



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA



TESIS

**EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS, MICROORGANISMOS EFICACES
(EM) EN LA PRODUCCIÓN FORRAJERA DE AVENA (*Avena sativa* L.),
Y MICROBIOTA DEL SUELO DEL DISTRITO DE VILQUE - PUNO**

PRESENTADA POR:

EYNER ELOY VILLAR GONZALES

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ANDINA

CON ESPECIALIDAD EN AGRICULTURA ORGÁNICA

PUNO, PERÚ

2021

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS, MICRORGANISMOS EFICACES (EM) EN LA PRODUCCIÓN FORRAJERA DE AVENA (Avena)

AUTOR

EYNER ELOY VILLAR GONZALES

RECUENTO DE PALABRAS

38530 Words

RECUENTO DE CARACTERES

186424 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

135 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.2MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 11, 2022 12:33 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 11, 2022 12:36 PM GMT-5

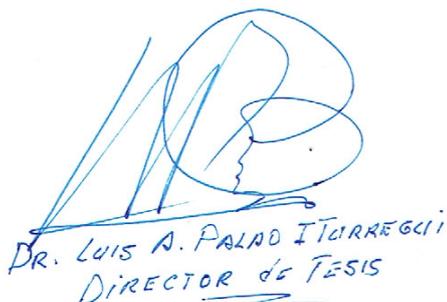
● **20% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

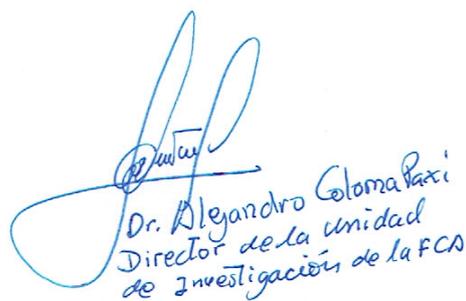
- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 15% Base de datos de trabajos entregados
- 9% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Fuentes excluidas manualmente



DR. LUIS A. PALAD I. TIRREGOCI
DIRECTOR DE TESIS



Dr. Alejandro Coloma Paxi
Director de la unidad
de Investigación de la FCS

Resumen



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA

TESIS

EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS, MICROORGANISMOS EFICACES (EM) EN LA PRODUCCIÓN FORRAJERA DE AVENA (*Avena sativa* L.), Y MICROBIOTA DEL SUELO DEL DISTRITO DE VILQUE - PUNO



PRESENTADA POR:

EYNER ELOY VILLAR GONZALES

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE AGRICULTURA ANDINA

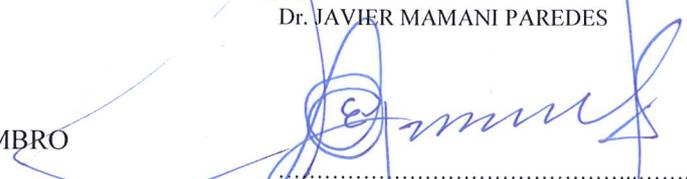
CON ESPECIALIDAD EN AGRICULTURA ORGÁNICA

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

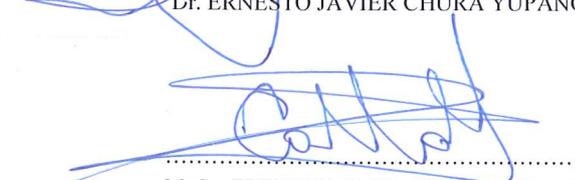
PRESIDENTE


.....
Dr. JAVIER MAMANI PAREDES

PRIMER MIEMBRO


.....
Dr. ERNESTO JAVIER CHURA YUPANQUI

SEGUNDO MIEMBRO


.....
M. Sc. FREDY GRIMALDO CALIZAYA LLATASI

ASESOR DE TESIS


.....
Dr. LUIS ALFREDO PALAO TURREGUI

Puno, 06 de Agosto del 2021

ÁREA: Ciencias de la Ingeniería.

TEMA: Efecto de Abonos Orgánicos, Microorganismos Eficaces (EM) en la Producción Forrajera de Avena (*Avena sativa* L.), y Microbiota del Suelo del Distrito de Vilque - Puno

LÍNEA: Manejo Agronómico de Cultivos



DEDICATORIA

La presente tesis, lo dedico a mis queridos padres Américo y Gloria, por los ejemplos de tenacidad y constancia que los caracterizó y que me ha impulsado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor y cariño que me han brindado.

A mí amada esposa Lena y mis adoradas hijas Aldana y Gabriela, por haberme apoyado en todo momento, quienes constituyen mi fortaleza para alcanzar mis objetivos, y sobre todo por el amor y cariño que me brindan.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano y a la Escuela de Posgrado de Puno, por brindarme la oportunidad de continuar disfrutando del conocimiento nuevo y el aprendizaje permanente.

A la plana docente del Programa de la Maestría en Agricultura Andina, por brindarnos los conocimientos y motivarnos frente a los nuevos retos de igual forma al personal administrativo de la EPG por el apoyo a la labor académica.

A los miembros del Jurado Calificador Dr. Javier Mamani Paredes, Dr. Ernesto Javier Chura Yupanqui y M.Sc. Fredy Grimaldo Calizaya Llatasi, por las sugerencias y revisión del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Luis Alfredo Palao Iturregui, por su dirección y apoyo durante la ejecución del trabajo de investigación.

Al Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural AGRORURAL Dirección Zonal Puno, por haberme permitido realizar mi trabajo de investigación.



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|---------------------|-------------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTOS | ii |
| ÍNDICE DE TABLAS | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xi |
| ÍNDICE DE ACRÓNIMOS | xii |
| RESUMEN | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

| | |
|---|----|
| 1.1. Marco teórico | 3 |
| 1.1.1. Generalidades de avena forrajera | 3 |
| 1.1.2. Exigencias climáticas del cultivo de avena forrajera | 4 |
| 1.1.3. Exigencias del suelo | 4 |
| 1.1.4. Requerimiento de abonamiento y fertilización | 5 |
| 1.1.5. Tecnología del cultivo de avena forrajera | 5 |
| 1.1.6. Variedad de avena tayko | 7 |
| 1.1.7. Abonos orgánicos | 7 |
| 1.1.8. Microorganismos Eficaces (EM) | 9 |
| 1.1.9. Aplicaciones y el uso de los microorganismos eficientes (EM) | 12 |
| 1.1.10. Uso de microorganismos eficaces (EM) en la agricultura | 12 |
| 1.1.11. Alelopatía en cultivo de avena y otros cereales | 13 |
| 1.1.12. Costos de producción | 14 |
| 1.2. Antecedentes | 16 |

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

| | |
|--|----|
| 2.1. Identificación del problema | 25 |
| 2.2. Enunciados del problema | 26 |
| 2.2.1. Problema General | 26 |
| 2.2.2. Problemas derivados o específicos | 26 |
| 2.3. Justificación | 26 |

...



| | |
|------------------------------|----|
| 2.4. Objetivos | 27 |
| 2.4.1. Objetivo general | 27 |
| 2.4.2. Objetivos específicos | 27 |
| 2.5. Hipótesis | 28 |
| 2.5.1. Hipótesis general | 28 |
| 2.5.2. Hipótesis específicas | 28 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|---|----|
| 3.1. Lugar de estudio | 29 |
| 3.2. Población | 29 |
| 3.3. Muestra | 29 |
| 3.3.1. Material Experimental | 29 |
| 3.4. Método de investigación | 30 |
| 3.4.1. Factores en estudio | 30 |
| 3.4.2. Diseño experimental | 31 |
| 3.4.3. Características del campo experimental | 33 |
| 3.4.4. Variables de respuesta | 33 |
| 3.4.5. Conducción del experimento | 33 |
| 3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos | 42 |
| 3.5.1. Determinar el efecto de las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) sobre el rendimiento de materia verde de la avena | 42 |
| 3.5.2. Determinar su efecto de las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el número de macollos y altura de planta | 43 |
| 3.5.3. Determinar su efecto de las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en peso de raíz, tallo y hojas de la avena | 43 |
| 3.5.4. Determinar el incremento de la biota del suelo con la aplicación de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) | 44 |
| 3.5.5. Estimar el análisis bromatológico del forraje de avena, por la influencia de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) | 45 |
| 3.5.6. Estimar la rentabilidad económica de la producción de forraje de la avena con la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos y EM | 45 |



| | |
|---|----|
| 3.6. Información meteorológica del lugar de estudio | 46 |
|---|----|

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|------------|
| 4.1. Efecto de las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) sobre el rendimiento de materia verde de la avena | 50 |
| 4.2. Efecto de las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el desarrollo vegetativo del cultivo | 58 |
| 4.2.1. Número de macollos | 58 |
| 4.2.2. Altura de planta | 65 |
| 4.2.3. Relación hoja/tallo | 73 |
| 4.2.4. Longitud de hoja | 79 |
| 4.2.5. Ancho de hoja | 84 |
| 4.3. Peso de raíz, tallo y hojas con la aplicación de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) | 90 |
| 4.3.1. Peso de raíces | 90 |
| 4.3.2. Peso de tallos | 95 |
| 4.3.3. Peso de hojas | 101 |
| 4.4. Cantidad de la biota del suelo con la aplicación de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) | 107 |
| 4.5. Análisis bromatológico del forraje de avena, por la influencia de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) | 110 |
| 4.6. Rentabilidad económica de la producción de forraje de la avena con la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos y EM | 112 |
| CONCLUSIONES | 116 |
| RECOMENDACIONES | 117 |
| BIBLIOGRAFÍA | 118 |
| ANEXOS | 134 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1. Dosis de abonamiento con guano de isla para diferentes cultivos | 9 |
| 2. Codificación de tratamientos en estudio | 31 |
| 3. Análisis de varianza para un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de 3 factores en estudio | 32 |
| 4. Dosis de aplicación de EMA | 35 |
| 5. Resultados de análisis físico y químico de las fuentes de abonamiento | 36 |
| 6. Análisis físico-químico del suelo experimental al inicio de la investigación | 37 |
| 7. Comparativo de análisis físico químico de suelo entre análisis inicial y final del experimento de los tratamientos (T1, T2, T4, T6, T7, T9, T10, T11, T13, T14, T17, T18, T20, T21, T23, T24, T26 y T27) | 41 |
| 8. Datos meteorológicos registrados, temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación pluvial. 2017 -2018 | 47 |
| 9. Datos meteorológicos registrados, temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación pluvial. promedio de 10 años | 48 |
| 10. Análisis de varianza para peso de materia verde de avena | 51 |
| 11. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para dosis de guano de islas sobre peso de materia verde en avena | 51 |
| 12. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para dosis de EM sobre peso de materia verde en avena | 53 |
| 13. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para para niveles de guano de corral de ovino sobre materia verde en avena | 54 |
| 14. Análisis de varianza para número de macollos en avena | 59 |
| 15. Análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para número de macollos en avena | 60 |
| 16. Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla x dosis de EM x niveles de guano de corral de ovino para número de macollos | 63 |
| 17. Análisis de varianza para altura de planta | 66 |
| 18. Análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para altura de planta | 67 |



| | |
|---|----|
| 19. Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para la medición de altura de planta | 70 |
| 20. Análisis de varianza para relación hoja tallo en la avena | 74 |
| 21. Análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para la relación hoja tallo en la avena | 75 |
| 22. Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para la relación hoja tallo | 78 |
| 23. Análisis de varianza para longitud de hoja en avena | 79 |
| 24. Análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para longitud de hoja en la avena | 80 |
| 25. Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para longitud de hoja en avena | 83 |
| 26. Análisis de varianza para ancho de hoja en avena | 85 |
| 27. Análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para ancho de hoja en la avena | 85 |
| 28. Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para ancho de hoja en avena | 88 |
| 29. Análisis de varianza para peso de raíces en avena | 90 |
| 30. Análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para peso de raíces en la avena | 91 |
| 31. Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino peso de raíces en avena | 95 |
| 32. Análisis de varianza para peso de tallos en avena | 96 |



| | |
|---|-----|
| 33. Análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para peso de tallos en la avena | 97 |
| 34. Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para peso de tallos en avena | 99 |
| 35. Análisis de varianza para peso de hojas en avena | 102 |
| 36. Análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para peso de hojas en la avena | 102 |
| 37. Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para peso de hojas en avena | 106 |
| 38. Comparativo de análisis microbiológico de suelo entre análisis inicial y final del experimento de los tratamientos (T1, T2, T4, T6, T7, T9, T10, T11, T13, T14, T17, T18, T20, T21, T23, T24, T26 y T27) | 108 |
| 39. Análisis bromatológico del forraje de avena por tratamiento | 111 |
| 40. Análisis económico de las dosis de guano de islas, con dosis de EM y con dosis de guano de corral de ovino | 113 |
| 41. Promedio de datos evaluados en campo | 134 |
| 42. Costos de producción del tratamiento T0 (00 kg/ha de guano de islas, 0% de EM y 00 kg/ha de guano de corral de ovino) | 137 |
| 43. Costos de producción del tratamiento T14 (500 kg/ha de guano de islas, 5% de EM y 500 kg/ha de guano de corral de ovino) | 138 |
| 44. Costos de producción del tratamiento T27 (1000 kg/ha de guano de islas, 10% de EM y 1000 kg/ha de guano de corral de ovino) | 139 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1. Climadiagrama campaña agrícola 2017-2018 | 47 |
| 2. Climadiagrama promedio de 10 años | 49 |
| 3. Peso de materia verde del cultivo de avena | 55 |
| 4. Ubicación espacial del área de investigación | 140 |
| 5. Pago a la tierra, antes de iniciar la instalación del proyecto de Tesis titulado “Efecto de abonos orgánicos, microorganismos eficaces (EM) en la producción forrajera de avena (<i>Avena sativa</i> L.) y microbiota del suelo del distrito de Vilque - Puno”. | 140 |
| 6. Pasado de la rastra antes de la marcación y la siembra de la <i>Avena sativa</i> L. | 141 |
| 7. Demarcación de las parcelas experimentales de acuerdo al croquis preparado en el perfil del proyecto. | 141 |
| 8. Siembra propiamente dicha del cultivo de <i>Avena sativa</i> L. al voleo en forma directa y manual. | 142 |
| 9. Aplicación de guano de las islas en las parcelas pre determinadas, según factores en estudio. | 142 |
| 11. Activación de los microorganismos eficaces (E.M.) en el laboratorio de Fisiología vegetal de la UNA – Puno. | 143 |
| 12. Colocado de los microorganismos eficaces (EM), en la estufa. | 144 |
| 13. Preparación de E.M. en concentraciones de 5% y 10% en mochilas de 20 litros. | 144 |
| 14. Aplicación de los Microorganismos eficaces a la siembra en parcelas pre determinadas en tratamientos en estudio. | 145 |
| 15. Desarrollo del cultivo, donde se puede observar las parcelas con desarrollo diferente. | 145 |
| 16. Crecimiento del cultivo de avena (T0) | 146 |
| 17. Evaluación del cultivo (T27). | 146 |
| 18. Cultivo de avena a la aplicación de dosis de guano de isla, dosis de EM y dosis de estiércol de ovino. | 147 |
| 19. Análisis microbiológico del suelo obtenido antes de iniciar con el trabajo de investigación; en el laboratorio de microbiología de la Facultad de MVZ- UNA. | 147 |



20. Evaluación a los 60 días de la siembra, en 10 plantas de cada parcela experimental y se contó el número de macollos y se midió la altura de la planta. 148
21. Evaluación a los 60 días de la siembra, en 10 plantas de cada parcela experimental y se contó el número de macollos y se midió la altura de la planta. 148
22. Aplicación del EM en la fase fenológica del macollamiento en el cultivo de avena. 149
23. Labor cultural de deshierbo, se observa la presencia sobre todo de nabo forrajero. 149
24. Medición de la planta, previa a la segunda aplicación de los microorganismos eficaces antes de la floración. 150
25. Desarrollo foliar de hojas de avena. 150
26. Evaluación del cultivo comparando los tratamientos en estudio, donde se observa la diferencia en el desarrollo de la avena. 151
27. Desarrollo vegetativo del tratamiento T24. 151
28. Uso del cuadrante de metro cuadrado para realizar la cosecha de avena. 152
29. Cosecha de un metro cuadrado de avena y se procedió al pesado con balanza para cada tratamiento (kg/m^2). 152
30. Pesado de muestras de forraje de avena por cada tratamiento. 153
31. Obtención de muestra para determinar el rendimiento de biomasa verde (aéreo y radicular). 153
32. Obtención de muestras de suelo para realizar el análisis físico químico y microbiológico del suelo, obteniéndose muestra en forma zigzag del área en estudio. 154
33. Análisis bromatológico de las muestras de forraje de avena, realizado en el laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas de la FCA-UNA Puno. 154
34. Equipo de laboratorio de Pastos y forrajes para análisis bromatológico de muestras de avena. 155
35. Insumos utilizados para análisis microbiológico de las muestras de suelo, realizado en el laboratorio de Fitopatología de la FCA-UNA Puno. 155



ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1. Tablas de datos evaluados | 134 |
| 2. Panel fotográfico de la conducción del experimento | 140 |



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

| | |
|-----------|---|
| AGRORURAL | : Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural |
| B/C | : Beneficio Costo |
| DBCA | : Diseño Bloque Completamente al azar |
| EM-1 | : Microorganismos Eficaces |
| EMa | : Microorganismos Eficaces Activado |
| FDN | : Fibra Detergente Neutro |
| INIA | : Instituto Nacional de Innovación Agraria. |
| SAS | : Sistema de Análisis Estadístico |
| SENAMHI | : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología |
| UTM | : Universal transversal de Mercator |



RESUMEN

La Región Puno demanda forraje de calidad permanente, además mantener la sostenibilidad edáfica; siendo los objetivos de investigación: Determinar el efecto de las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) sobre el rendimiento de materia verde, número de macollos y altura de planta; peso de raíz, tallo y hojas de la avena; evaluar el incremento de la biota del suelo, estimar el análisis bromatológico del forraje, y la rentabilidad económica de la producción de forraje. El experimento fue Diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial (3 dosis de guano de isla, 3 dosis de EM y 3 dosis de guano de corral de ovino) con 27 tratamientos. Los resultados indican mayor rendimiento de materia verde, número de macollos y altura de planta con 1000 kg/ha de guano de isla más EM5% y 1000 kg/ha de guano de corral de ovino con 28 000 kg/ha, 11.87 macollos, 106.00 cm; el incremento de la biota del suelo, fue con 500 kg/ha de guano de isla más EM10% más 1000 kg/ha de guano de corral de ovino en mohos, levaduras, actinomicetos, bacterias aeróbicas y bacterias anaeróbicas; 1000 kg/ha de guano de isla más EM5% más 500 kg/ha de guano de corral de ovino tuvo mayor proteína, FDN, extracto etéreo, ceniza, materia seca y humedad; 1000 kg/ha de guano de isla, EM5% más 1000 kg/ha de guano de corral de ovino tuvo 24.42% de rentabilidad y relación B/C S/.1.24.

