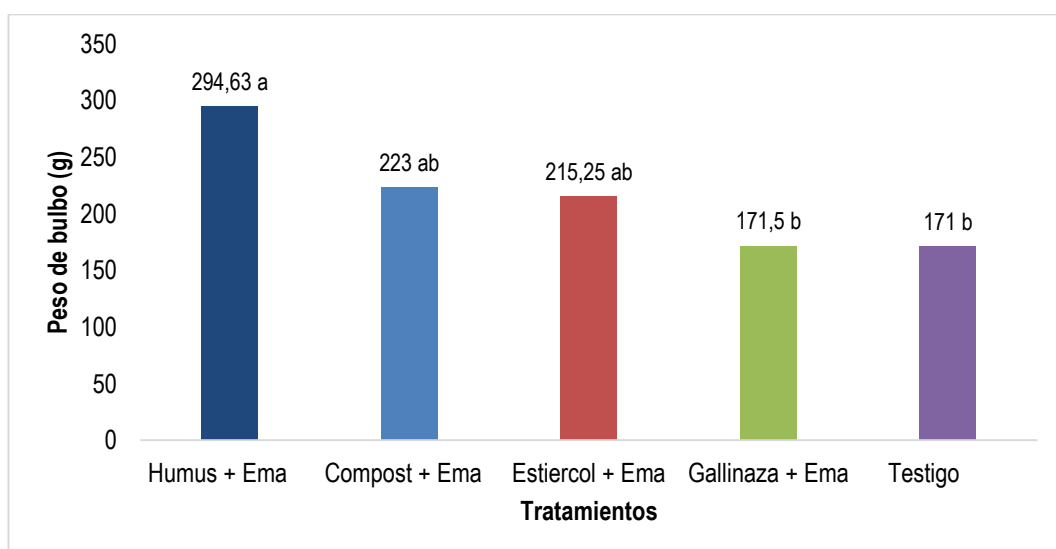
5.6. Peso unitario de bulbo (g)

Tabla 14. Análisis de varianza de peso unitario de bulbo (g)

F.V.	SC	gl	CM	Fc	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	40 929,70	4	10 232,43	6,00	3,26	5,41	**
Bloques	1 053,14	3	351,05	0,21	3,49	5,95	ns
Error	20 448,30	12	1 704,03				
Total	62 431,14	19					
CV: 19,19 %	**= significativo		ns= no significativo				

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficientes resulto significativo estadísticamente para peso unitario del bulbo de cebolla var Ilabaya. No obstante, no se ha demostrado que los bloques tengan relevancia estadística, lo que indica que son homogéneos entre sí. El coeficiente de variabilidad fue del 19,19 %, lo que es aceptable en condiciones de campo.



Promedios con una letra común no son significativamente diferentes

Figura 9. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con EM sobre el peso unitario del bulbo de cebolla

Fuente: Elaboración propia

El test de Tukey al 5% de significación indica que los mejores peso de bulbo fueron las plantas que recibieron humus + EMa (t5), compost + EMa (t4) y gallinaza + EMa (t3), como se muestra en la figura 9. No obstante, no

se detectaron diferencias significativas entre sus promedios. El abono humus + EMa (t5) tuvo el peso de bulbo más alto, con 294,63 g. El testigo, por otro lado, registró el menor valor con 171,00 gramos.

En su investigación, Arbildo (2021) aplicó humus con EM, obteniendo un peso de 100 granos de 38,33 g, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos. Morocho & Leiva-Mora (2019) en su investigación donde aplicaron 8 t ha^{-1} de bocashi combinado con microorganismos eficaces al 1%, observaron un impacto positivo en el peso promedio de frutos de fresa, alcanzando los 26,4 g. En contraste, otros estudios sobre el peso de bulbo de la misma variedad arrojaron resultados diversos; Quispe (2019) logró un peso de 301,38 g aplicando aminoácidos.

Los resultados indican que los tratamientos que incorporan materia orgánica descompuesta, como humus y compost, así como el estiércol inoculado con EM-1, aumentan el peso del bulbo. Esto podría atribuirse a los EM-1, la materia orgánica aplicada al suelo, ya que esto favorecen la adaptación, reproducción y funcionalidad de las bacterias, hongos, actinomicetos y levaduras que componen los EM-1.

Además, estos microorganismos mineralizan los nutrientes con mayor rapidez, lo que los hace accesibles en el suelo. Además, la materia orgánica mejora las características del suelo. Los beneficios se reflejan un

mayor crecimiento incrementando el área foliar, lo que aumenta la tasa fotosintética (APROLAB, 2007). Los microorganismos también aceleran la descomposición de la materia orgánica (Félix et al., 2008).

5.7. Rendimiento por unidad experimental

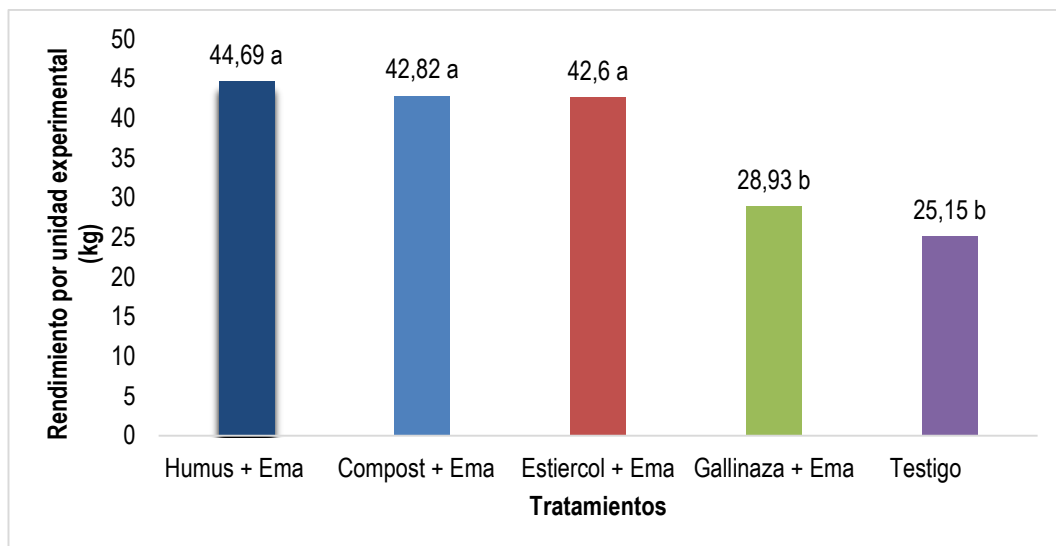
Tabla 15. Análisis de varianza de rendimiento por unidad experimental (kg)

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	1319,54	329,88	16,33	3,26	5,41	**
Bloques	3	97,19	32,40	1,60	3,49	5,95	ns
Error	12	242,39	20,20				
Total	19	1659,11					

CV: 12,2 % **= significativo ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza del rendimiento por unidad experimental (tabla 15) muestra que los abonos enriquecidos con EM-1 resultaron estadísticamente significativos; esto indica que al menos un tratamiento difiere de los demás. Sin embargo, los bloques no tuvieron significación estadística, lo que indica que eran homogéneos. El coeficiente de variación fue del 12,2 %, lo que se considera aceptable para condiciones de campo y sugiere que los datos experimentales son confiables.



Promedios con una letra común no son significativamente diferentes

Figura 10. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con EM sobre el rendimiento de cebolla por unidad experimental

Fuente: Elaboración propia

Para determinar los tratamientos con mejor respuesta en el rendimiento por UE, se realizó el test de Tukey con un nivel de significancia del 0,05 (figura 10). Los resultados revelan que, aunque no hubo diferencias entre los abonos humus + EM, compost + EM y gallinaza + EM, el tratamiento humus enriquecido con EM obtuvo el mayor rendimiento por unidad experimental con 44,69 kg. Sin embargo, los tratamientos testigo (sin abono) y estiércol de vacuno + EM (t2) presentaron rendimientos significativamente inferiores al resto de los tratamientos, con valores de 28,93 kg y 25,15 kg, respectivamente.