Palabras clave: Abonos orgánicos, microbiota edáfico, microorganismos eficaces, producción forrajera.



ABSTRACT

The Puno Region demands forage of permanent quality, in addition to maintaining soil sustainability; the research objectives were: To determine the effect of doses of organic fertilizers and effective microorganisms (EM) on green matter yield, number of tillers and plant height; root, stem and leaf weight of oats; to evaluate the increase of soil biota, to estimate the bromatological analysis of forage, and the economic profitability of forage production. The experiment was a completely randomized block design with a factorial arrangement (3 doses of island guano, 3 doses of EM and 3 doses of sheep manure) with 27 treatments. The results indicate higher green matter yield, number of tillers and plant height with 1000 kg/ha of island guano plus EM5% and 1000 kg/ha of sheep manure with 28 000 kg/ha, 11.87 tillers, 106.00 cm; the increase of soil biota was with 500 kg/ha of island guano plus EM10% plus 1000 kg/ha of sheep manure in molds, yeasts, actinomycetes, aerobic bacteria and anaerobic bacteria; 1000 kg/ha of island guano plus EM5% plus 500 kg/ha of sheep barnyard guano had higher protein, NDF, ethereal extract, ash, dry matter and moisture; 1000 kg/ha of island guano, EM5% plus 1000 kg/ha of sheep barnyard guano had 24.42% profitability and B/C ratio S/.1.24.

Key words: edaphic microbiota, effective microorganisms, Forage production, organic fertilizers.

INTRODUCCIÓN

En la serranía del Perú, los pastos naturales ocupan alrededor de 14'300,000 hectáreas, de los cuales, Puno tiene una extensión de 3'520,000 hectáreas. El 95 % está formado por una vegetación de pastizales naturales dedicados al alimento de una numerosa población ganadera. Sin embargo, estas especies nativas con poco valor nutritivo (Choque, 2005), que no cubren los requerimientos mínimos necesarios para tender una ganadería sostenible (Roque, 2012), acarreado como resultado bajos niveles de producción y productividad ganadera.

La avena, se utiliza como forraje para la alimentación de animales en pastoreo, heno o ensilado (Ramírez *et al.*, 2013). En la región de Puno, es un cultivo forrajero de corte, preferida por los ganaderos por su fácil adaptación al ambiente andino, con buen rendimiento de biomasa forrajera en comparación con otros tipos de forraje de corte (Bustinza, 2018). En los diez últimos años creció en 41%; en el 2015 se tuvo una producción de 837 748 TM y en el año 2016 de 839 375 TM, con una variación de 1 627 TM entre campañas (AGROPUNO, 2016).

El uso de los abonos orgánicos en cualquier tipo de cultivo es una alternativa favorable para recuperar los efectos negativos por el uso de productos químicos, además ayuda a mejorar la fertilidad del suelo, restableciendo los nutrientes que son necesarios para que las plantas puedan absorberlos, también es un factor muy importante porque nos permite recuperar el medio ambiente y el ecosistema (Gamboa, 2020).

Los microorganismos eficaces (EM) son una combinación de microorganismos beneficiosos de origen natural, contiene principalmente organismos beneficiosos de cuatro géneros principales, cambian la micro y macro flora de los suelos, restableciendo y mejorando el equilibrio natural dañados por la fuerte intervención antrópica (Granda *et al.*, 2013; Tanya y Leiva, 2019; Nikitin *et al.*, 2018). Estimula el desarrollo de las raíces y la mejora en la nutrición de la planta debido a una mejora en la captación de nutrientes, mejorando la producción de cultivos, generando una agricultura más sostenible (Bzdyk *et al.*, 2018; Van *et al.*, 2018; Zakarya *et al.*, 2018). Los agroquímicos utilizados de forma excesiva ponen en peligro la calidad de suelo, conduciendo a cambios en las propiedades químicas y biológicas, ello conlleva a la reducción de la fertilidad, causando disminución del desarrollo de diversos cultivos (Pastor *et al.*, 2015).



El sector agropecuario en el departamento de Puno, requiere de manera urgente cambios técnicos adecuados a su realidad que permitan incrementar la productividad de este cereal forrajero introduciendo variedades de avena para obtener mejores resultados con la adecuada dosis de aplicación de los abonos orgánicos y EM.

Desde el punto de vista el trabajo de investigación, se pretende mejorar la producción forrajera en avena al aplicar diferentes niveles de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) con la finalidad de obtener mejores niveles de producción y productividad, mejorando la calidad de la ganadería brindando salud y calidad de vida a la población, en el aspecto tecnológico contar con recomendaciones y dosis adecuada hacia los agricultores y ganaderos de nuestra región.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Generalidades de avena forrajera

La *Avena Sativa* es un forrajero reconocido como una de las especies forrajeras más cultivadas en el mundo y tiene un grano nutritivo y palatable. Tiene raíces voluminosas y produce de 7 a 20 tallos, alcanzando una altura de 1.2 a 2 metros. Contiene grandes cantidades de proteína cruda, nutrientes digeribles totales (NDT), vitaminas B₁, minerales y grasas. Debido a su alto rendimiento de biomasa y excelente contenido de nutrientes, los ganaderos de la Sierra central peruana han comenzado a utilizar técnicas de conservación de alimentos como la fabricación de heno para obtener alimento para el ganado durante la época seca (Noli *et al.*, 2017).

Es una planta anual, su centro de origen se cree que es en Asia y el Mediterráneo. Ocupa el quinto lugar en el mundo, es el cereal forrajero de invierno de gran importancia en climas fríos y húmedos del hemisferio norte. Es una excelente planta forrajera, se ha difundido su cultivo principalmente en la región de la sierra altoandina, existen diferentes variedades que son de gran importancia para la alimentación ganadera, teniendo características como la facilidad de su cultivo, adaptación a una extendida superficie agrícola, buena producción de forraje en verano, palatabilidad y por su valor nutritivo como materia verde, como heno o ensilaje, características que le ha permitido tener una popularidad entre los cereales, como forraje para engorde y producción de leche (Choque, 2005).

1.1.2. Exigencias climáticas del cultivo de avena forrajera

La avena es generalmente adecuada para las condiciones climáticas agrícolas de la Sierra Central y la Sierra del Perú a una altitud de 3200 - 4200 m.s.n.m., si se cultiva para la producción de forraje verdes. En época seca, necesita la precipitación anual es de 400-600 mm y no puede soportar la sequía (Mamani y Cotacallapa, 2018).

Choque (2005), manifiesta que, es una planta anual de clima templado y frío, que necesita una temperatura de 6° C para su germinación y 12 a 16 °C para completar su floración. Bajo situaciones de secano, requiere una precipitación pluvial mayor de 600mm anuales. Se cultiva desde altitudes des 2500 hasta los 4100 m.s.n.m. No es tolerante a la sequía.

Argote y Ruiz (2011), declaran que se cultiva entre altitudes de 3,812 a 4,200 m.s.n.m. también indican que, para tener un óptimo rendimiento como forraje necesita que las condiciones ambientales sean las adecuadas, la humedad relativa debe ser de 60 a 75%, precipitación pluvial de 500 a 700 mm para un buen desarrollo y tener un rendimiento adecuado; la temperatura máxima debe ser de 16 a 17 °C y una mínima de 6 a 8 °C.

1.1.3. Exigencias del suelo

La avena requiere de suelos francos y franco arcillosos, normalmente en secano, raras veces bajo riego. Se adapta también a suelos con escasa fertilidad y se comporta mejor en suelos alcalinos. No requiere de una preparación rigurosa del terreno, pero sin embargo requiere mullir el suelo adecuadamente a fin de aumentar la disponibilidad de nutrientes para la planta (SEFO-SAM, 2011).

Argote y Ruiz (2011), dan a conocer que el suelo es un factor determinante para el éxito o fracaso del cultivo, requiere de suelos profundos, con adecuado contenido de materia orgánica y textura de franco-arenoso a franco-arcilloso. Se puede sembrar en zonas bajas “pampa” y laderas con una pendiente de 0 a 20%, el pH debe ser de 7.3 a 8.0, puede tolerar suelos con tendencia ácida (pH: 5.5 a 6.8). Está adaptado a un clima semi seco y frío, se desarrolla mejor en las zonas agroecológicas circunlacustre, suni o altiplano de la región de Puno. Flores (2005), afirma que este cultivo, prospera bien los suelos drenados y razonablemente fértiles, teniendo cuidado de los suelos pobremente drenados, haciendo que las plantas se tumben y se haga propicio la infección por enfermedades la roya” y el “mildiu”.

1.1.4. Requerimiento de abonamiento y fertilización

Calla (2012), indica que es recomendable aplicar estiércol fermentado bajo la dosis de 1000 kg/ha de vacuno, y 500 kg/ha de ovino, dependiendo de la textura de suelo; suelos arcillosos y arenosos requerirá una mayor cantidad, al igual que los suelos ácidos, pero en suelos francos será una menor cantidad. Se recomienda aplicar una sola vez al momento de la preparación de los suelos, antes de la pasada con rastra. No se debe olvidar el periodo de descomposición, siendo en el estiércol de ovino más rápido, mientras que para el vacuno es más lento.

INIA (2006), recomienda aplicar la formulación 60-50-00 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, pero siempre viendo el contenido según el análisis de suelo; la mitad de nitrógeno y todo el fósforo se debe aplicar a la siembra, y la otra mitad del nitrógeno aplicar al macollamiento.

1.1.5. Tecnología del cultivo de avena forrajera

Choque (2005), indica que el terreno se debe preparar en los meses de agosto y setiembre; es necesario que el suelo sea bien removido usando el arado de disco y pasar una rastra en forma cruzada para conseguir una buena cosecha, Argote y Ruiz (2011) recomienda realizar lo siguiente: elección del terreno, semi-tardías y época de preparación del suelo, aradura y rastrado o mullido.

1.1.5.1. Época de siembra

Argote y Ruiz (2011) dan a conocer que, la época oportuna para la siembra de es entre los meses de octubre y noviembre, lo cual va a depender de la presencia de lluvias que favorezcan la germinación de las semillas. Para tener éxito en la siembra, tener en cuenta que la semilla tenga 95 a 98 % de poder germinativo, la cantidad de semilla debe ser de 80 a 120 kg/ha, el surcado debe estar entre 25 a 30 cm, desinfección de la semilla con vitavax u Hoday a la dosis de 250 g/100 kilos de semilla, el método de siembra puede ser en línea o al voleo, y el tapado realizar con una pasada de rastra.

1.1.5.2. Densidad de siembra

Miranda (2014), indica que, la época de siembra se da al inicio de la temporada de lluvias (meses de noviembre y diciembre). La densidad de siembra es de 120 kg/ha. Vega y Torres (2013), recomiendan que la siembra, debe realizarse al voleo,

esparciendo la semilla uniformemente en el campo, siguiendo la dirección de los surcos. Después cubrir las semillas, con una capa de tierra a una profundidad de 5 a 10 cm aproximadamente.

1.1.5.3. Labores culturales

Argote y Ruiz (2011), afirman que, las labores culturales se deben realizar considerando la relación directa con las condiciones climatológicas que se presentarán en el ciclo vegetativo, el grado de incidencia de las malezas, plagas y enfermedades; y además de otros factores que podrían afectar el normal desarrollo del cultivo. Bajo las condiciones de Puno, recomiendan realizar el deshierbo y la fertilización complementaria.

a) Control de malezas

Miranda (2014), expresa que, las malezas tienden a competir por los nutrientes y el agua con el cultivo de avena, para evitar esta competencia, se debe extraerse del campo de cultivo. La labor del deshierbo, se debe realizar cuando la avena este en la fase de macollamiento. Choque (2005), pronuncia que, las malezas pugnan por agua, aire, nutrientes y luz, desde la emergencia hasta el entallamiento; por lo cual, debe conservarse limpio el cultivo desde el principio, es recomendable realizar un deshierbo manual, cuando el cultivo se encuentre en la fase fenológica de macollamiento.

1.1.5.4. Cosecha de forraje

Según Choque (2005) revela que, para suministrar a los animales avena verde como forraje, debe realizarse el corte desde el estadio de abuchamiento hasta la salida de la panoja. Respecto al heno, es recomendable realizar el corte en la fase fenológica de floración completa a grano lechoso, ya que es el forraje tiene mejor calidad nutricional. Vegas y Torres (2013), corroboran indicando que el corte de avena forrajera se realiza cuando se encuentre con el máximo valor nutritivo (el grano se encuentra en estado lechoso), entonces, la cosecha se realiza a los cinco meses después sembró. Miranda (2014), también opina que, la siega se efectúa cinco meses después de la siembra (fase fenológica de prefloración o floración).

1.1.5.5. Rendimiento de biomasa verde forrajera

Vega y Torres (2013), afirman que, el rendimiento de la avena cuando es recién cortada llega a 40 t/ha, el 75% es materia verde (3.6 t/ha) y el 25% es materia seca (1.2 t/ha). Guerrero (2012) indica que, es necesario en imprescindible la aplicación una buena cantidad de nutrientes para obtener un rendimiento promedio de 40 a 47 toneladas de forraje verde/ha ó de 10 a 13 toneladas de forraje seco para heno/ha (el cual se considera como bueno). Choque (2005) manifiesta que la variedad Tayco tiene un rendimiento que oscila entre 71.7 a 94 t/ha.

1.1.6. Variedad de avena tayko

INIA (2006) afirma que, es una especie forrajera, rústica, adaptándose a diversos tipos de suelo, no obstante, es exigente en agua por su gran transpiración, superior al cultivo de cebada, razón por la cual se adapta mejor a climas frescos y húmedos de las zonas alto andinas, pero, es sensible a la sequía durante el estado fenológico de formación de grano. Las características que posee, son: altura de planta de 1.40 a 1.55 cm; rendimiento de forraje verde (kg/ha) de 20 164 a 23 530, y tiene un periodo vegetativo para forraje de 170 días.

1.1.7. Abonos orgánicos

Son fertilizantes procesados biológicamente, derivados de animales o vegetales; los productores pueden producirlos ellos mismos utilizando insumos de la granja. Ayudan a la planta a crecer y lograr una mayor producción. Se han utilizado durante mucho tiempo para aumentar la fertilidad del suelo y mejorar sus propiedades con el fin de promover el desarrollo adecuado de las plantas. Hoy en día, su uso es muy importante ya que se ha demostrado que aumenta los rendimientos y mejora la calidad del producto (Gamboa, 2020).

Después de la descomposición, los fertilizantes orgánicos fertilizan el suelo y proporcionan los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejorando así las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo. Los ejemplos de fertilizantes orgánicos incluyen fertilizantes, compost, residuos de plantas, fertilizantes orgánicos, abono verde y residuos orgánicos industriales (Gutiérrez *et al.*, 2019).

1.1.7.1. Estiércol

Este es el excremento producido por los animales en forma de sólidos y líquidos del ganado, que se mezcla con sustancias celulósicas y poco a poco comienza a descomponerse, y se utiliza como fertilizante para los cultivos. Algunos están compuestos por múltiples desechos orgánicos (desechos de excrementos de animales con paja). Dependiendo del grado de descomposición de sus componentes, generalmente se consideran los siguientes tipos: fertilizantes frescos, fertilizantes semiacabados, fertilizantes maduros (España, 2018; Hurtado, 2019).

El uso de estiércoles como fuente de nutrientes, conserva la dinámica del suelo, beneficia en el desarrollo vegetal, la vida macro y microbiana, mejora la estructura del suelo y el desarrollo de raíces (Khandaker *et al.*, 2017; López *et al.*, 2012); Aportan N, P, K, Ca y Mg, que son liberados lentamente para la disponibilidad de las plantas; contienen materia orgánica, promoviendo la nutrición de las plantas, el reciclaje de nutrientes en el suelo, debido a que la liberación de los nutrientes es gradual, éstos pueden ser mejor aprovechados por los cultivos (Chami *et al.*, 2013; Okazaki *et al.*, 2010).

1.1.7.2. Guano de islas

AGRORURAL (2011), menciona que, el guano de las Islas, viene a ser un fertilizante natural completo, para un crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de forma excelente. Tiene, macro-nutrientes Nitrógeno, Fósforo y Potasio en cantidades de 10-14, 10-12, 2 a 3 % respectivamente. También contiene elementos secundarios Calcio, Magnesio y Azufre, con un contenido promedio de 8, 0.5 y 1.5 % respectivamente. Además de micro elementos como el Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso, Boro y Molibdeno en cantidades de 20 a 320 ppm (partes por millón).

a) Propiedades del Guano de Isla

- Fertilizante natural y completo, tiene todos los nutrientes que la planta demanda para su buen crecimiento y desarrollo.
- Producto ecológico, ya que no contamina el medio ambiente.
- Biodegradable, ya que completa su proceso de mineralización en el suelo, transformándose en parte en humus y otra se mineraliza, liberando nutrientes a través de un proceso microbiológico.

- Mejora los entornos físico-químicos y microbiológicos del suelo. En suelos sueltos se va a formar agregados, en suelos compactos se logra la soltura.
- Incrementa el C.I.C. (capacidad de intercambio catiónico), favoreciendo la absorción y retención del agua.
- Contribuye con la flora microbiana y materia orgánica, optimizando la actividad microbiológica del suelo, además de suministrar los nutrientes indicados anteriormente, lo que le confiere al suelo la propiedad de “organismo viviente”.
- Tiene solubilidad en agua, es de fácil asimilación por las plantas (fracción mineralizada). (AGRORURAL, 2011).

b) Abonamiento con guano de islas

Tabla 1

Dosis de abonamiento con guano de isla para diferentes cultivos

| Cultivo | Recomendación de Abonamiento (kg/ha) | | | Guano de las islas kg/ha | |
|------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------------------------|--------------|
| | Rendimiento TM/Ha | N | P ₂ O ₅ | | |
| Papa | 25 - 30 | 180 - 200 | 120 | 100 | 1,500 - 1700 |
| Arveja | 1.5 - 2 | 77 | 60 | 40 | 600 |
| Frijol | 1.5 - 2 | 65 | 60 | 50 | 500 |
| Haba | 1.5 - 2 | 85 | 60 | 60 | 650 |
| Quinoa | 2.5 - 3.5 | 80 - 100 | 60 - 80 | 60 | 700 - 900 |
| Kiwicha | 2.5 - 3.5 | 100 - 120 | 60 - 80 | 60 | 900 - 1000 |
| Trigo | 3.5 | 80 - 100 | 80 | 40 | 700 - 900 |
| Cebada | 3.5 | 60 | 60 | 40 | 500 |
| Avena | 1.5 - 2 | 60 | 100 | 60 | 500 |
| Maiz Amil. | 30,000 Uni/Ha. | 160 | 80 | 80 | 1400 |
| Alfalfa | 12 | 130 | 120 | 120 - 200 | 1000 |

Fuente: AGRORURAL (2018).

1.1.8. Microorganismos Eficaces (EM)

1.1.8.1. ¿Qué son los microorganismos eficaces (EM)?

Los Microorganismos Eficaces surgen desde la década de los años 60, aunque los mayores avances comienzan con los estudios del profesor de horticultura Teruo Higa, de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa aproximadamente en 1970. Este investigador se motivó por la búsqueda de alternativas naturales en la producción agrícola, el mismo había sufrido efectos

tóxicos de plaguicidas químicos en sus primeros años de ejercitar su profesión (Quispe y Chávez, 2017).

Los microorganismos eficientes o ME (del inglés Efficient Microorganism) consisten en productos formulados líquidos que contienen más de 80 especies de microorganismos, algunas especies son aeróbicas, anaeróbicas e incluso especies fotosintéticas cuyo logro principal es que pueden coexistir como comunidades microbianas e incluso pueden completarse (Hoyos *et al.*, 2008).

1.1.8.2. Bacterias fototrópicas

Son bacterias autótrofas (*Rhodospseudomonas* spp.) que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros Microorganismos Eficaces. Por ejemplo, en la rizósfera las micorrizas vesículo-arbusculares (VA) se incrementan gracias a la disponibilidad de compuestos nitrogenados (aminoácidos), que son secretados por las bacterias fototrópicas. Las micorrizas VA en respuesta, incrementan la solubilidad de fosfatos en el suelo y por ello brindan fósforo que no era disponible a las plantas. Las micorrizas VA también pueden coexistir con *Azotobacter* y *Rhizobium*, e incrementar la capacidad de las plantas para fijar nitrógeno de la atmósfera (Luna y Mesa, 2016).

1.1.8.3. Bacterias Ácido Lácticas

Estas bacterias (*Lactobacillus* spp.) producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras (Ecologic Maintenances, 2012). Diversos documentos señalan que el ácido láctico es un compuesto esterilizante fuerte, que suprime microorganismos dañinos y ayuda a la descomposición de materiales como la lignina y la celulosa, fermentándolos, removiendo efectos no deseables de la materia orgánica no descompuesta. Este compuesto a su vez, transforma esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. Por eso, algunas comidas y bebidas como el yogur y encurtidos son hechas con bacterias ácido lácticas desde tiempos remotos. Las bacterias ácido

lácticas, tienen la habilidad de suprimir enfermedades, incluyendo microorganismos como *Fusarium*, que aparecen en cultivos continuos y en circunstancias normales, debilitan las plantas, exponen a enfermedades y a poblaciones grandes de plagas como los nematodos (Luna y Mesa, 2016).

1.1.8.4. Levaduras

Las levaduras son hongos unicelulares que representan un puente biológico entre las bacterias y los organismos superiores, manteniendo las ventajas de los microorganismos en cuanto a su fácil manipulación y crecimiento rápido. Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales y otras útiles, requeridas por las plantas para su crecimiento a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fototrópicas, materia orgánica y raíces de plantas (Toc, 2012 y Valdivieso, 2013).

Valenzuela (2012) y Serrano (2009), revelan que las sustancias bioactivas como las hormonas y las enzimas producidas por las levaduras, promueven la división activa celular y radical. Estas secreciones también son sustratos útiles para el EM como las bacterias ácido lácticas y actinomicetos. Valdivieso (2013), refiere que *Saccharomyces cerevisiae*, es quizás, la levadura más importante para la humanidad, ya sea por su utilización desde hace miles de años en la producción de pan y bebidas alcohólicas por fermentación, o por ser uno de los organismos eucarióticos modelos más intensamente estudiados a nivel de su biología celular y molecular.

1.1.8.5. Actinomicetos

Los actinomicetos son una estructura intermedia entre bacterias y hongos, que pueden coexistir con las bacterias fotosintéticas y producen sustancias antimicrobianas a partir de los aminoácidos y la materia orgánica secretados por éstas. Ambas especies (actinomicetos y bacterias fotosintéticas), mejoran la calidad de los suelos desarrollados, al incrementar su actividad antimicrobiana. Los actinomicetos controlan hongos y bacterias patogénicas y también aumentan la resistencia de las plantas, mediante un mecanismo de producción de antibióticos que provocan inhibición de patógenos del suelo y benefician el crecimiento y la actividad de *Azotobacter* y de las micorrizas (Asia Pacific Natural Agriculture Network, 2003; y Coutinho, 2011).

1.1.8.6. Hongos de fermentación:

Salgado (2007) ostenta que, los hongos de fermentación como el *aspergillus* y penicilina llegan a descomponer rápidamente la materia orgánica para la producción del alcohol, esterres y substancias antimicrobianas, de esta forma elimina el progreso de malos olores, y previene la aparición de insectos que sean perjudiciales y de los gusanos (Asia Pacific Natural Agriculture Network, 2003; y Condor, *et al.*, 2007). Al referirse al papel que tienen estos hongos en el EM, Ibáñez (2011), explica que aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica lo que facilita su obtención para la nutrición de las plantas.

1.1.9. Aplicaciones y el uso de los microorganismos eficientes (EM)

Los Microorganismos Eficientes, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección, además conservan los recursos naturales, y generan una agricultura y medio ambiente más sostenible. Pueden ser utilizados en la rama animal (porcicultura, ganadería y avicultura) para la cría de animales, el incremento de las variables productivas, esto maximiza la eficiencia de los sistemas y el manejo de excretas e instalaciones (Luna y Mesa, 2016).

Ecologic Maintenances (2012), asegura que son una buena alternativa dentro del saneamiento ambiental. La utilización de microorganismos como herramienta biológica permite transformar desechos para ser usados como nutrientes; pueden aplicarse en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales y en residuos sólidos con lo cual se pueden producir fertilizantes y evitar la proliferación de insectos y vectores.

1.1.10. Uso de microorganismos eficaces (EM) en la agricultura

Salgado (2007) expresa que, el EM tiene una extensa gama de aplicaciones en la agricultura, desde el acondicionamiento del suelo al beneficio de la producción, hasta el aprovechamiento final de los residuos provenientes del proceso de la industrialización.

Díaz, Montero y Lagos (2009), señalan que los EM, pueden utilizarse como inoculantes del suelo para reconstruir su equilibrio biológico, mejorar la asimilación de nutrientes para que estén de esta manera disponibles, para suprimir microorganismos patógenos indeseables por exclusión competitiva o dominación absoluta y de esta manera favorecer

el crecimiento, rendimiento y protección de las plantas de cultivo. Pueden emplearse en aspersiones foliares, para mejorar el crecimiento del follaje (22%) y de esta manera aumentar el área fotosintética, lo que se traduce en una mayor elaboración de nutrimentos para la planta y por ende en un incremento de su productividad; además se ha comprobado que algunos microorganismos presentes en EM asperjados al follaje, son capaces de proteger a las plantas del ataque de determinados patógenos (Luna y Mesa, 2016).

1.1.11. Alelopatía en cultivo de avena y otros cereales

La avena es una especie interesante, ya que tiene la capacidad de aprovechar mejor los nutrientes del suelo, debido a que presenta un sistema radicular que alcanza mayor profundidad y, por lo tanto demanda una menor cantidad de fertilizantes. La avena produce triterpenos como aleloquímicos, entre otros metabolitos, desempeñando un papel clave en la defensa frente a microorganismos patógenos y estrés abiótico (Owatworakit *et al.*, 2013).

Un estudio realizado en Italia sobre la avena silvestre, al aislar varios compuestos aleloquímicos de la especie (*Avena fatua* L.), donde se hizo el aislamiento aleloquímico de las partes aéreas de las plantas para su posterior identificación de metabolitos, localizando al ácido siríngico, tricina, acetina, siringósido y diosmetina. Subsiguientemente, se hicieron diferentes bioensayos evaluándose el potencial aleloquímico de los compuestos sobre la germinación y crecimiento de plántulas de trigo (*Triticum aestivum*). Los resultados obtenidos indicaron que, todos los compuestos aleloquímicos, impidieron de forma significativa la germinación y crecimiento de las plántulas de trigo (Liu *et al.*, 2016).

Dentro de una misma especie, se reporta que podría aparecer fitotoxicidad alelopática, como es el caso de la avena. La variedad de avena silvestre, *Avena fatua*, es capaz de proliferar e invadir los campos de avena de cultivo (*Avena sativa*) y de trigo. Dado los resultados obtenidos, la especie *A. fatua* inhibe el crecimiento de trigo (*T. aestivum*), por lo que es conveniente cultivar el trigo con alguna especie que impida la proliferación de la avena, evitando su desarrollo y causar un efecto negativo sobre el trigo (Oviedo, 2020).

Estos estudios han demostrado el carácter alelopático de la *Avena fatua* frente a otros cultivos, sugiriéndose que debe seguir investigándose hasta conseguir una aplicación más eficiente. En el futuro, sería interesante la evaluación de soluciones acuosas de *Avena fatua*, incluso con especies procedentes de diversos ambientes, dichos estudios ayudarían a esclarecer cómo actúa dicha variedad y conocer su efecto en otros organismos, para que se puede usar en la optimización de la agricultura actual (Liu *et al.*, 2016).

Otro estudio realizado en Irán, donde se valuó el efecto alelopático de extractos acuosos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) sobre el crecimiento, fotosíntesis y peroxidación de *Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman; donde los extractos acuosos de cebada a diferentes concentraciones (10, 20 y 30%) actuaron disminuyendo la actividad fotosintética, sacarosa sintasa y enzimática en avena, lo cual causó un descenso que fue directamente proporcional al nivel de concentración del extracto. Este estudio demostró que la acción alelopática de la cebada impedía de forma significativa el desarrollo de avena (Farhoudi y Lee, 2013).

1.1.12. Costos de producción

También conocido como coste por actividad, consiste en tomar en cuenta los costes directos e indirectos de la actividad, algunos de los cuales tienen un impacto (proporcional al uso de cada producto y servicio que no es directamente atribuible a esta actividad). Para el cálculo crea una cuenta de capital y operativa para la actividad y muestra el costo de fabricación de un producto en particular. La proporcionalidad de los gastos generales se utiliza para determinar cuánto afectan los costos de producción (Ferro, 2017).

El costo de la actividad agrícola es el costo en el que se debe incurrir desde la preparación del suelo hasta la cosecha, incluida la cosecha. Un aspecto característico de los costos agrícolas es la definición de "unidades" o "unidades de costo" en las que se concentran. La unidad final de concentración de costos es la "unidad de producto" (kilo o tonelada) cosechada para la comercialización, pero existe una unidad previa (hectárea) que puede considerarse como un módulo de actividad, la cual se cultiva, de donde se estiman los costos de producción hasta la cosecha (Osorio, 2017).

Costo total (CT); Este es el número total de bienes y servicios necesarios para la producción, es decir la suma de los costos directos e indirectos de las actividades que integran el sistema de producción investigado, o de las empresas agrícolas que cultivan y comercializan sus productos (Ferro, 2017; Garnique y Torres, 2017). Cuya fórmula habitual es:

$$CT=CD+CI$$

Dónde: CT= costo total; CD = costos directos y CI= costos indirectos

Ingresos

Los ingresos de las organizaciones agrícolas son proporcionales a la producción y provienen de bienes de consumo (verduras, frutas, etc.) o materias primas (animales, cereales, heno, etc.). Los ingresos provienen del precio (valor monetario) y la cantidad de productos durante un período de tiempo. Este valor puede no coincidir con el valor de venta (Ferro, 2017) ya que tiene en cuenta el autoconsumo y el crecimiento de productos procesados (cerdas, animales, etc.). (Ferro, 2017).

- Ingreso total; es el valor total que se obtiene de la multiplicación del rendimiento por el precio de venta.

$$\text{Ingreso total} = \text{Rendimiento total} \times \text{precio de venta}$$

- Ingreso neto: es el valor que se obtiene de las diferencias entre el ingreso total y costo total.

$$\text{Ingreso Neto} = \text{Ingreso total} - \text{Costo total}$$

Índice Rentabilidad (IR); Este es un término que se aplica a cualquier actividad económica que movilice recursos físicos, humanos y financieros para lograr resultados. El término rentabilidad se usa de manera muy diferente en la literatura económica, y aunque existen muchos enfoques de la educación que cubren cualquiera de los aspectos, generalmente es el desempeño el que produce el capital utilizado durante un período de tiempo, dependiendo de lo que se denomina inicialización de la rentabilidad. Son los ingresos obtenidos para permitir la elección de alternativas, según se trate de análisis a priori o ex post facto, o para evaluar la eficiencia de las medidas tomadas, es decir, una comparación con los medios utilizados para lograrlo (Garnique y Torres, 2017).

$$IR = IN/CT \times 100$$

Dónde:

IR= Índice de rentabilidad; IN= Ingreso neto y CT= costos total

Relación Beneficio costo (B/C); es un método de evaluación de proyectos, basado en el “valor presente”, se estima al dividir el valor presente de los ingresos entre el valor presente de los egresos. Si el índice es mayor que 1 se acepta el proyecto; indica que se tiene ganancias; si es inferior que 1, no se acepta, indicando que la rentabilidad del proyecto es inferior al costo del capital, es decir se tiene perdidas; y si es igual a 1, indica que no se gana ni se pierde (Roque, 2013).

$$B/C=IT / CT$$

Dónde: B/C=Beneficio costo; IT= Ingreso total y CT= costos total

1.2. Antecedentes

Valeriano (2021), en la investigación “Efecto del humus de lombriz (*Eisenia foetida*) mediante el uso de tres tipos de estiércol (Ovino, vacuno y alpaca) en el cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.)” tuvo los objetivos de Determinar las características químicas del cultivo de avena forrajera variedad Vilcanota; Determinar el rendimiento de materia seca y materia verde del cultivo de avena forrajera variedad Vilcanota; y Determinar el costo de producción rentabilidad económica del humus de lombriz. Los factores en estudio fueron: tipos de humus de lombriz: humus de lombriz de ovino (HLO), humus de lombriz de vacuno (HLV), humus de lombriz de alpaca (HLA) y niveles de dosis de humus de lombriz, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2). Los resultados indican que en contenido de proteína cruda (PC), el humus de lombriz de ovino (HLO) con 3 t/ha (A2) alcanzó 9.15 % PC; fibra cruda (FC) con respecto al humus (HLO, HLV y HLA), se tuvo de 17.82 a 27.52 % FC; fibra detergente neutra con respecto al humus (HLO, HLV y HLA), de 19.09 a 32.94 %; fibra detergente ácida (FDA) con respecto al humus (HLO, HLV y HLA), con valores de 20.93 a 32.89 %. Materia seca, el humus de lombriz de ovino (HLO) con una dosis de 3 t/ha con 63.11 % MS; materia verde, el humus de lombriz de vacuno con una dosis de 3 t/ha alcanzó un valor de 6.10 kg/m² (61 000 kg/ha).