5.8. Rendimiento por hectárea (t ha⁻¹)

Tabla 16. Análisis de varianza de rendimiento por hectárea (t ha⁻¹)

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Tratamientos	4	181,07	45,27	16,32	3,26	5,41	**
Bloques	3	13,37	4,46	1,61	3,49	5,95	ns
Error	12	33,28	2,77				
Total	19	227,72					

CV: 12,2 %

**= significativo

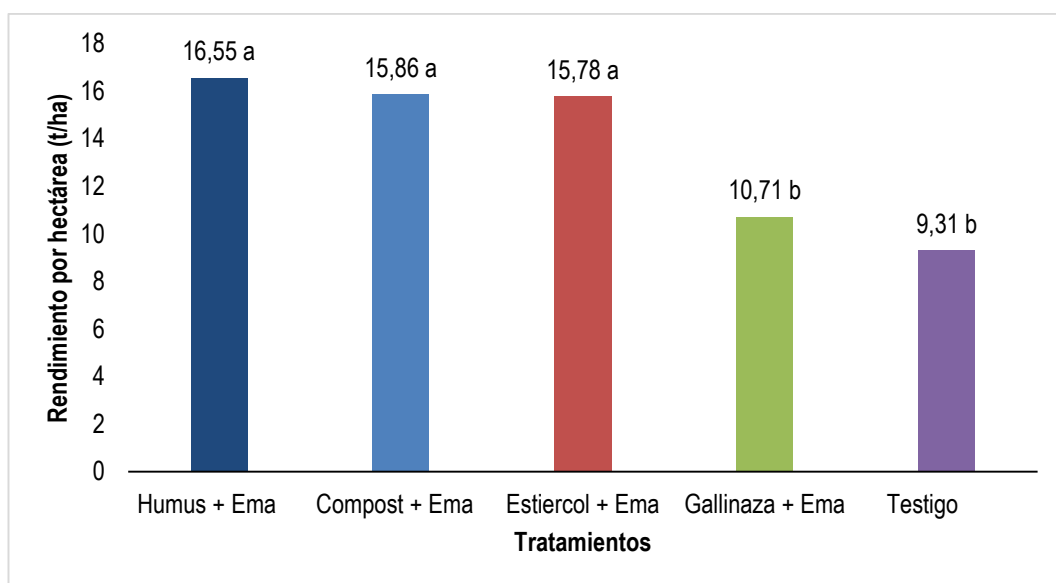
ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia

La tabla 16, muestra el análisis de varianza del rendimiento, se observa diferencias estadísticas significativas para abonos orgánicos enriquecidos con EM-1. Por otro lado, no se encontró significancia estadística en los bloques, lo que indica que son similares entre sí. El coeficiente de variación de 12,2 % indica que los datos registrados en el experimento son confiables.

Al realizar el test de Tukey con un nivel de significación del 5% para determinar los tratamientos más efectivos. La respuesta observada en el crecimiento de la cebolla como resultado de la aplicación de abonos orgánicos + EM-1 (figura 11). Se observa que el mejor tratamiento fue humus + EM (t5) sin embargo no difiere estadísticamente del rendimiento observado en los tratamientos compost + EM (t4) y gallinaza + EM (t3), registrando valores de 16,55; 15,86 y 15,78 t/ha respectivamente. Mientras

que testigo (t1) y estiércol + EM (t2) obtuvieron los valores más bajos con 9,32 y 10,71 t/ha.



Promedios con una letra común no son significativamente diferentes

Figura 11. Efecto de abonos orgánicos enriquecidos con EM sobre el rendimiento de cebolla por hectárea

Fuente: Elaboración propia

Los abonos orgánicos inoculados con EM-1, al ser aplicados al suelo, tienen el potencial de enriquecer la microflora microbiana del suelo. Por otro lado, mejoran sus propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo lo que influye sobre el rendimiento de los cultivos (Toalombo, 2012). Estudios realizados indican que los EM-1 inoculados en abonos orgánicos puede incrementar la productividad de los cultivos. Todo lo mencionado anteriormente guarda relación con el significativo aumento en el

rendimiento obtenido con el uso de humus, compost y estiércol inoculados con EM en el cultivo de cebolla.