Caldas (2020), en la investigación “Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y eficiencia agronómica del nitrógeno del cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.) en la localidad de Huacrachuco”, tuvo el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y eficiencia agronómica del nitrógeno del cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.). Los resultados indicaron que los tratamientos T5(350-20-60) y T4(250-20-60) alcanzaron valores más altos en longitud de tallo, mayores rendimientos de biomasa fresca y materia seca por m² y por hectárea. Sin embargo, la Eficiencia Agronómica del Nitrógeno (EAN) óptima fue con 100-20-60, valores superiores de nitrógeno podrían ser contraproducentes para el medio ambiente y generar crecimientos exagerados del cultivo. En conclusión, se recomienda aplicar la dosis de 100-20-60 por haber presentado la mejor EAN, aunque se hayan alcanzado rendimientos menores a las dosis altas, ésta es la dosis con la que las plantas usan al nitrógeno con la mejor eficiencia.

Rodríguez *et al.* (2020), en la investigación “Fertilización química y orgánica en avena: rendimiento y calidad de la semilla”, tuvo el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización química y orgánica en el rendimiento y calidad fisiológica de la semilla de tres variedades de avena, durante dos ciclos agrícolas (años). Como resultados: el efecto ambiental influyó en la calidad de semilla, caracteres agronómicos y de rendimiento de grano. En el ciclo 2016/17 se presentó un 14.41 % más de rendimiento de semilla, en relación con el ciclo 2015/16. Las tres variedades de avena mantuvieron un mismo patrón de comportamiento, estadísticamente igual para germinación, días a embuche (aparición del nudo floral en el tallo), días a floración, número de semillas por espiga, peso de 1000 semillas y rendimiento de semilla. El rendimiento de avena y otros caracteres de calidad fisiológica fueron similares con lombricomposta (6.38 t ha⁻¹) y fertilización química (6.46 t ha⁻¹).

Flores (2019), en la investigación “Producción de avena forrajera (*Avena sativa* L.) con fertilización fraccionada de nitrógeno y abonos orgánicos en el CIP Camacani – UNA Puno”, tuvo el objetivo de evaluar el rendimiento de la biomasa verde y la calidad nutricional del forraje como proteína cruda y fibra detergente neutro; evaluar las características vegetativas y agronómicas de avena mediante la fertilización fraccionada de nitrógeno sobre el abonamiento con estiércol de lombriz y guano de islas; asimismo evaluar el costo de producción y el beneficio económico del rendimiento de forraje de avena. Resultados: El mayor rendimiento fue nitrógeno al 33% + estiércol de lombriz

con 27 250 kg/ha, y en materia seca fue nitrógeno al 33% + estiércol de lombriz con 10,600.9 kg/ha. En contenido de proteína cruda fue nitrógeno al 50% + guano de isla con 10.75 %. Fibra Detergente Neutro fue nitrógeno al 50% + guano de isla con 58.45 %. El guano de islas más nitrógeno al 50% resulta altamente rentable con 144.95 %.

Revelo (2018), en la investigación “Estudio del efecto de lodos residuales lácteos en suelos agrícolas para la producción de avena (*Avena sativa* L.), en la comunidad la esperanza, provincia del Carchi”, se evaluó el efecto de los lodos residuales lácteos en el suelo y en la producción del cultivo de avena. Se realizó en dos tipos de suelo un franco arenoso y un franco. Los tratamientos fueron: T1 (25% LRL+75% compost), T2 (50% LRL + 50% compost), T3 (75% LRL + 25% compost), T4 (urea) y T5 (sin fertilizar). La textura no se vio afectada por la fertilización, el pH tuvo tendencia de alcalinización en el suelo franco arenoso, la conductividad eléctrica presento cambios por la fertilización. La materia orgánica tuvo un decrecimiento en ambos tipos de suelo, la concentración de N y P aumentaron con la fertilización, mientras que, la concentración de potasio redujo luego de la fertilización. El rendimiento fue similar entre tratamientos en el suelo franco arenoso, para el suelo franco se obtuvo rendimientos bajos sin hacer la fertilización.

Castellanos (2018), en la investigación “Comparación del efecto de la fertilización con lombrihumus y lixiviado sobre el desarrollo y crecimiento vegetal del cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.) variedad Cayuse en el municipio de Pamplonita”, se determinó qué tipo de humus es la más beneficiosa y óptima para el desarrollo vegetal de la avena forrajera variedad Cayuse. Los tratamientos fueron Tratamiento 1: parcela testigo (T0), Tratamiento 2: Se adiciono el lombrihumus de la granja villa marina en concentración de 1 kg (T1), Tratamiento 3: Se adiciono el lombrihumus de la granja villa marina en concentración de 500 gr (T2), Tratamiento 4: Se adiciono 250ml de lixiviado en 750ml de agua (T3). Como resultados se obtuvo que fertilización con lombrihumus obtuvo los mejores resultados en los parámetros agronómicos evaluados, obteniéndose mejor desarrollo vegetal, radicular, mayor número de hojas, presencia de macolla y producción de biomasa. La utilización de fertilizantes orgánicos es una alternativa viable, que se pueden emplear para mejorar las condiciones de sus cultivos, para reducir costos de fertilización química, protección del suelo y sus cualidades óptimas para su utilización por largos periodos de tiempo.

Mamani y Cotacallapa (2018), en la investigación “Rendimiento y calidad nutricional de avena forrajera en la región de Puno”, cuyo objetivo fue determinar el rendimiento, composición química y valor nutricional del cultivo de avena forrajera, bajo condiciones del altiplano de Puno. Las muestras fueron analizadas para determinar la composición química del forraje mediante el método de análisis de Weende, así como la determinación de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) mediante el método de Van Soest; con estos resultados fueron calculados los valores nutricionales de materia seca digestible (MSD), el consumo de materia seca (CMS), el valor relativo del forraje (VRF) y la energía neta de lactancia (ENL). Los resultados, evidencian un rendimiento promedio de 23.04 ± 3.86 t ha⁻¹ de materia verde; el promedio de la composición química fue 27.95 ± 1.58 % de MS, 5.60 ± 0.67 % de ceniza total (CT), 8.67 ± 0.64 % de proteína cruda (PC), 7.99 ± 0.70 % de extracto etéreo (EE), 30.77 ± 3.33 % de carbohidratos no fibrosos (CNF), 46.97 ± 3.59 % de FDN, 28.78 ± 1.94 % de FDA, 18.19 ± 2.56 % de hemicelulosa (HC), siendo los valores nutricionales 66.48 ± 1.59 % de MSD, 2.63 ± 0.26 % de CMS, 136.39 ± 15.85 de VRF y 1.33 ± 0.04 Mcal kg⁻¹ MS de ENL.

Gutiérrez *et al.* (2018), en la investigación “Evaluación de dosis de nitrógeno sobre la acumulación de biomasa, composición bromatológica y eficiencia de uso en avena forrajera (*Avena sativa*), variedad Dorada”. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad de la avena forrajera. En el estudio se determinó que, la fertilización nitrogenada aumenta la producción de materia seca (MS) con una tendencia cuadrática. La mejor eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN) se obtuvo con dosis de 70 y 140 kg N ha⁻¹, la EAN fue de 219 y 120 kg MS kg N ha⁻¹, con dosis mayores de kg N ha⁻¹ la EAN disminuye y se reducen los elementos no nitrogenados (ENN). Finalmente, el uso de N como fertilizante contrae los costos de producción de 1 t de MS, el nivel 0 kg N Ha⁻¹ fue el más costoso 88 dólares por t, mientras con 70 kg N Ha⁻¹ baja a 70 dólares por t..

Inga (2017), en una investigación titulada “Efecto del lombriabono en el cultivo de avena forrajera mantaro 15 mejorado y urano en la comunidad de Pampalanya - Huancavelica. El objetivo fue determinar el efecto del lombriabono con tres niveles (0; 5; 10 t/ha), en el cultivo de la avena forrajera Mantaro 15 Mejorado y Urano. El rendimiento de biomasa ($P \geq 0,01$), con el uso de 0; 5 y 10 t/ha del lombriabono, siendo con la mayor dosis en Mantaro 15 Mejorado con 9237 ± 0.572 kg/m²; Urano 8123 ± 0.311

kg/m², el rendimiento de materia ($P \geq 0,01$), 4.45 ± 0.22 kg/m² y en la variedad Urano con 3.94 ± 0.17 kg/m². La altura de planta no incrementó significativamente, la variedad Mantaro 15 Mejorado con 159.20 ± 0.96 cm, Urano incrementó significativamente llegando a 118.73 ± 1.54 cm. En rendimiento de proteína total ($P \geq 0,01$), con la fertilización de 10 t/ha del lombriabono, Mantaro 15 Mejorado con 0.263 ± 0.014 kg/m² y Urano con 0.231 ± 0.012 kg/m². En la retribución económica Mantaro 15 Mejorado tuvo 18 343.80 soles, y Urano 15 670.20 soles.

Salas (2016), en la investigación “Efecto de los microorganismos eficaces y bioabonos en el rendimiento y calidad de la avena forrajera (*Avena sativa* L.) variedad INIA 901 Mantaro 15M en condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna – 2015”, evaluó el comportamiento de abonos orgánicos y la aplicación de microorganismos eficaces en el rendimiento del cultivo de avena. Se empleó el Análisis de Variancia y la comparación de promedios con Duncan, al 0.05 y 0.01 de nivel de significancia. Los abonos orgánicos y microorganismos eficaces influyeron en número de macollos por planta, donde el tratamiento de 2 litros de EM, 2 t/ha de compost y 4/ha de bocashi tuvo una media de 11.867 macollos; en altura de planta a los 120 días resultó ser el mejor tratamiento 2 litros de EM, 4 t/ha de compost y 2 t/ha de bocashi, con un promedio de 1.33 m. Se tuvo un efecto significativo al aplicar bioabonos y microorganismos en el rendimiento de forraje verde, donde los tratamientos T15, T6, T11, T3, T2, T10, y T9 reportaron rendimientos de 44 833, 39 000, 38 667, 38 433, 37 833, 36 167 y 36 000 kilos por hectárea respectivamente. En porcentaje de materia seca, el tratamiento T15, demostró mejores resultados, con 21.267%. Para el porcentaje de proteína, se tuvo mejores resultados con 2 litros de EM, 2 t/ha de compost y sin aplicación de bocashi, con una media de 13.56% de proteína total.

Huallpa *et al.* (2016), en la investigación titulada: “Evaluación del efecto de biol bovino en la producción y calidad de la avena forrajera (*Avena sativa* L.), en época de invierno en la estación experimental Choquenaira, Viacha – La Paz”, cuyo objetivo fue obtener forraje verde para el ganado lechero en épocas de estiaje, aplicando abono orgánico (biol ovino), y determinar la calidad y el rendimiento de la avena forrajera. La relación de biol y agua fue de 50% respectivamente en una mochila fumigadora de 20 l de capacidad. Se utilizó $8.33 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biol bovino. En rendimiento y calidad de forraje, se observó diferencias entre el tratamiento (T-50% biol) y el testigo (T-0% biol). El uso del biol bovino enriquece el valor de Proteína cruda, Fibra cruda y valor energético y la

presencia de minerales. El rendimiento de materia verde (M.V.) en el tratamiento al cual se aplicó biol (T-50% biol) alcanzó 16.39 t M.V. ha⁻¹, mientras que el testigo (sin biol) produjo 9.80 t M.V. ha⁻¹.

Torres *et al.* (2016), en la investigación “Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*)”, se realizó un estudio con el objetivo de determinar el efecto de la fertilización orgánica y la fertilización química (inorgánica) en el cultivo de la avena (*Avena sativa* var. Cayuse), en condiciones de campo. Se aplicaron diferentes combinaciones de fertilización orgánica e inorgánica (100 % orgánica, 75 % orgánica y 25 % inorgánica; 25 % orgánica y 75 % inorgánica, 100 % inorgánica, y un control no fertilizado).. La combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos para las variables biomasa, rendimiento, índice de área foliar y tasa de crecimiento del cultivo no mostró diferencias significativas respecto al tratamiento 100 % inorgánico.

Loayza (2016), en la investigación “Eficiencia agronómica del nitrógeno en el cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.), donde se planteó determinar la eficiencia agronómica en el cultivo de avena forraje (*Avena sativa* L.) en Tumbaco, a diferentes dosis de nitrógeno (0, 70, 140, 210, 280, 350 kg N/ha). El análisis bromatológico, revela que la dosis de 210 kg N/ha presentó mejores resultados, proteína obtuvo 13.25 %; en fibra se alcanzó 27.1 % (valor determinado durante el estado de macollo); extracto etéreo durante el estado vegetativo alcanzó 3,10 %; cenizas obtuvo 11 %; y mejor producción en materia verde (22 667 kg/ha), porcentaje de materia verde (0.79%) y materia seca (43 666.67 kg/ha); el testigo presentó la menor producción 25 333 kg/ha.

Monsalve (2015), en una investigación titulada “Evaluación de los ME (microorganismos eficaces) sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del suelo en la producción de maíz”, donde el objetivo de estudio es demostrar la eficiencia de los microorganismos eficaces (ME) para mejorar las características de los suelos agrícolas, determinando si existe un grado de restauración del suelo, químico, físico y microbiológico. En resultados; el tratamiento “cultivo natural con utilización de rastrojos de 13 t/ha y bocashi con 2 t/ha” más la aplicación de Microorganismos eficaces a la semilla y agua de riego (relación 1:500, 10 l/ha), y al suelo (relación 1:100, 20t t/ha) tuvo a nivel de hongos y levaduras ($6.7 \cdot 10^3$ UFC/g) y en bacterias ($2.4 \cdot 10^3$ UFC/g) con mayor proporción; El tratamiento “cultivo orgánico con aporte de guano de

13t/ha y compost de 7t/ha” más la aplicación de Microorganismos eficaces a la semilla y agua de riego (relación 1:500, 10 l/ha), y al suelo (relación 1:100, 20t t/ha)” presenta en hongos y levaduras ($4.5 \cdot 10^3$ UFC/g) y bacterias ($2.9 \cdot 10^3$ UFC/g); El tratamiento “cultivo orgánico con aporte de guano de 13t/ha y compost de 7t/ha sin aplicación de microorganismos eficaces” presenta en hongos y levaduras ($3.2 \cdot 10^3$ UFC/g) y bacterias ($2.3 \cdot 10^3$ UFC/g); El tratamiento testigo presentó valores muy bajos en hongos y levaduras ($2.5 \cdot 10^3$ UFC/g) y bacterias ($3.5 \cdot 10^3$ UFC/g) en relación con todos los tratamientos.

Reascos (2015), en la investigación titulada “Efectos de la aplicación de la abonadura orgánica en el rendimiento y producción abonos orgánicos, a base de Bocashi, Ecoabonaza y Bovinaza (30000 kg/ha), la combinación de los abonos Bocashi + Ecoabonaza, Ecoabonaza + Bovinaza y Bovinaza + Bocashi (1 500 kg/ha de c/u) un químico N 30 – P 25 – K 30 y el tratamiento testigo. El cultivo de avena respondió de manera favorable a la aplicación de los abonos orgánicos y el químico utilizado, el mayor porcentaje de germinación, altura de planta, peso y eficiencia de materia lo obtuvo la aplicación de la mezcla Bocashi + Ecoabonaza en dosis de 1 500 kg/ha cada una, los tratamientos en que se aplicó Bovinaza + Bocashi obtuvieron mayor peso y eficiencia de materia verde frente a la aplicación de los otros abonos y el testigo, el mayor rendimiento por unidad de superficie se registró con la aplicación de Bovinaza + Bocashi en dosis de 1 500 kg/ha c/u con 64 000 kg/ha, obteniendo mayor beneficio neto con \$ 1.862 USD.

Limaylla (2015), en una investigación titulada: “Orgabiol (Bioestimulante orgánico) en el estrato productivo de triticale, cebada y avena en campaña chica. EEA El Mantaro-UNCP”. Dicho ensayo de investigación se ejecutó la Estación Experimental Agropecuaria “El Mantaro”. Los resultados en rendimiento de forraje verde, indicaron que el cultivo de avena cultivar Urano, sin la aplicación tuvo 13.15 t/ha, a la aplicación del Orgabiol en el estado fenológico macollamiento y 50% de panoja visible tuvo 12.32 t/ha y la la aplicación del Orgabiol en el estado fenológico de la planta con 50% de antesis tuvo 11.50 t/ha. La cebada (UNA-La Molina 96), tuvo 7.19 t/ha sin aplicación en el estado fenológico de macollamiento y 50% de panoja visible tuvo 6.27 t/ha y en la aplicación del Orgabiol en el estado fenológico de la planta con 50% de antesis tuvo 8.06 t/ha. El triticale tuvo 5.24 t/ha sin aplicación en el estado fenológico de

macollamiento y 50% de panoja visible tuvo 7.12 t/ha y en la aplicación del Orgabiol en el estado fenológico de la planta con 50% de antesis tuvo 8.71 t/ha.

Zapana *et al.* (2014), en la investigación: “Producción de semilla de avena forrajera (*Avena sativa* L.) con incorporación de humus de lombriz en el Centro de Investigación y Producción Camacani. Puno. Perú”, tuvo el objetivo de evaluar el rendimiento y calidad de semilla de avena forrajera, variedad Tayco, por efecto de abonamiento con humus de lombriz. Los tratamientos: 0 t/ha; 2 t/ha; 3 t/ha y 4 t/ha de humus de lombriz, habiéndose aplicado fertilización complementaria con Urea al 46% N en la fase de macollamiento (60 kg/ha). El resultado indica que a mayor dosis de humus de lombriz (4 t/ha) se obtiene mayor altura de planta (1.62 m) en comparación con el tratamiento control (1.14 m). A mayor dosis de humus de lombriz (4 t/ha) el rendimiento de semilla fue 1.92 t/ha, con 85.33 % de poder germinativo siendo superior al testigo (0.87t/ha) con 61.33 % de poder germinativo.

Aduvire (2014), en el estudio “Comportamiento agronómico de tres variedades de avena (*Avena sativa* L.) con aplicación de materia orgánica, en la estación experimental de Choquenaira”, se evaluó el comportamiento agronómico de tres variedades de avena Águila, Gaviota y Texas, determinando el efecto de aplicación de materia orgánica (estiércol de ovino). Con relación a los resultados, para variables agronómicas, la aplicación de materia orgánica, en porcentaje de emergencia se obtuvo diferencias significativas en variedades. Para la altura de planta no se obtuvo diferencias significativas en variedades. Para número de macollos por planta no se obtuvieron diferencias significativas en variedades. Para la variable de rendimiento de materia verde (t/ha) se obtuvo diferencias significativas con la aplicación de 30 t/ha de materia orgánica, en cuanto a las variedades. En materia seca (t/ha), se obtuvo diferencias significativas entre variedades con materia orgánica de 30 t/ha.

Jiménez (2012), en la investigación titulada “Abono orgánico bokashi mejorado con microorganismos eficaces (EM) sobre rendimiento forrajero de avena (*Avena sativa* L.) en suelo de Tiquillaca - Puno”, siendo el determinar el rendimiento de la biomasa forrajera verde y seca, características microbiológicas (hongos y bacterias) del suelo al inicio del establecimiento de la avena forrajera y al final después de la cosecha de la avena forrajera, y la rentabilidad económica del cultivo forrajero de avena de la variedad Tayko. Los resultados obtenidos, indican que se obtuvo 59 000.0 kg ha⁻¹ con 2.5% de



EMa más 3000 kg ha⁻¹ de abono orgánico bokashi mejorado; al inicio se tuvo 43 x 10⁴ UFC/g. de bacterias aerobias (Mesófilas), 16 x 10⁴ UFC/g en hongos; comparada con los análisis finales fueron superiores, siendo el tratamiento 2.5% de EMa más 3000 kg ha⁻¹ de abono orgánico bokashi mejorado con 760 x 10⁴ UFC/g. reporta bacterias aerobias (Mesófilas) 180 x 10⁴ UFC/g, hubo incrementó en el recuento total de levaduras y lactobacilos. c) El mayor índice de rentabilidad se obtuvo con la aplicación de 2.5% de EMa y sin aplicación de abono orgánico bokashi mejorado con 207.33% y un B/C de 3.1. Se tuvo mayor proteína bruta con la aplicación de 2.5% de EMa más 3000 kg ha⁻¹ de abono orgánico bokashi mejorado con 11.70% y el testigo tuvo solamente 6.79 %.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

El Departamento de Puno tiene características agroecológicas y extensiones de pastos naturales para la crianza de animales domésticos, principalmente la crianza de ganado vacuno lechero y ovinos. Donde el problema más común es la falta de forraje, la cual limita la alimentación del ganado, dando como resultado bajos rendimientos en carne y leche, durante la época de estiaje (Choque, 2005).

La Población ganadera está sub-alimentada en el periodo seco debido a la falta de forrajes, por lo que es necesario lograr la producción de forrajes de ciclo anual en las épocas lluviosas y su posterior conservación en materia seca (heno o ensilaje). Entre estos forrajes anuales el cultivo de la avena tiene bastante importancia en las zonas andinas por su adaptación a las condiciones climáticas adversas (Apaza, 2008).

El problema de desertificación y sequía es latente en el altiplano peruano debido al excesivo sobre pastoreo y escasas de forrajes anuales por las características de producción en secano y la escasa disponibilidad de semilla de avena forrajera debido a las condiciones climáticas que no permiten que el cultivo pueda lograr obtener semilla de calidad, esta problemática hace que las áreas potenciales para la siembra de forrajes anuales como el cultivo de avena se vea limitado.

Por otro lado, en el Altiplano Puneño, los agricultores no realizan la práctica adecuada de la aplicación de abonos orgánicos, debido al poco conocimiento de su aplicación, frecuencia de aplicación y dosis de aplicación.

Frente a esta problemática, se ha propuesto la presente investigación, para conocer el potencial forrajera de la avena, bajo diferentes dosis de aplicación de abonos orgánicos y EM.

2.2. Enunciados del problema

2.2.1. Problema General

¿Cuál es el efecto de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en la producción forrajera de avena (*Avena sativa* L.) y microbiota del suelo?

2.2.2. Problemas derivados o específicos

- ¿Cuál sería el efecto de las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) sobre el rendimiento en materia verde en el cultivo de avena?
- ¿Cuál será el efecto de las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) sobre número de macollos y altura de planta?
- ¿Cuál es el efecto de las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en peso de raíz, tallo y hojas de la avena?
- ¿Se aumentará la biota del suelo con la aplicación de abonos orgánicos y EM?
- ¿Se mejorará las características bromatológicas del forraje de avena, por la influencia de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM)?
- ¿Cuál es la rentabilidad económica del cultivo de avena a la aplicación de diferentes niveles de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM)?

2.3. Justificación

La degradación de las praderas se concibe como una reducción en la proporción de especies forrajeras deseables y la disminución en la capacidad productiva de las especies vegetales de mayor valor forrajero, con un incremento en la población de malezas y baja calidad nutritiva del forraje en la praderas; por lo cual, la capacidad de carga y la producción animal en la pradera se reducen considerablemente, con repercusiones importantes en los costos de producción y en la calidad de los productos animales que recibe el consumidor. Existen grandes deficiencias a nivel de pasturas en todo el altiplano puneño, el forraje es la principal fuente de alimentación de los vacunos tanto en

producción de carne, como de leche, es por lo anterior que la baja productividad que tenemos nos impide ser competitivos con mercados a nivel nacional. Para ser competitivos se necesita aumentar la capacidad de carga por hectárea y por ende la producción de carne y leche. Los pastos, tanto naturales como cultivados, constituyen la base de la alimentación animal, mantienen al 84% de la ganadería nacional. Sin embargo, se estima que solamente 9.5% de la vegetación nativa es de condición buena y por lo menos el 60% es de condición pobre. Los suelos degradados de condición pobre o muy pobre deberían considerarse como tierras de protección; pero, en la práctica siguen siendo utilizadas. Por eso existe la necesidad de realizar investigación para la generación y validación de paquetes tecnológicos que tengan como objetivo mejorar el rendimiento, la calidad de pastizales y la recuperación de pasturas degradadas, para incrementar la carga animal por unidad de área, con lo cual el ganadero incrementará sus ingresos económicos y por ende, su calidad de vida. Alrededor del 60% de las familias rurales (30% del total de familias en el país) viven en extrema pobreza realizando ganadería de subsistencia (sistemas de crianza extensiva).

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento forrajero de la avena.

2.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) sobre el rendimiento de materia verde de la avena.
- Determinar su efecto de las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el número de macollos y altura de planta.
- Determinar su efecto de las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en peso de raíz, tallo y hojas de la avena.
- Evaluar el incremento de la biota del suelo con la aplicación de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM).
- Evaluar las características bromatológicas del forraje de avena, por la influencia de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM).

- Estimar la rentabilidad económica de la producción de forraje de la avena con la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos y EM.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

- Las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) tiene un efecto significativo, incrementando la producción forrajera de avena.

2.5.2. Hipótesis específicas

- Las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) producen efectos positivos sobre la producción de forraje de avena.
- Las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) tienen efectos diferentes sobre el número de macollos y altura de planta.
- Las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) producen efectos diferenciables en el peso de raíz, tallo y hojas de la avena.
- Los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM), incrementarán la microbiota del suelo.
- Las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM), mejoran las características bromatológico del forraje de avena.
- La rentabilidad económica de la avena es variable por el rendimiento de forraje verde debido a la aplicación de las diferentes dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El trabajo de investigación se realizó en el sector Huaytara Lechepujio pata, en la comunidad campesina de Ullagachi Cochapata, del distrito de Vilque, provincia y región de Puno, en la campaña agrícola 2018-2019, cuya ubicación geográfica es UTM: 0369542, 8256148 a una altitud: 3868 msnm.

3.2. Población

Dentro de cada parcela, se realizó la siembra de avena, a una densidad de siembra de 100 kg/ha, las semillas germinadas se convertirán en plantas de avena, las cuales conforman la población a evaluar.

3.3. Muestra

Por la gran cantidad de plantas dentro de cada parcela por tratamientos, se evaluará Las plantas de avena de acuerdo a la variable de respuesta evaluada, para evaluar número de macollos, altura de planta, longitud de hoja, ancho de hoja (cm), relación tallo/hoja (g/planta), se seleccionaron 5 plantas al azar. Para estimar el rendimiento de materia verde se evaluado por metro cuadrado, utilizando el cuadrante metálico.

3.3.1. Material Experimental

- Guano de isla artesanal (G), el cual se obtuvo de AGRORURAL, Puno.
- Microorganismos eficaces (EM), se adquirió de una tienda comercial garantizada.

- Guano de corral de ovino (E), fue proporcionado por los socios de la organización del lugar de investigación.

- Muestra de suelos inicial y final.

3.4. Método de investigación

El tipo de investigación es experimental, con el fin de determinar los efectos de las dosis de guano de islas (GI), microorganismos eficaces (EM) y guano de corral de ovino (EO) al aplicar al cultivo y estimar su crecimiento en altura de planta, rendimiento de materia verde y análisis bromatológico del forraje de avena. Para ello se emplearon el método observacional y experimental.

3.4.1. Factores en estudio

a) Niveles de guano de isla (G)

- G0: 00 kg/ha
- G1: 500 kg/ha
- G2: 1000 kg/ha

Fuente: AGRORURAL (2018).

b) Niveles de Microorganismos eficaces (EM)

- EM0: 00%
- EM1: 5% (200 ml al 5%)
- EM2: 10% (200 ml al 10%)

Fuente: Salgado (2007).

c) Niveles de guano de corral de ovino (E)

- E0: 00 kg/ha
- E1: 500 kg/ha
- E2: 1000 kg/ha

Fuente: Calla (2012).

Tabla 2

Codificación de tratamientos en estudio

| N° de trat. | Dosis de guano isla (G) | Dosis de EM (EM) | Niveles de guano de corral de ovino (E) | Código del trat. |
|-------------|-------------------------|------------------|---|------------------|
| T1 | G0 | EM0 | E0 | G0EM0E0 |
| T2 | G0 | EM0 | E1 | G0EM0E1 |
| T3 | G0 | EM0 | E2 | G0EM0E2 |
| T4 | G0 | EM1 | E0 | G0EM1E0 |
| T5 | G0 | EM1 | E1 | G0EM1E1 |
| T6 | G0 | EM1 | E2 | G0EM1E2 |
| T7 | G0 | EM2 | E0 | G0EM2E0 |
| T8 | G0 | EM2 | E1 | G0EM2E1 |
| T9 | G0 | EM2 | E2 | G0EM2E2 |
| T10 | G1 | EM0 | E0 | G1EM0E0 |
| T11 | G1 | EM0 | E1 | G1EM0E1 |
| T12 | G1 | EM0 | E2 | G1EM0E2 |
| T13 | G1 | EM1 | E0 | G1EM1E0 |
| T14 | G1 | EM1 | E1 | G1EM1E1 |
| T15 | G1 | EM1 | E2 | G1EM1E2 |
| T16 | G1 | EM2 | E0 | G1EM2E0 |
| T17 | G1 | EM2 | E1 | G1EM2E1 |
| T18 | G1 | EM2 | E2 | G1EM2E2 |
| T19 | G2 | EM0 | E0 | G2EM0E0 |
| T20 | G2 | EM0 | E1 | G2EM0E1 |
| T21 | G2 | EM0 | E2 | G2EM0E2 |
| T22 | G2 | EM1 | E0 | G2EM1E0 |
| T23 | G2 | EM1 | E1 | G2EM1E1 |
| T24 | G2 | EM1 | E2 | G2EM1E2 |
| T25 | G2 | EM2 | E0 | G2EM2E0 |
| T26 | G2 | EM2 | E1 | G2EM2E1 |
| T27 | G2 | EM2 | E2 | G2EM2E2 |

3.4.2. Diseño experimental

El experimento en campo se condujo bajo un Diseño de Bloque Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 3 dosis de guano de isla x 3 dosis de EM y x 3 dosis de guano de corral de ovino con un total de 27 tratamientos en estudio, bajo tres repeticiones, en total se tuvo 81 unidades experimentales. La descripción matemática completa de una observación es como sigue:

$$Y_{ijkm} = \mu + \rho_m + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkm}$$

$$i=1, \dots, a; \quad j=1, \dots, b; \quad k=1, \dots, c; \quad m=1, \dots, r$$

Donde:

μ : es el efecto de la media general

ρ_m : efecto de la m-ésima repetición

α_i : efecto del i-ésimo nivel del factor G (Dosis de guano de isla)

β_j : es el efecto del j-ésimo nivel del factor EM (Dosis de microorganismos eficaces)

γ_k : es el efecto del k-ésimo nivel del factor C (Niveles de guano de corral de ovino)

$(\alpha\beta)_{ij}$: es el efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo nivel del factor B;

$(\alpha\gamma)_{ik}$: es el efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el k-ésimo nivel del factor C;

$(\beta\gamma)_{jk}$: es el efecto de la interacción del j-ésimo nivel del factor B con el k-ésimo nivel del factor C;

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: es el efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo nivel del factor B y el k-ésimo nivel del factor C;

$\varepsilon_{(ij)m}$: Error experimental.

Tabla 3

Análisis de varianza para un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de 3 factores en estudio

| Fuente de variación | Grados de libertad | |
|---|--------------------|-------------------------|
| Bloques | r-1 | 3-1=2 |
| Dosis de guano de isla (G) | a-1 | 3-1=2 |
| Dosis de Microorganismos eficaces (EM) | b-1 | 3-1=2 |
| Niveles de guano de corral de ovino (E) | c-1 | 3-1=2 |
| G x EM | (a-1)(b-1) | 2x2=4 |
| G x E | (a-1)(c-1) | 2x2=4 |
| EM x E | (b-1)(a-1) | 2x2=4 |
| G x EM x E | (a-1)(b-1)(c-1) | 2x2x2=6 |
| Error experimental | (abc-1)(r-1) | (3x3x3-1)(3-1) =26x2=56 |
| Total Correcto | abc-1 | 3x3x3x3-1=81-1=80 |

3.4.3. Características del campo experimental

a) Campo experimental

- Largo del campo experimental : 176.0 m
- Ancho del campo experimental : 13.0 m
- Área del campo experimental : 2288 m²

b) Bloques

- Largo del bloque : 176.0 m.
- Ancho del bloque : 3.0 m
- Área de bloque : 528.0 m²
- Distanciamiento entre bloques : 1.0 m

c) Parcelas

- Largo de la parcela : 6.0 m
- Ancho de la parcela : 3.0 m
- Área de la parcela : 18.0 m²
- Distanciamiento entre parcela : 0.50 m

d) Tratamientos

- Número de tratamientos : 27
- Número de bloques : 3

3.4.4. Variables de respuesta

- Producción forrajera de materia verde (kg/ha)
- Número de macollos, altura de planta, longitud de hoja, ancho de hoja (cm), relación tallo/hoja (g/planta).
- Análisis microbiológico: bacterias anaerobias (mesófilos), mohos, levaduras, lactobacillus, actinomicetos (Unidades formadoras de colonias/ g)
- Análisis Bromatológico: materia seca, proteína, FDN, y ceniza (%)
- Rentabilidad económica (%) y relación B/C (S/.)

3.4.5. Conducción del experimento

a) Ubicación del terreno

El terreno destinado a la investigación fue un área experimental de 2288.0 m², sector Huaytara Lechepujio pata de la comunidad de Ullagachi del distrito de Vilque, provincia de Puno.

b) Adquisición de semillas de avena

Las semillas de la variedad de avena Tayko, se adquirió del INIA-ILLPA, Puno.

c) Muestreo de suelo inicial

Se obtuvo una muestra representativa de suelo a una profundidad de 15 cm. muestreando en forma sistemática 5 puntos distintos. Se mezcló el suelo obtenido en un balde limpio, y se obtuvo un kilo para enviarlo al laboratorio. Se determinó el análisis de fertilidad del suelo al inicio, el mismo que se realizó en el laboratorio de suelos, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica- Puno, y el análisis y microbiológico se realizó en el Laboratorio de Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

d) Preparación del suelo

La labranza del terreno se efectuó con tractor, pasando con arado de discos a una profundidad de 25 cm.; posteriormente se efectuó una pasada de rastra sobre el terreno, esto permitió el desterronado y el nivelado del terreno.

e) Demarcación de parcelas experimentales

La demarcación se realizó con las mediciones correspondientes de acuerdo a un croquis previamente confeccionado previamente indicando los tratamientos y repeticiones correspondientes, luego el estacado, y finalmente el surcado para la siembra, por ser un terreno de descanso (rompe).

f) Activación de microorganismos eficaces (EM)

Primeramente, se realizó la activación del EMa, siguiendo los siguientes pasos:

- Activación del EM; Los materiales empleados para la activación de los microorganismos eficaces son: EM-1, melaza y agua hervida. El procedimiento consistió en mezclar 50 ml de EM-1, 50 ml de melaza en 900 ml de agua para la concentración del 5% y 100 ml de EM-1, 100 ml de melaza para la concentración del 10% en 800 ml de agua, dejándose fermentar por 7 días bajo sombra en un recipiente cerrado. A partir del tercer día se dejó escapar el aire del recipiente cerrado, una vez por día con el propósito de evitar la presión interna del recipiente como consecuencia del fermentado por parte de los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica; quedando apto el EMa cuando ya no se apreciaba la presión

del aire en el interior del recipiente, denominándose al producto final Microorganismos Eficaces Activado (EMa).