En investigaciones realizadas en la cebolla roja Ilabaya, Quispe (2017) utilizando cuatro abonos orgánicos, logró el mayor rendimiento con aplicación de gallinaza y estiércol de ovino con 39,78 t ha⁻¹ y 38,12 t ha⁻¹. Yupanqui (2018), al aplicar sustancias húmicas en la cebolla roja variedad Ilabaya, obtuvo rendimientos de 39,42; 33,43; 33,01 y 31,26 t ha⁻¹, superando al testigo. Quispe (2019), al utilizar bioestimulantes orgánicos en la cebolla, logró el mayor rendimiento con el bioestimulante Aminoterra, alcanzando 39,83 t ha⁻¹.

CONCLUSIÓN

Los abonos orgánicos aplicados humus $5 \text{ t ha}^{-1} + 10 \text{ l ha}^{-1}$ de Ema (t5), compost $5 \text{ t ha}^{-1} + 10 \text{ l ha}^{-1}$ de Ema (t4) y gallinaza $10 \text{ t ha}^{-1} + 10 \text{ l ha}^{-1}$ de EMa (t2) lograron los mejores rendimientos con $16,55 \text{ t ha}^{-1}$, $15,86 \text{ t ha}^{-1}$ y $15,78 \text{ t ha}^{-1}$.

En relación al número de hojas, altura de planta y diámetro del pseudotallo, los tratamientos que presentaron una mejor respuesta fueron t5, t4 y t3. Además, el tratamiento t5 produjo bulbos de mayor diámetro polar, mientras que los tratamientos t5, t4 y t2 lograron el mayor diámetro ecuatorial de los bulbos.

En cuanto al peso de los bulbos, los tratamientos t5, t4 y t3 lograron los mejores pesos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación 5 t ha⁻¹ de humus enriquecidos con 10 l ha⁻¹ de Ema; 5 t ha⁻¹ de compost con 10 l ha⁻¹ de Ema y 10 t ha⁻¹ de gallinaza con 10 l ha⁻¹ de EMa.

Para incrementar el diámetro polar del bulbo se recomienda aplicar 5 toneladas de humus, 5 toneladas compost y 10 toneladas de gallinaza enriquecidos con 10 litros EMa por hectárea.

Se recomienda seguir investigando como influyen los microorganismos eficaces activados en otras variedades de cebolla y comparar los resultados.

Se recomienda investigar la aplicación de microorganismos eficaces activados con otras fuentes orgánicas para evaluar sus efectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, M. M. (2017). *Efecto de los microorganismos eficaces y frecuencias de aplicación, en el rendimiento del cultivo de la Vid (Vitis vinifera L.) cv. Red globe – en el Instituto Basadre de Investigación IRGAB – Tacna*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Alvarez, M. M., Casas, D. A., & Yupanqui, G. (2020). Aplicación de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de cebolla roja Ilabaya (*Allium cepa*). *Ciencia & Desarrollo*, 19(26), 61-67. <https://doi.org/10.33326/26176033.2020.26.933>
- APROLAB. (2007). *Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces* (p. 23). Programa de apoyo a la formación profesional para la inserción laboral en el Perú.
- Arbildo, G. N. (2021). *Efecto de la aplicación de gallinaza y microorganismos eficientes (EM) sobre algunas propiedades químicas y biológicas de un inceptisol de Pucallpa* [[Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3296/000001326T>

.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., & Shuster, W. (2000). Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*, *44*(5), 579-590. [https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70073-6](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70073-6)

Brewster, J. (2001). *Las cebollas y otros Alliums*. Editorial Acribia S. A. https://www.editorialacribia.com/libro/las-cebollas-y-otros-alliums_54223/

Burgos, L. H., & Mendoza, J. (2018). *Análisis sectorial de la cebolla roja en el Perú* [[Tesis para optar el grado de Master]. Universidad de Piura]. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3686/MDE-P_1802.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Dimas, J., Mtz, L., Estrada, A. D., Rubin, E. M., Cepeda, R. D. V., Latinoamericana, T., Mexicana, S., Ciencia, D., Del, Q., Rendimiento, S. Y., Maiz, E. N., & Cepeda, D. V. (2001). Effect of organic fertilizers on physical-chemical soil properties and corn yield. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.*, *19*, 293-299. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319401>

Dirección de estadística agraria Tacna. (2020). *TACNA: Serie histórica, producción agrícola 2011-2020*.
https://www.agritacna.gob.pe/gestores/estadistica/of_ol_estadidet_e/archivos/8949889449_6586184841.pdf

FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor, Experiencias en América Latina*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

Félix, J. A., Sañudo, R. R., Rojo, G. E., Martínez, R., & Olalde, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 4(1), 57-67.
<https://doi.org/10.35197/rx.04.01.2008.04.jf>

Gaviola, J. C. (2020). *Producción de semillas hortícolas* (1a. ed.). Ediciones INTA.