- Aplicación del EMa; se aplicó a las parcelas previamente identificadas según las dosis propuestas, en tres oportunidades, para ello se usó dos mochilas fumigadoras de 20 litros de capacidad.

Tabla 4

Dosis de aplicación de EMa

| Dosis de EMa | Nº de aplicaciones | Cantidad en l/ha | Dilución en l/ha |
|--------------|--------------------|------------------|------------------|
| 0 % | - | - | - |
| 5 % | 03 | 2 | 1:200 |
| 10 % | 03 | 3 | 1:200 |

g) Incorporación de Abonos orgánicos y EMa

El Guano de isla (GI) y el Guano de corral de ovino, se incorporó al momento de la siembra, al voleo por toda la parcela experimental según el tratamiento señalado en el croquis. El EMa (Microorganismos eficaces activado), se aplicó al momento de la siembra (10/01/2018) y en las fases fenológicas previas al macollamiento (06/03/2018) y encañado (03/04/2018).

h) Siembra

La siembra se realizó el 10/01/2018 en líneas en forma directa y manual, a una densidad de siembra de 100 kg/ha y a una distancia de 25 cm en surcos. Una vez sembrada la semilla se procedió a tapar los surcos para mantener la humedad del suelo.

i) Deshierbos

Esta labor se realizó de forma manual antes de realizar la segunda y tercera aplicación del EMa, la maleza encontrada en mayor cantidad fue: nabo maleza (*Brassica campestris*), y Auja-auja (*Erodium cicutarium*).

j) Evaluación del cultivo

Se ha evaluado la presencia de plagas y enfermedades en campo de cultivo, durante las fases fenológicas de mayor importancia; no habiéndose registrado ninguna plaga ni enfermedad.

k) Labores de cosecha

La ciega se realizó durante la fase fenológica de fase fenológica previo al inicio de floración, utilizándose hoces, haciendo cortes de las plantas a 5 cm de altura del suelo, esta labor se realizó el 17 de abril del 2018, debido a que se iba a presentar bajas temperaturas, posteriormente se realizó el emparvado de forma tradicional.

l) Análisis en laboratorio

- **Abonos orgánicos (guano de islas y estiércol de ovino)**

El análisis de los abonos orgánicos se muestra en la tabla 5, el estiércol de ovino se analizó en el laboratorio de suelos y aguas de la UNA-Puno, mientras que el de guano de islas en el laboratorio de análisis del INIA, Anexo Salcedo. Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 5

Resultados de análisis físico y químico de las fuentes de abonamiento.

| Fuente de abonamiento | C.E. mmhs | pH | M.O. % | Nitrógeno total % | P ₂ O ₅ % | K ₂ O % |
|-------------------------------------|--------------|------|-----------|----------------------|------------------------------------|-----------------------|
| - Estiércol de ovino ⁽¹⁾ | 6.65 | 8.25 | 61.00 | 1.75 | 0.65 | 0.82 |
| - Guano de isla ⁽²⁾ | -- | -- | -- | 10.49 | 11.00 | 1.88 |

Fuente: ⁽¹⁾Laboratorio de suelos y agua UNA-Puno.

⁽²⁾Laboratorio de análisis de INIA, Anexo Salcedo.

Respecto a estiércol de ovino, Cari (2000), deduce que el estiércol descompuesto en corral contiene 1.1% de nitrógeno, 0.4% de fósforo y 0.7% de potasio, valores que son cercanos al análisis de laboratorio; mientras que el estiércol descompuesto contiene 0.9% de nitrógeno, 2.8% de fósforo y 0.3% de potasio; Mamani (1996), menciona que el nitrógeno es de 1.56%, fósforo 1.20% y potasio 1.28 %; comparado con nuestro análisis, se observa que hay variación en la composición de nitrógeno, fósforo y potasio, esta variación se deba probablemente a las condiciones que el estiércol se encontraba en campo al momento de realizar el muestro del estiércol.

AGRORURAL (2018), sostiene que, el guano de isla posee de 10 a 14% de nitrógeno, 10 a 12% de fósforo y de 2 a 3% de potasio, valores que son próximos al

análisis de laboratorio reportados por el INIA; pero diferentes al reporte de Proabonos (2011), citado por Mendoza (2013), quien indica que existe dos tipos de guanos de islas, donde el guano de isla de exportación contiene 14% de nitrógeno, 11% de fósforo, y 2% de potasio, mientras que el guano de isla de agricultura nacional contiene 10% de nitrógeno y fósforo, y 2% de potasio, siendo este próximo a los valores encontrados en al análisis de laboratorio.

Bolo *et al.*, (2020), argumenta que, el estiércol de ovino posee un pH de 8.40, C.E. de 7.29, M.O. de 56.41%, nitrógeno 2.19%, fósforo 0.95%, potasio 2.95%; mientras que con guano de islas, un pH de 7.04, C.E. de 60.80, M.O. de 18.61%, nitrógeno 14.87%, fósforo 14.34%, potasio 4.48%; estos resultados demuestran que hay diferencias en la composición del contenido de nutrientes entre abonos orgánicos, debido a su origen y de acuerdo a las condiciones en que se encontraban en la finca.

- **Análisis de suelo inicial**

Tabla 6

Análisis físico-químico del suelo experimental al inicio de la investigación

| Componentes | Cantidad | Unidad | Métodos |
|------------------------|----------------|-----------|--------------------|
| Análisis físico | | | |
| ARENA | 59.40 | % | Bouyoucus |
| ARCILLA | 15.90 | % | Bouyoucus |
| LIMO | 24.70 | % | Bouyoucus |
| CLASE TEXTURAL | Franco arenoso | ---- | Triangulo textural |
| Análisis de fertilidad | | | |
| M.O. | 3.20 | % | Walkley y Black |
| N total | 0.11 | % | Micro-kjeldahl |
| P total | 8.80 | ppm | Olsen modificado |
| K total | 165 | ppm | Acetato de amonio |
| pH | 5.90 | --- | Potenciómetro |
| C.E. | 0.49 | mmhos /cm | Conductímetro |

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias-UNA, Puno. 2018.

En la tabla 6, se puede observar el análisis físico químico del suelo. Según la tabla de interpretación de análisis de suelo, la muestra tiene una textura “Franco Arenoso”, con un pH ligeramente “moderadamente ácido”; con contenido de materia orgánica calificado como “medio”; en nitrógeno es “medio”, en fósforo es “medio”, y el potasio es “medio”. La conductividad eléctrica es baja.

- **Análisis de suelo final**

En la tabla 7, se puede observar el análisis físico químico final del suelo, las muestras se obtuvieron al azar de 10 muestras parciales, las cuales se mezclaron y homogenizaron para extraer un (1) kg de los tratamientos.

Según la tabla de interpretación de análisis de suelo, los tratamientos T2, T7, T13, T18 y T24 tuvieron textura “Franco”, mientras que los demás tratamientos tuvieron textura “Franco limoso”; los tratamientos T4, T23, T26 y T27 tuvieron pH mayores a 6.0 calificados como “ligeramente ácido”, mientras que los demás tratamientos tuvieron un pH calificado como “moderadamente ácido”.

En contenido de materia orgánica los tratamientos T6, T9, T17, T18, T20, y T21 tuvieron materia orgánica mayor a 2.00 calificado como “medio”, mientras que los demás tratamientos tuvieron “bajo”; todos los tratamientos tuvieron nitrógeno calificado como “bajo”; en fósforo todos los tratamientos tuvieron entre 7.0 y 14.0 calificado como “medio”, y en potasio el tratamiento T6 tuvo menor a 100 ppm calificado como “bajo”, los tratamientos T1, T2, T9, T11, T17 y T20 tuvieron mayor a 240 ppm calificados como “alto”, mientras que los demás tratamientos tuvieron entre 100 y 240 ppm calificados como “medio”. En la conductividad eléctrica, todos los tratamientos tuvieron valores menores a 2, calificados como bajo. Al comparar los resultados finales de los tratamientos con el análisis inicial, se observa diferencias, en textura, P total, y pH; en materia orgánica el análisis inicial es mayor al análisis final de los tratamientos, en N total de igual forma es menor, en K total es menor en el análisis inicial frente al análisis final de los tratamientos., en C.E. es mayor el análisis inicial frente al análisis final de los tratamientos. .

Tabla 7

Comparativo de análisis físico químico de suelo entre análisis inicial y final del experimento de los tratamientos (T1, T2, T4, T6, T7, T9, T10, T11, T13, T14, T17, T18, T20, T21, T23, T24, T26 y T27)

| Compo- nentes | Análisis inicial | Compa- ración | Análisis final | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | T1 | T2 | T4 | T6 | T7 | T9 | T10 | T11 | T13 | T14 | T17 | T18 | T20 | T21 | T23 | T24 | T26 | T27 |
| Análisis físico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Arena % | 59.40 | > | 29 | 31 | 25 | 27 | 33 | 27 | 27 | 27 | 31 | 29 | 30 | 28 | 21 | 25 | 31 | 29 | 31 | 29 |
| Arcilla % | 15.90 | >,< | 15 | 23 | 17 | 13 | 23 | 19 | 13 | 13 | 23 | 15 | 21 | 23 | 16 | 14 | 18 | 24 | 18 | 20 |
| Limo % | 24.70 | < | 56 | 46 | 58 | 60 | 44 | 54 | 60 | 60 | 46 | 56 | 49 | 49 | 63 | 61 | 51 | 47 | 51 | 51 |
| Clase Textural | Franco Arenoso | Franco Diferente Limoso | Franco Franco Limoso | Franco Franco Limoso | Franco Limoso | Franco- Franco Limoso | Franco Franco Limoso | Franco Limoso | Franco Limoso | Franco Limoso | Franco Limoso | Franco Limoso | Franco Limoso |
| Análisis químico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M.O. % | 3.20 | > | 1.95 | 2.00 | 1.87 | 2.23 | 1.90 | 2.16 | 1.88 | 2.00 | 1.93 | 2.00 | 2.03 | 2.21 | 2.04 | 2.13 | 1.99 | 2.00 | 1.98 | 1.26 |
| N total % | 0.11 | > | 0.07 | 0.07 | 0.05 | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.05 |
| P total ppm | 8.80 | Diferente | 9.13 | 8.6 | 8.6 | 8.04 | 7.77 | 9.00 | 8.46 | 8.8 | 7.6 | 7.66 | 7.77 | 8.16 | 8.0 | 8.0 | 8.6 | 9.0 | 9.0 | 8.88 |
| K total ppm | 165 | < | 440 | 310 | 220 | 70 | 110 | 280 | 230 | 280 | 200 | 140 | 430 | 310 | 260 | 230 | 150 | 220 | 110 | 120 |
| pH | 5.90 | Diferente | 5.45 | 5.73 | 6.08 | 5.89 | 5.76 | 5.6 | 5.69 | 5.83 | 5.52 | 5.91 | 5.55 | 5.58 | 5.83 | 5.98 | 6.14 | 5.7 | 6.02 | 6.35 |
| C.E. (mmhos/ cm) | 0.49 | > | 0.146 | 0.054 | 0.113 | 0.075 | 0.086 | 0.049 | 0.065 | 0.149 | 0.526 | 0.078 | 0.075 | 0.073 | 0.069 | 0.053 | 0.054 | 0.077 | 0.069 | 0.081 |

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos. Estación Experimental INIA, Anexo Salcedo, Puno. 2018.

Los resultados obtenidos son corroborados al reporte de Argote y Ruiz (2011), señalan que el suelo es otro factor determinante para el éxito o fracaso del cultivo, por ellos indican que, es necesario que se tenga un adecuado contenido de materia orgánica y una textura de franco-arenoso a franco-arcilloso, con un pH de 7.3 a 8.0, puede tolerar suelos con tendencia ácida (pH: 5.5 a 6.8), el análisis de suelo revela que los valores reportados se encuentran dentro del rango mencionado.

En cuanto al efecto de los microorganismos eficaces Morocho y Leiva (2019), indican que, mejoran la estructura física de los suelos, incrementan la fertilidad química de los mismos, por dicha afirmación, se entiende que va a ocurrir cambios en la fertilidad de los suelos al aplicar con diferentes dosis de microorganismos eficientes. De igual forma BID (2009), afirma que uno de los principales efectos de los microorganismos eficaces, viene a ser la mejora las propiedades químicas y físicas de los suelos, al aplicar de forma directa del EM, o mediante la incorporación de compost, lo cual se entiende que la aplicación del EM va a modificar las características del suelo, y es por ello que estas diferencias se deben al efecto de las dosis del guano de islas, dosis del EM y dosis de guano de corral de ovino.

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1. Determinar el efecto de las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) sobre el rendimiento de materia verde de la avena

a) Instrumentos y materiales

- Cuadrante metálico de 1 m²
- Hoz, para realizar el corte del forraje
- Bolsas de plástico, para la recolección de muestras
- Balanza analítica, para el pesado de muestras
- Planilla de evaluación, para el registro de los datos.

b) Metodología de evaluación

El peso de la materia verde, se determinó en la cosecha cortando la biomasa verde aproximadamente a 5 cm, de la superficie del suelo luego se procedió al pesado con una balanza para cada tratamiento (kg/m²).

c) Análisis de datos

Se efectuó el análisis de varianza y la prueba de Tukey al 95 % de confianza; empleando los programas estadísticos SAS versión 9.0 e Infoestat versión 2018.

3.5.2. Determinar su efecto de las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el número de macollos y altura de planta

a) Instrumentos y materiales

- Flexómetro de 5 m.
- Planilla de evaluación, para el registro de los datos.

b) Metodología de evaluación

- El conteo del número de macollos, se obtuvieron a los 60 días de la siembra, tomando al azar 10 plantas de cada parcela experimental.
- La altura de planta se midió con un flexómetro de 3 m, la altura de planta se tomó previa antes de la aplicación de los microorganismos eficaces en las fases fenológicas ya mencionadas de cada parcela experimental.

c) Análisis de datos

- Se efectuó el análisis de varianza y la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 95 % de confianza; usando los programas estadísticos SAS versión 9.0 e Infoestat versión 2018.

3.5.3. Determinar su efecto de las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en peso de raíz, tallo y hojas de la avena

a) Instrumentos y materiales

- Guantes, para el manipuleo y separación en raíz, tallo y hojas de las muestras tomadas al azar.
- Bolsas de plástico, para la separación de muestras
- Balanza analítica, para el pesado de muestras
- Planilla de evaluación, para el registro de los datos

b) Metodología de evaluación

Se determinó luego de la cosecha, luego de cortar la biomasa verde, se procedió al pesado por separado las hojas y tallos de cada tratamiento, expresado en g/planta de cada parcela experimental.

c) Análisis de datos

Se efectuó el análisis de varianza y la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 95 % de confianza; usando los programas estadísticos SAS versión 9.0 e Infoestat versión 2018.

3.5.4. Determinar el incremento de la biota del suelo con la aplicación de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM)

a) Instrumentos y materiales

Los instrumentos y/o materiales usados fueron:

- Pico, para la extracción de muestras de suelo
- Guantes, para el manipuleo de las muestras.
- Bolsas de plástico, para la separación de muestras
- Balanza analítica, para el pesado de muestras
- Planilla de evaluación, para el registro de los datos

b) Metodología de evaluación y análisis

Se realizó un muestreo de todos los tratamientos en forma de “zigzag”, tomando 3 sub-muestras de un kilo/parcela a una profundidad de 20 cm, luego se mezclaran las sub-muestras por parcelas para obtener la muestra representativas de un kilo, la cual se remitió al laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias para determinar el recuento total de la microbiota del suelo: bacterias anaerobias (mesófilos), mohos, levaduras, lactobacillus y actinomicetos.

c) Análisis de datos

Se consignaron los resultados del análisis final de los tratamientos procedentes del laboratorio, para luego comparar con el análisis inicial, y observar si hubo incremento o no de la microbiota del suelo.

3.5.5. Estimar el análisis bromatológico del forraje de avena, por la influencia de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM)

a) Instrumentos y materiales

- Hoz, para la extracción de muestras de forraje verde
- Guantes, para el manipuleo de las muestras.
- Bolsas de plástico, para la separación de muestras
- Balanza analítica, para el pesado de muestras
- Planilla de evaluación, para el registro de los datos

b) Metodología de evaluación y análisis

Para realizar el análisis bromatológico del forraje de avena, se obtuvo una muestra de 500 g de los tratamientos intermedios (T1, T2, T4, T6, T7, T9, T10, T11, T13, T14, T17, T18, T20, T21, T23, T24, T26 y T27) de las tres repeticiones, las cuales se mezclaron y se obtuvo una muestra final de 500 g, dichas muestras se remitieron al Laboratorio de Pastos y forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias para determinar el contenido de proteína, FDN, materia seca, humedad, extracto etéreo y ceniza.

c) Análisis de datos

Los resultados obtenidos de las muestras de forraje de los tratamientos procedentes del laboratorio, se observaron las diferencias como el incremento o no incremento entre tratamientos del contenido de proteína, FDN, materia seca, humedad, extracto etéreo y ceniza.

3.5.6. Estimar la rentabilidad económica de la producción de forraje de la avena con la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos y EM

a) Instrumentos y materiales

- Planilla de evaluación de los datos de producción de forraje verde.

- Planilla de costos, indicando costos directos e indirectos, época, unidad de medida, cantidad y precio unitario

b) Metodología de evaluación y análisis

Se ha tomado en cuenta los siguientes índices para cada tratamiento en estudio:

Costo total = Costo fijo + Costo variable

Ingreso Total = Rendimiento x precio de venta.

Ingreso Neto = Diferencia entre el Ingreso Total y el costo Total.

Rentabilidad (%) = $\frac{\text{Ingreso neto}}{\text{Costo total}} \times 100$

Relación B/C = $\frac{\text{Ingreso total}}{\text{Costo total}}$

c) Análisis de datos

Se consignaron los resultados del análisis económico como producción total (kg/ha), precio promedio de venta (S/.), Costo total(S/.), ingreso total (S/.), utilidad neta (S/.), rentabilidad (%) y relación B/C de los tratamientos, para luego observar las diferencias entre tratamientos.

3.6. Información meteorológica del lugar de estudio

Los datos climáticos de la campaña agrícola (2017-2018) fueron obtenidos del Boletín Regional SENAMHI Puno (2018), mostrando la siguiente información (Tabla 8 y Figura 1): respecto a la temperatura, la mayor temperatura máxima se registró en el mes de noviembre con 19.3 °C, la menor temperatura mínima se dió en el mes de julio con -3.2°C, mientras que la mayor temperatura media se registró en el mes de noviembre con 11.1 °C.

Para la precipitación el mes más lluvioso fue enero con 161.0 mm y el mes con menor precipitación fue agosto y junio con 0.00 mm, el promedio anual de precipitación fue 63.80 mm. La precipitación total fue de 766.00 mm.

Tabla 8

Datos meteorológicos registrados, temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación pluvial. 2017 -2018.

| Mes | T° Máxima (°C) | T° Mínima (°C) | T° media (°C) | Precipitación Pluvial (mm) |
|-----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------------|
| Julio | 16.5 | -3.2 | 6.8 | 6.1 |
| Agosto | 17.8 | -1.6 | 8.1 | 0.0 |
| Septiembre | 17.0 | 0.7 | 8.6 | 43.6 |
| Octubre | 18.3 | 1.6 | 10.0 | 54.4 |
| Noviembre | 19.3 | 2.9 | 11.1 | 81.9 |
| Diciembre | 17.8 | 4.3 | 11.0 | 99.5 |
| Enero | 15.9 | 4.7 | 10.3 | 161.0 |
| Febrero | 15.3 | 4.6 | 10.0 | 146.6 |
| Marzo | 15.9 | 4.3 | 10.1 | 118.3 |
| Abril | 16.6 | 0.9 | 8.8 | 40.6 |
| Mayo | 16.6 | -1.0 | 7.8 | 0.0 |
| Junio | 14.8 | -0.6 | 7.1 | 14.0 |
| Promedio | 16.8 | 1.5 | 9.1 | 63.8 |
| Total | | | | 766.00 |

Fuente: Boletín Regional SENAMHI Puno, 2018.Estación meteorológica CO 110820-Mañazo.

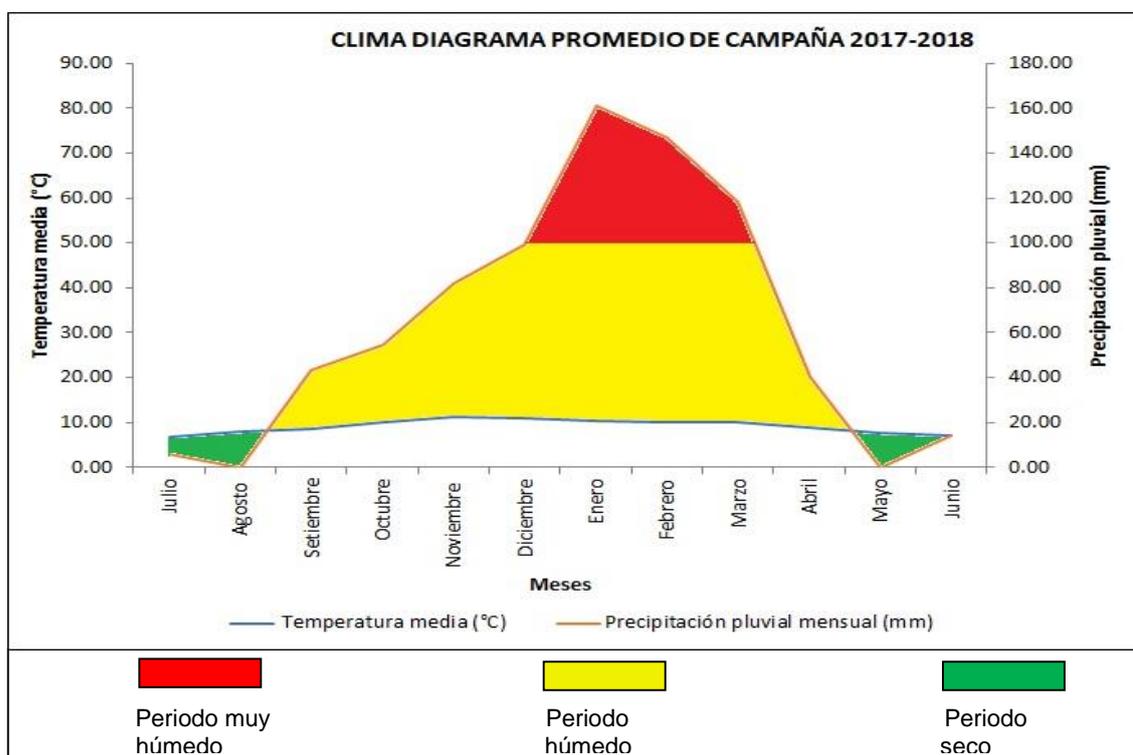


Figura 1. Climadiagrama campaña agrícola 2017-2018.

Los valores registrados en la campaña agrícola son normales para que el cultivo pueda desarrollarse normalmente, y esto es corroborado por Choque (2005), quien indica que el cultivo requiere una temperatura entre 12 a 16°C y una precipitación de 600 mm.

Argote y Ruiz (2011) indican que la temperatura debe ser de 16 a 17°C como máxima y una mínima de 6 a 8°C y una precipitación pluvial de 500 a 700 mm; Jurado y Lara (2014), manifiestan que el cultivo requiere una precipitación pluvial de 250 a 800 mm, con un óptimo de 500 mm, con un rango de temperatura de 5 a 30 °C, con un óptimo de 17.5 °C.

Los datos climáticos de 10 años fueron obtenidos del Boletín Regional SENAMHI Puno (2017-2018), mostrando la siguiente información (Tabla 9 y Figura 2): respecto a la temperatura, la mayor temperatura máxima se registró en el mes de noviembre con 19.21 °C, la menor temperatura mínima se dio en el mes de julio con -2.52 °C, mientras que la mayor temperatura media se registró en el mes de noviembre con 10.96 °C. Para la precipitación el mes más lluvioso fue febrero con 149.30 mm y el mes con menor precipitación fue junio con 3.36 mm, el promedio mensual de precipitación de 10 años fue 55.65 mm. La precipitación total fue de 667.76 mm.

Tabla 9

Datos meteorológicos registrados, temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación pluvial, promedio de 10 años

| Mes | T° Máxima (°C) | T° Mínima (°C) | T° media (°C) | Precipitación Pluvial (mm) |
|-----------------|----------------|----------------|---------------|----------------------------|
| Julio | 16.03 | -2.52 | 6.78 | 6.92 |
| Agosto | 17.01 | -2.07 | 7.47 | 4.31 |
| Septiembre | 17.95 | 0.13 | 8.90 | 14.37 |
| Octubre | 18.61 | 1.87 | 10.26 | 31.29 |
| Noviembre | 19.21 | 2.91 | 10.96 | 57.14 |
| Diciembre | 17.60 | 3.99 | 10.79 | 115.33 |
| Enero | 16.12 | 4.25 | 10.19 | 134.05 |
| Febrero | 15.84 | 4.35 | 9.91 | 149.30 |
| Marzo | 16.11 | 3.55 | 9.97 | 91.49 |
| Abril | 16.41 | 1.74 | 9.02 | 55.75 |
| Mayo | 16.73 | -0.63 | 8.05 | 4.44 |
| Junio | 16.35 | -2.22 | 6.90 | 3.36 |
| Promedio | 17.00 | 1.28 | 9.10 | 55.65 |
| | Total | | | 667.76 |

Fuente: Boletín Regional SENAMHI Puno, 2018. Estación meteorológica CO 110820-Mañazo.

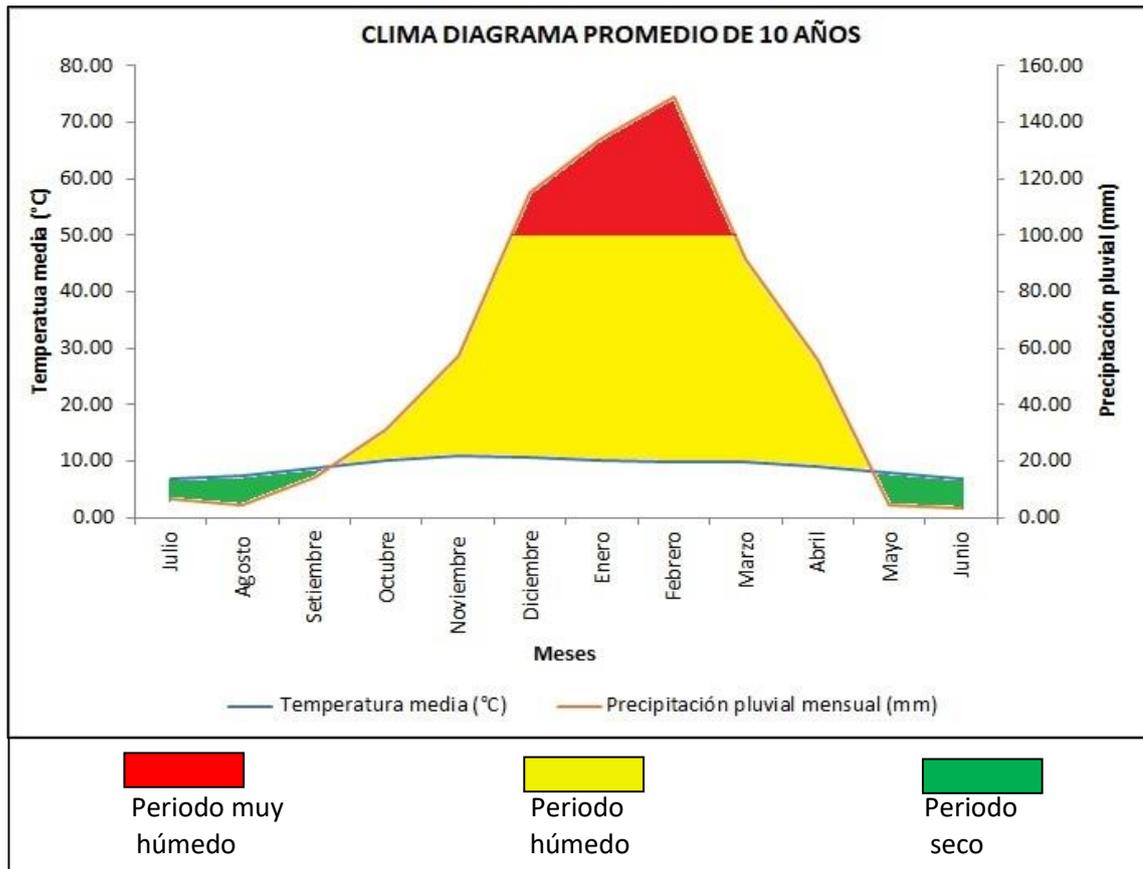


Figura 2. Climadiagrama promedio de 10 años

Al comparar los datos de temperatura y precipitación de la campaña agrícola con el promedio de 10 años, se observa diferencias apreciables mayormente en la precipitación pluvial y ligeros cambios en la temperatura, esto es justificable debido al efecto de cambio climático que viene alterando el normal comportamiento del clima, al respecto Ramírez de la Ribera (2017), manifiesta que en muchas regiones del mundo, la producción agrícola está siendo afectada de forma negativa debido por el aumento considerable y a la variabilidad de las temperaturas, la frecuencia de las precipitaciones, una mayor frecuencia de períodos sin lluvia y sequías; lo cual indica, que a medida que se incrementen los efectos del cambio climático en la agricultura, cada vez será más difícil realizar las cosechas de los cultivos, y otras actividades relacionados con la agricultura.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de las dosis de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) sobre el rendimiento de materia verde de la avena

En la Tabla 10, se observa el análisis de varianza para peso de materia verde de avena, en donde se puede observar que entre los bloques existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los bloques no hay diferencias en peso de materia verde; para dosis de guano de isla (G) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual da a conocer que existe diferencias en peso de materia verde entre las dosis de guano de islas; para dosis de EM (EM), y para niveles de guano de corral de ovino (E) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual explica que existe diferencias en peso de materia verde entre los niveles de EM y guano de corral de ovino.

Para las interacciones $G*EM$, $G*E$, $EM*E$ y $G*EM*E$ no existen diferencias estadísticas altamente, indicando que los factores actúan de forma independiente sobre peso de materia verde en cada interacción.

Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 19.69% nos indica la confiabilidad de los datos evaluados en campo (Vásquez, 2013).

Tabla 10

Análisis de varianza para peso de materia verde de avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. |
|---|------|---------------------------------|-------------|--------|------------|------------|------|
| Bloques | 2 | 0.79895062 | 0.39947531 | 3.88 | 3.13 | 4.92 | ** |
| Dosis de guano de isla (G) | 2 | 38.65265432 | 19.32632716 | 187.87 | 2.74 | 4.07 | * |
| Dosis de EM (EM) | 2 | 1.74672840 | 0.87336420 | 8.49 | 3.13 | 4.92 | ** |
| Niveles de guano de corral de ovino (E) | 2 | 1.13339506 | 0.56669753 | 5.51 | 3.13 | 4.92 | ** |
| G*EM | 4 | 0.29882716 | 0.07470679 | 0.73 | 2.23 | 3.07 | n.s |
| G*E | 4 | 0.11104938 | 0.02776235 | 0.27 | 2.23 | 3.07 | n.s |
| EM*E | 4 | 0.19641975 | 0.04910494 | 0.48 | 2.50 | 3.60 | n.s |
| G*EM*E | 8 | 0.25191358 | 0.03148920 | 0.31 | 1.89 | 2.45 | n.s |
| Error experimental | 52 | 5.34938272 | 0.10287274 | | | | |
| Total | 80 | 48.53932099 | | | | | |
| CV=19.69% | | $\bar{X} = 1.63 \text{ kg/m}^2$ | | | | | |

En la Tabla 11, se observa la prueba de Tukey para dosis de guano de islas sobre peso de materia verde, en donde se observa que la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor peso de materia verde con un promedio de 2.37 kg/m² (23 740.74 kg/ha), el cual es estadísticamente superior a las demás dosis; seguido de la dosis de 500 kg/ha con 1.80 kg/m² (18 037.04 kg/ha), el cual es estadísticamente superior a la dosis de 00 kg/ha de guano de islas que tuvo menor peso de materia verde con 0.71 kg/m² (7 092.59 kg/ha).

Tabla 11

Prueba de Tukey (P≤0.05) para dosis de guano de islas sobre peso de materia verde en avena

| Orden de merito | Dosis de guano de isla | Promedio de materia verde (kg/m ²) | Promedio de materia verde (kg/ha) | P≤0.05 |
|-----------------|------------------------|--|-----------------------------------|--------|
| 1 | G2 = 1000 kg/ha | 2.37 | 23 740.74 | a |
| 2 | G1 = 500 kg/ha | 1.80 | 18 037.04 | b |
| 3 | G0 = 00 kg/ha | 0.71 | 7 092.59 | c |

Los resultados obtenidos por la aplicación de las dosis de incorporación de guano de islas, son respaldados en base a Fontanetto *et al.*, (2008), quienes enfatizan que la avena, al igual que muchas especies de gramíneas, muestra una respuesta favorable en el crecimiento al adicionar nitrógeno, por lo cual es común que se presente un aumento en la acumulación de biomasa en las plantas.

El efecto del guano de isla en el rendimiento de los cultivos, es avalado teniendo en cuenta las siguientes investigaciones:

Ramírez (2014), quien al aplicar diferentes dosis de guano de isla en el cultivo de maíz se tuvo diferencias estadísticas en el rendimiento, donde la dosis de 1500 kg/ha tuvo mejor rendimiento, seguido de la dosis de 1000 y 500 t/ha, y el testigo tuvo el más bajo rendimiento; demostrando que las dosis de guano de isla influyen sobre el rendimiento de los cultivos, lo mismo se ha obtenido en la presente investigación al obtener diferencias en rendimiento de materia verde, siendo la dosis de 1000 kg/ha que tuvo mejor rendimiento, seguido de la dosis de 500 kg/ha y el testigo teniendo menor rendimiento.

Al utilizar otras fuentes de incorporación al suelo se tiene resultados diferentes, Caldas (2020), recomienda aplicar la dosis de 100-20-60 por haber presentado la mejor eficiencia agronómica de nitrógeno; Flores (2019), obtuvo 27 250 kg/ha al usar 33% de nitrógeno más estiércol de lombriz; Loayza (2016); obtuvo un rendimiento de 22 667 kg/ha con la dosis de 210 kg de N/ha; Reascos (2015), llegó a producir 64 000 kg/ha al usar Bovinaza más Bocashi en dosis de 1500 kg/ha c/u.