Gómez, D., & Vásquez, M. (2011). *Abonos orgánicos* (p. 27). PYMERURAL y PRONAGRO.
[http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/106/Manual de elaboracion de abono organico.pdf?sequence=1](http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/106/Manual%20de%20elaboracion%20de%20abono%20organico.pdf?sequence=1)

Hernandez, J. D. (2014). *Influencia de una fertilización NPK y tres abonos orgánicos en la producción de cebolla (Allium cepa) en el valle de*

Chao-Libertad. [Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo].
Universidad Privada Antenor Orrego.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA]. (2017). *Manual de producción de cebolla* (p. 105). Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP).

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2020). *Perú: Panorama económico departamental* (pp. 1-28).

Luna, M., & Mesa, J. R. (2016). Microorganismos eficientes y su beneficios para los agricultores. *Revista científica agroecosistemas*, 2(4), 31-40.

Martinez, E., & Pinto, A. (2018). *Tecnología de producción y almacenamiento de cebolla de bulbo (Allium cepa), con enfoque sostenible en el tropico colombiano*. Editorial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC, 2018.
<https://search.worldcat.org/title/1404672187>

Morocho, M., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.

Núñez, M. A. (2015). *Respuesta del cultivo de cebolla colorada (Allium cepa*

L.) a tres abonos orgánicos y tres niveles de fertilización edáfica. [Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Central del Ecuador.

Pedraza, R. O., Teixeira, K. R. S., & Scavino, A. F. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos . Revisión. *Corpoica. Ciencia y tecnología*, 11(2), 155-164.

Peralta-Antonio, N., Bernardo de Freitas, G., Watthier, M., & Silva Santos, R. H. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis. *Idesia (Arica)*, 37(2), 59-66. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019000200059>

Quispe, M. G. (2017). *Influencia de cuatro fuentes de materia orgánica en el rendimiento de la cebolla (Allium cepa L.) var. roja Ilabaya en el Centro Experimental Agrícola III Los Pichones-Tacna.* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Quispe, T. (2019). *Influencia de bioestimulantes orgánicos en el rendimiento de cebolla (Allium cepa L.) var. Roja Ilabaya en el Centro Experimental Agrícola III Los Pichones-Tacna.* [Tesis de título de

ingeniero agrónomo]. Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Ramirez, M. A. (2006). *Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible*. [Trabajo de investigación para la especialización en Ingeniería Ambiental]. Universidad Industrial de Santander.

Ríos, Y. (2003). Importancia de las lombrices en la agricultura. *Sistemas Integrados De Produccion Con No Rumiantes*, 6, 47-52.

Rodríguez, L., Juscamaita, J., & Vargas, J. (2007). Efecto of EM-Bokashi en el cultivo de la microalga marina *Tetrasemis suceica* K. *Ecología Aplicada*, 6(1,2), 111-116.

Rojas, W. (2015). Cuatro dosis de materia orgánica (Gallinaza de postura), en el cultivo de cebolla china (var. Roja Chiclayana), en la provincia de Lamas [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín]. En *Universidad Nacional de San Martín* (Vol. 1).
http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP_AGR_O_00662_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Soto, G., & Claudia, M. (2002). Agricultura orgánica:Consideraciones

teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 65, 123-129.

Toalombo, M. (2012). *No Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (Allium fistulosum)*. [Trabajo de investigación para optar el título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Técnica de Ambato.

Yupanqui, G. (2018). *Determinación del efecto de la aplicación de sustancias húmicas en el rendimiento del cultivo de cebolla (Allium cepa L.) var. Roja Ilabaya-Tacna, 2017* [[Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann].

<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/459>
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1073>
<http://www.unjbg.edu.pe/institucion/historia.php>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo del campo experimental CEA III “Los Pichones”

INFORME DE ENSAYO N° 064 - 09 – SUE – 2019

ANÁLISIS DE SUELO

I. INFORMACION PRELIMINAR

SOLICITANTE : RUBEN JUSTO MAMANI LIMA
DIRECCIÓN : TACNA.
TIPO DE MUESTRA : SUELO
SERVICIO SOLICITADO : ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELO
CODIGO REGISTR. LABORATORIO : M-1 = 357
LUGAR DE MUESTREO : Tacna
CULTIVO ANTERIOR : Brócoli Prof. = 20 cm. Área = 528 m²
FECHA DE MUESTREO : 01 de Setiembre del 2019
PRESENTACION : 01 bolsa de plástico con 1.0 Kg. de muestra aprox.
FECHA DE RECEPCION : 09 de Setiembre del 2019
FECHA ENTREGA RESULTADO : 13 de Setiembre del 2019

II. RESULTADO ANALISIS DE CARACTERIZACION EN SUELOS

Cod. Lab.	ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO					ELEMENTOS DISPONIBLES	
	Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase Textural	CO ₂ Ca %	pH	C.E. mS/cm	Mat. Org. %	Nitróg. % N.	Fósforo ppm P	Potasio ppm K
M-1 357	42.0	19.8	39.0	FRANCO	0.0	4.58	1.48	1.14	0.060	86.59	390

Abreviaturas:

C.E. = Conductividad Eléctrica mS/cm = milisiemens por cm = miliohm por cm % = Porcentaje ppm = partes por millón
 pH y C.E. = extracto suelo 1 : 2.5 CO₂Ca = Carbonato de Calcio

Cod. Lab.	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE CATIONES CAMBIABLES					CIC Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100gs	PSI Porcentaje de Sodio Intercambiable %	Saturación de Bases %
	Ca ⁺⁺ meq/100gs	Mg ⁺⁺ meq/100gs	K ⁺ meq/100gs	Na ⁺ meq/100gs	Acidez Cambiable H ⁺ +Al ⁺⁺⁺			
M-1 357	11.52	2.38	0.96	0.45	1.89	17.2	2.62	89.01

Abreviaturas:

CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100gs = miliequivalentes x 100gs de suelo
 PSI = Porcentaje de Sodio Intercambiable

III. INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DE CARACTERIZACION

Cod. Lab.	CO ₂ Ca	pH	C.E.	MAT. ORG.	NITROG.	FOSFORO	POTASIO
M-1 357	Deficiente	Fuertem. Ácido	Moderad. Salino	Deficiente	Bajo	Excesivo	Alto
Cod. Lab.	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO BASES CAMBIABLES				CIC	PSI	
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺			
M-1 357	Alto	Medio	Muy Alto	Medio	Medio	No Sódico	

Abreviaturas:

Fuertem. Ácido = Fuertemente Ácido Moderad. Salino = Moderadamente Salino

Fuente: Laboratorio de análisis y servicios E.I.R.L. Arequipa 2019

Anexo 2. Datos registrados de las variables en estudio

Bloques	Tratamientos	Altura de planta
i	Testigo	45,00
i	Gallinaza + Ema	44,00
i	Estiércol + Ema	52,00
i	Compost + Ema	51,00
i	Humus + Ema	55,50
ii	Testigo	49,50
ii	Gallinaza + Ema	50,50
ii	Estiércol + Ema	50,50
ii	Compost + Ema	52,00
ii	Humus + Ema	55,00
iii	Testigo	46,50
iii	Gallinaza + Ema	51,50
iii	Estiércol + Ema	52,00
iii	Compost + Ema	51,50
iii	Humus + Ema	55,00
iv	Testigo	50,50
iv	Gallinaza + Ema	50,00
iv	Estiércol + Ema	52,50
iv	Compost + Ema	52,00
iv	Humus + Ema	54,50

Cuadro 1. Datos registrados de altura de planta (cm)

Bloque	Tratamientos	Número de hojas
i	Testigo	7,5
i	Gallinaza + Ema	11,5
i	Estiércol + Ema	13
i	Compost + Ema	14
i	Humus + Ema	12,5
ii	Testigo	11
ii	Gallinaza + Ema	9,5
ii	Estiércol + Ema	10,5
ii	Compost + Ema	14
ii	Humus + Ema	14,5
iii	Testigo	11
iii	Gallinaza + Ema	11
iii	Estiércol + Ema	14
iii	Compost + Ema	14
iii	Humus + Ema	15
iv	Testigo	10
iv	Gallinaza + Ema	9
iv	Estiércol + Ema	14
iv	Compost + Ema	10
iv	Humus + Ema	15

Cuadro 2. Datos de numero de hojas en cebolla Roja Ilabaya

Bloques	Tratamientos	Diámetro de tallo (mm)
i	Testigo	9,865
i	Gallinaza + Ema	16,48
i	Estiércol + Ema	19,1
i	Compost + Ema	18,09
i	Humus + Ema	20,42
ii	Testigo	15,365
ii	Gallinaza + Ema	13,985
ii	Estiércol + Ema	19,14
ii	Compost + Ema	17,49
ii	Humus + Ema	19,78
iii	Testigo	14,455
iii	Gallinaza + Ema	16,765
iii	Estiércol + Ema	19,805
iii	Compost + Ema	18,815
iii	Humus + Ema	20,44
iv	Testigo	15,585
iv	Gallinaza + Ema	12,095
iv	Estiércol + Ema	20,52
iv	Compost + Ema	20,695
iv	Humus + Ema	19,555

Cuadro 3. Datos de diámetro del tallo de cebolla Roja Ilabaya

Bloques	Tratamientos	Diámetro polar del bulbo
i	Testigo	60,84
i	Gallinaza + Ema	62,88
i	Estiércol + Ema	62,35
i	Compost + Ema	60,455
i	Humus + Ema	73,265
ii	Testigo	55,06
ii	Gallinaza + Ema	69,745
ii	Estiércol + Ema	67,1
ii	Compost + Ema	64,055
ii	Humus + Ema	70,73
iii	Testigo	61,825
iii	Gallinaza + Ema	60,855
iii	Estiércol + Ema	65,085
iii	Compost + Ema	66,035
iii	Humus + Ema	72,315
iv	Testigo	50,045
iv	Gallinaza + Ema	52,06
iv	Estiércol + Ema	60,18
iv	Compost + Ema	59,365
iv	Humus + Ema	73,45

Cuadro 4. Datos de diámetro polar de bulbo de cebolla Roja Ilabaya

Bloques	Tratamientos	Diámetro ecuatorial del bulbo
i	Testigo	55,005
i	Gallinaza + Ema	83,41
i	Estiércol + Ema	83,1
i	Compost + Ema	76,705
i	Humus + Ema	99,205
ii	Testigo	78
ii	Gallinaza + Ema	75,84
ii	Estiércol + Ema	74,505
ii	Compost + Ema	93,82
ii	Humus + Ema	93,325
iii	Testigo	75,125
iii	Gallinaza + Ema	87,705
iii	Estiércol + Ema	90,1
iii	Compost + Ema	65,385
iii	Humus + Ema	102,425
iv	Testigo	64,23
iv	Gallinaza + Ema	58,005
iv	Estiércol + Ema	69,855
iv	Compost + Ema	86,195
iv	Humus + Ema	90,775

Cuadro 5. Datos de diámetro ecuatorial de bulbo de cebolla Roja Ilabaya

Bloques	Tratamientos	Peso unitario bulbo
i	Testigo	176,5
i	Gallinaza + Ema	200,5
i	Estiércol + Ema	253
i	Compost + Ema	184,5
i	Humus + Ema	300,5
ii	Testigo	169,5
ii	Gallinaza + Ema	164
ii	Estiércol + Ema	143,5
ii	Compost + Ema	264
ii	Humus + Ema	301,5
iii	Testigo	174,5
iii	Gallinaza + Ema	201,5
iii	Estiércol + Ema	275
iii	Compost + Ema	194
iii	Humus + Ema	263
iv	Testigo	163,5
iv	Gallinaza + Ema	120
iv	Estiércol + Ema	189,5
iv	Compost + Ema	249,5
iv	Humus + Ema	313,5

Cuadro 6. Datos de peso unitario de bulbo de cebolla Roja Ilabaya

Bloques	Tratamientos	Rendimiento por UE
i	Testigo	22,5
i	Gallinaza + Ema	26,6
i	Estiércol + Ema	45,5
i	Compost + Ema	39,3
i	Humus + Ema	46,35
ii	Testigo	20,5
ii	Gallinaza + Ema	23,2
ii	Estiércol + Ema	44
ii	Compost + Ema	42,4
ii	Humus + Ema	43,2
iii	Testigo	21
iii	Gallinaza + Ema	28,4
iii	Estiércol + Ema	40
iii	Compost + Ema	45
iii	Humus + Ema	46,2
iv	Testigo	36,6
iv	Gallinaza + Ema	37,5
iv	Estiércol + Ema	40,9
iv	Compost + Ema	44,6
iv	Humus + Ema	43

Cuadro 7. Datos de rendimiento por unidad experimental de cebolla Roja Ilabaya

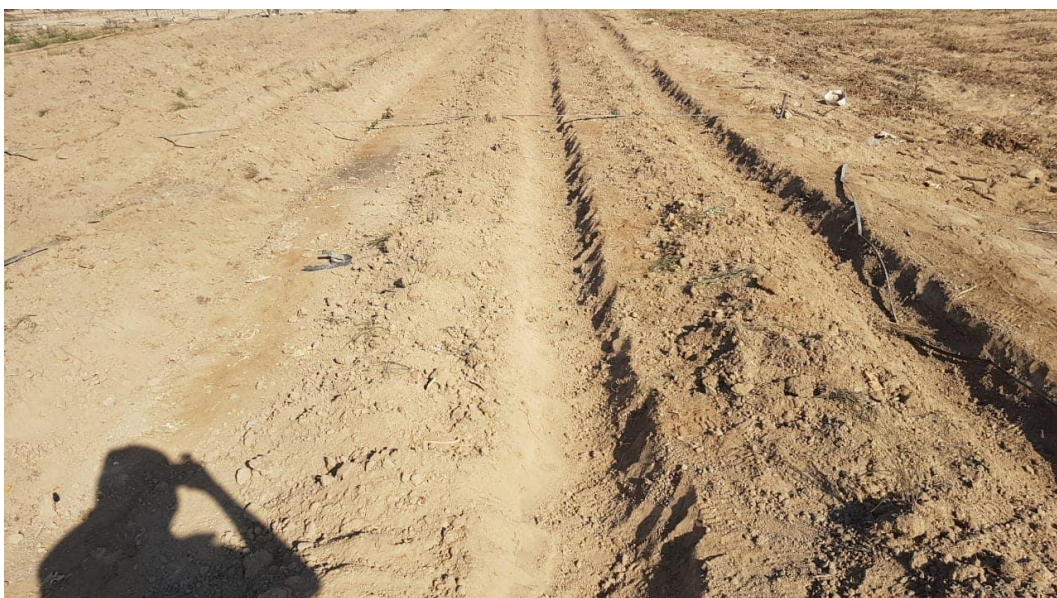
Bloques	Tratamientos	Rendimiento
i	Testigo	8,33
i	Gallinaza + Ema	9,85
i	Estiércol + Ema	16,85
i	Compost + Ema	14,56
i	Humus + Ema	17,17
ii	Testigo	7,59
ii	Gallinaza + Ema	8,59
ii	Estiércol + Ema	16,30
ii	Compost + Ema	15,70
ii	Humus + Ema	16,00
iii	Testigo	7,78
iii	Gallinaza + Ema	10,52
iii	Estiércol + Ema	14,81
iii	Compost + Ema	16,67
iii	Humus + Ema	17,11
iv	Testigo	13,56
iv	Gallinaza + Ema	13,89
iv	Estiércol + Ema	15,15
iv	Compost + Ema	16,52
iv	Humus + Ema	15,93

Cuadro 8. Datos de rendimiento por hectárea de cebolla Roja Ilabaya

Anexo 3. Panel fotográfico



Fotografía 1. Almacigo de cebolla Roja Ilabaya



Fotografía 2. Preparación del terreno



Fotografía 3. Trasplante a campo definitivo



Fotografía 4. Riegos



Fotografía 5. Crecimiento y desarrollo del cultivo en campo



Fotografía 6. Maduración y tumbado del bulbo



Fotografía 7. Medición y recolección de datos



Fotografía 8. Medición del diámetro ecuatorial



Fotografía 9. Peso de bulbo de cebolla Roja Ilabaya