Ministerio de agricultura (1992), atribuye que los resultados son diferentes por su contenido de macronutrientes como el Nitrógeno, Fósforo y Potasio en cantidades de 10-14, 10-12, 2 a 3 % respectivamente. Elementos secundarios como el Calcio, Magnesio y Azufre, con un contenido promedio de 8, 0.5 y 1.5 % respectivamente. También contiene microelementos como el Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso, Boro y Molibdeno en cantidades de 20 a 320 ppm (partes por millón).

En la Tabla 12, se observa la prueba de Tukey para dosis de EM sobre peso de materia verde, en donde se observa que la dosis de EM 10% tuvo mayor peso de materia verde con 1.77 kg/m² (17 740.74 kg/ha), seguido de la dosis del EM 5%, con 1.69 kg/m² (16 851.85 kg/ha) de materia verde, los cuales estadísticamente son similares. En último lugar se ubica la dosis de EM 0% con menor peso de materia verde con 1.43 kg/m² (17 740.74 kg/ha).

Tabla 12

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para dosis de EM sobre peso de materia verde en avena

| Orden de merito | Dosis de EM | Promedio de materia verde (kg/m ²) | Promedio de materia verde (kg/ha) | P \leq 0.05 |
|-----------------|-------------|--|-----------------------------------|---------------|
| 1 | EM2 = 10% | 1.77 | 17 740.74 | a |
| 2 | EM1 = 5% | 1.69 | 16 851.85 | a |
| 3 | EM0 = 0% | 1.43 | 14 740.74 | b |

En la Tabla 13, se observa la prueba de Tukey para Niveles de guano de corral de ovino (E) sobre número de macollos, en donde se observa que el nivel de 1000 t/ha tuvo mayor peso de materia verde con 1.77 kg/m² (17 611.11 kg/ha) en promedio; seguido del nivel de 1000 t/ha con 1.65 kg/m² (16 518.52 kg/ha) los cuales estadísticamente son similares y superiores al testigo; y por último se ubica el nivel de 00 t/ha de guano de corral de ovino con 1.47 g/m² (14 740.74 kg/ha). La acción beneficiosa de los microorganismos es corroborado por: Haney *et al.*, (2015), manifiestan que uno de los efectos de los microorganismo eficientes, es el aumento del crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, debido a sus efectos hormonales en zonas meristemáticas, por el incremento de la capacidad de fotosíntesis a través de un mayor desarrollo foliar. Al utilizar otras fuentes de incorporación al suelo se tiene resultados diferentes, Huallpa *et al.* (2016), al aplicar biol alcanzó un rendimiento de 16.39 t/ha; Jiménez (2012), reporta un rendimiento de 59 000 kg/ha al aplicar 2.5% de EMa más 3000 kg/ha de bocashi mejorado.

Nele *et al.*, (2009), argumentan que, dentro de los microorganismos eficientes, algunas bacterias pueden promover el crecimiento vegetal, dando lugar a un mejora en la calidad de biomasa, la cual puede ser utilizada como alimento directo; en particular las bacterias endofíticas pueden colonizar los tejidos internos de órganos en la planta y con ello contribuir crecimiento en biomasa, estas bacterias endofíticas pueden ser igual que las rizobacterias quienes contribuyen una mejor adquisición de nutrientes y otros recursos que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas (Santoyo *et al.*, 2016).

Mendoza (2013), sostiene que la energía almacenada en los compuestos complejos por las plantas es más o menos completamente usado por los microorganismos, cuya actividad dentro del suelo va a permitir la disponibilidad de elementos asimilables para las nuevas generaciones de plantas; esta labor realizada por los microorganismos también lo realizan los microorganismos eficientes.

Tabla 13

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para para niveles de guano de corral de ovino sobre materia verde en avena

| Orden de merito | Niveles de guano de corral de ovino (E) | Promedio de materia verde (kg/m^2) | Promedio de materia verde (kg/ha) | $P \leq 0.05$ |
|-----------------|---|---|--|---------------|
| 1 | E2 = 1000 t/ha | 1.77 | 17 611.11 | a |
| 2 | E1 = 500 t/ha | 1.65 | 16 518.52 | a |
| 3 | E0 = 00 t/ha | 1.47 | 14 740.74 | b |

Los resultados obtenidos son diferentes por el efecto de las dosis, teniendo en cuenta a lo revelado por Aduvire (2014), enfatizando que bajo la aplicación de diferentes dosis de materia orgánica se tuvo 5.11 t/ha de materia verde con 30 t/ha de materia orgánica, seguido de la dosis de 15 t/ha con 4.37 t/ha y el testigo obtuvo 4.28 t/ha de materia verde, lo cual demuestra que las dosis siempre influyen sobre el peso de materia verde.

Clares (2014), obtuvo 53.4 t/ha de materia verde al aplicar 40 t/ha de estiércol de vacuno, seguido de la dosis de 30 t/ha con 52 t/ha de materia verde, con la dosis de 20 t/ha de estiércol de vacuno se tuvo 45.1 t/ha de materia verde y el testigo tuvo 43 t/ha de materia verde.

Al utilizar otras fuentes de incorporación al suelo se tiene resultados diferentes, Valeriano (2021), reporta un rendimiento de materia verde de 61 000 kg/ha al aplicar una dosis de 4 t/ha de humus de lombriz; Rodríguez *et al.* (2020), consigue un rendimiento de 6.38 t/ha al usar lombricomposta; Castellanos (2018), indica que tuvo mejor rendimiento de biomasa al utilizar lombrihumus; Inga (2017), da a conocer un rendimiento de $9\ 237 \pm 0.572\ \text{kg/m}^2$ con el uso de lombriabono de 10 t/ha en la variedad Mantaro 15 mejorado y en Urano de $8\ 123 \pm 0.311\ \text{kg/m}^2$.

En la Figura 3, se puede observar que el mayor rendimiento en materia verde se obtuvieron con el tratamiento conformado por 1000 kg/ha de guano de isla más EM al 5% más 1000 kg/ha de estiércol de ovino con 28000 kg/ha, seguido del tratamiento conformado por 1000 kg/ha de guano de isla más EM al 10% más 1000 kg/ha de estiércol de ovino con 26500 kg/ha de materia verde, el tratamiento de 1000 kg/ha de guano de isla más EM al 5% más 500 kg/ha de estiércol de ovino tuvo 26333.33 kg/ha, el tratamiento

de 1000 kg/ha de guano de isla más EM al 10% más 500 kg/ha de estiércol de ovino tuvo 24166.67 kg/ha. En último lugar se ubica el testigo con 4833.33 kg/ha de materia verde.

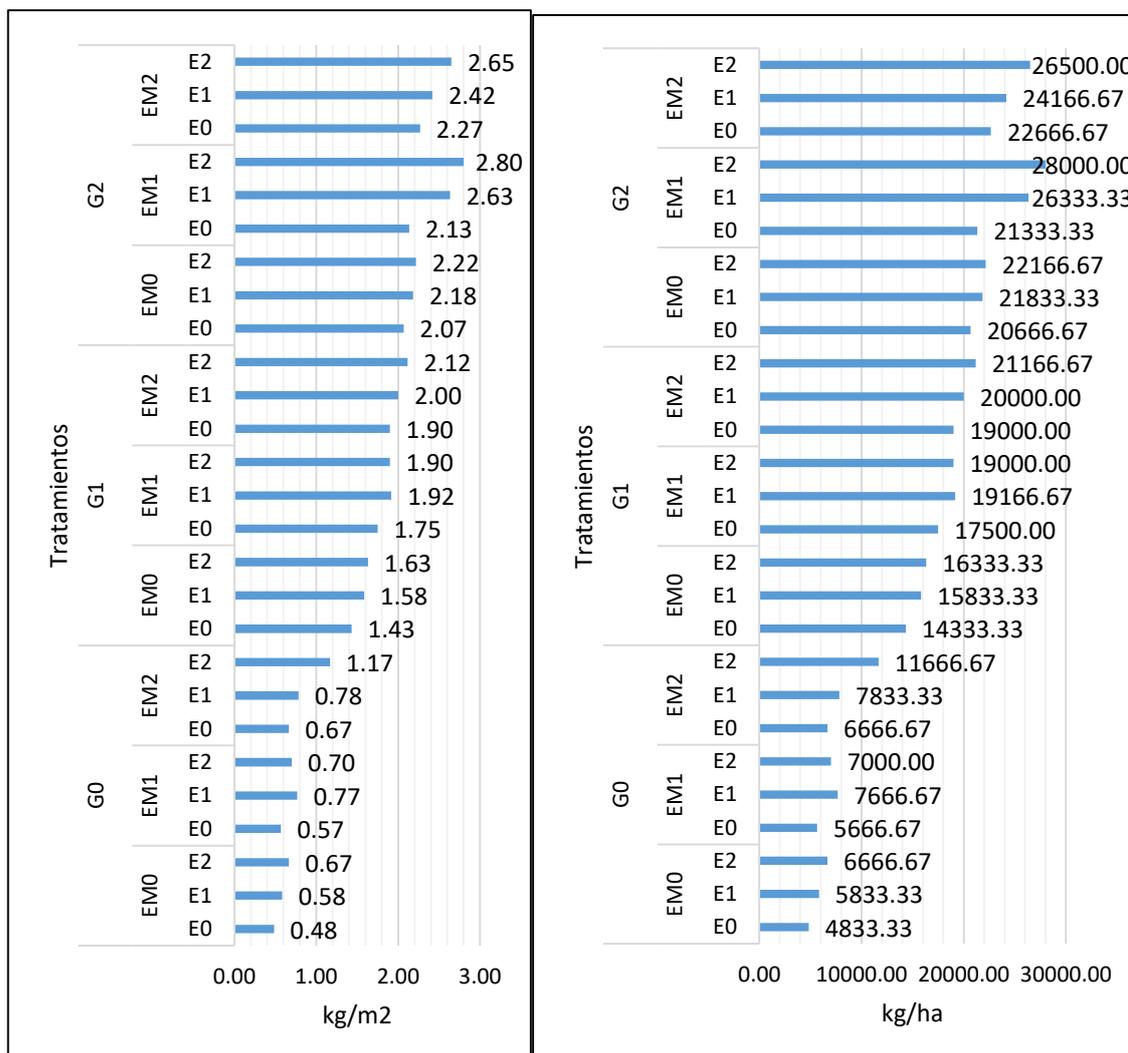


Figura 3. Peso de materia verde del cultivo de avena.

Además, se puede evidenciar que los rendimientos de materia verde de avena se incrementaron aplicando diferentes dosis de guano de isla a diferencia del testigo, lo cual es respaldado por Noriega (2001), quien argumenta que la utilización de abonos orgánicos en el cultivo de quinua, permitió obtener mejorar la fase fértil de los suelos de una manera natural, su actividad biológica y su estructura, permitiendo también una mayor aireación y capacidad de retención de humedad, lo que redunda en beneficio de la producción y productividad del cultivo; lo cual se traduce que se tuvo el mismo efecto en el cultivo de avena.

Los valores reportados en la investigación, son menores a lo señalado por Conislla y Quispe (2019), quienes obtuvieron diferencias estadísticas no significativas en tres

variedades de avena en rendimiento de materia verde, con 20.16 t/ha en la variedad Mantaro 15, 12.81 t/ha en la variedad Strigosa y 15.04 t/ha en la variedad Silvestre. Espitia *et al.*, (2012), describen que, los rendimientos de FV del monocultivo de avena varían entre 24.3 y 46.8 t/ha; Ansar *et al.*, (2010) refieren que el rendimiento del cultivo de avena tiene un promedio de 31.58 t/ha. Jiménez (2012) consiguió 59.00 t/ha con la aplicación de 2.5% de EMa y 3000 t/ha de abono orgánico bokashi mejorado.

Al comparar los resultados con la aplicación de otros abonos, se demuestra que existe diferencias no solamente con la dosis, también se da por las características genéticas de la variedad, al respecto Salas (2016), afirma que en la variedad INIA 901 Mantaro 15M, en el tratamiento conformado por 2 litros de EM, 2 toneladas de compost y 4 toneladas de bocashi obtuvo 44.83 t/ha de forraje verde, el tratamiento conformado por 1 litro de EM, 2 tn de compost y 4 toneladas de bocashi tuvo 39.00 t/ha, el tratamiento conformado por 2 litros de EM, 0 toneladas de compost y 2 toneladas de bocashi tuvo 38.67 t/ha y el tratamiento 16 conformado por 2 litros de EM, 4 toneladas de compost y sin aplicación de bocashi con 30.33 t/ha.

Al utilizar otras fuentes de incorporación al suelo se tiene resultados diferentes, Mamani y Cotacallapa (2018), indican un rendimiento promedio de 23.04 ± 3.86 t/ha de materia verde; Torres (2016), concluye que la combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos representan una alternativa confiable para garantizar el aspecto nutricional de la avena forrajera; Reascos (2015), llegó a producir 64 000 kg/ha al usar Bovinaza más Bocashi en dosis de 1500 kg/ha c/u; Jiménez (2012), reporta un rendimiento de 59 000 kg/ha al aplicar 2.5% de EMa más 3000 kg/ha de bocashi mejorado.

Respecto a la influencia de los datos climatológicos, en los meses en que condujo el experimento, se registró valores de temperaturas normales al igual de que la precipitación pluvial, siendo los meses de abril, mayo y junio con temperaturas mínimas más bajas de 0.9, -1.0 y -0,6 °C, y una media de 8.8, 7.8 y 7.1 °C respectivamente, y la precipitación pluvial estuvo ligeramente superior 766 mm, diferentes a lo manifestado por Choque (2005), quien indica que la temperatura media es de 12 a 16°C y precipitación pluvial de 600 mm; Argote y Ruiz (2011) argumentan de 16 a 17°C de temperatura media y 700 mm de precipitación pluvial.

Durante la conducción del experimento, el cultivo se ha desarrollado de forma regular ya que Jurado y Lara (2014) manifiestan que el cultivo se desarrolla bajo una precipitación

máxima de 800 mm y una temperatura de 5°C a 30°C como máximo. Habiéndose registrado temperaturas mínimas en la investigación que fue por debajo a lo manifestado por los autores, lo cual inhibió en cierta forma el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Al respecto, el reporte de Argote y Halanoca (2007), quienes evaluaron gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno” a una altitud de 3815 msnm, (ZA altiplánica) y 3868 msnm (ZA anillo circunlacustre del Lago Titicaca), relacionaron el rendimiento con la altitud, encontrándose un rendimiento materia verde de 80.66 t/ha en la línea promisorio Tayco, Vilcanota I con 84.33 t/ha, Cayuse 89.11 t/ha, Negra local 67.55 t/ha, con lo cual demuestra que el cultivo tendría un rendimiento adecuado las condiciones climáticas antes mencionadas.

Por otro lado el análisis de suelo mostró un contenido de materia orgánica calificado como medio (no fue bajo), de textura Franco Limoso, con un pH entre 5.45 a 6.35; estos resultados son relacionados por el reporte de Argote y Ruiz (2011), quienes deducen que el suelo es otro factor determinante para el éxito o fracaso del cultivo, es necesario que tengan un adecuado contenido de materia orgánica y una textura de franco-arenoso a franco-arcilloso, con un pH de 7.3 a 8.0, puede tolerar suelos con tendencia ácida (pH: 5.5 a 6.8); siendo el pH ácido un factor que probablemente haya influido en el normal desarrollo del cultivo ya que viene a ser un límite tolerable tal como se ha manifestado.

Otras investigaciones relacionadas con el uso de abonos orgánicos en otros cultivos corroboran los efectos de las mezclas de los abonos:

Jayo (2018), expresa que, en el cultivo de espinaca un rendimiento de 6.6 a 9.8 kg al aplicar 1 t/ha de guano de isla más 8% de microorganismos eficaces, seguido de 2 t/ha de guano de isla más 8% de microorganismos eficaces de 8.9 a 9.2 kg; mientras que con la dosis de 1 t/ha de guano de isla sin microorganismos eficaces tuvo de 4.8 a 5.4 kg.

Gutiérrez (2017), logró un rendimiento total de bulbos de cebolla con la aplicación de 2 t/ha de guano de isla más estiércol de cuyo combinado con microorganismos efectivos autóctonos (EM) de 8 t/ha con 60.21 t/ha, seguido de 2 t/ha de guano de isla más estiércol de cuyo combinado con EM de 4 t/ha con 54.06 t/ha, mientras que le testigo tuvo 44.77 t/ha.

Llimylla (2015), deduce que, al no aplicar Orgabiol obtuvo un rendimiento de forraje verde de 13.15 t/ha, al aplicar el Orgabiol en el estado fenológico de macollamiento y

50% de panoja visible tuvo 12.32 t/ha y la aplicación del Orgabiol en el estado fenológico de la planta con 50% de anthesis tuvo 11.50 t/ha. Jiménez (2012), al utilizar abono orgánico bokashi mejorado con microorganismos eficaces tuvo un rendimiento de 59.00 t/ha, sin su aplicación tuvo 44.33 t/ha.

Ramírez (2014) cita a Hidalgo (2014), señalando que las diferencias en rendimiento de maíz, al evaluar el efecto de tres abonos orgánicos (guano de Isla, estiércol de ovino y humus de lombriz) en dosis de 0.0, 1.0 y 2.0 t/ha, sobresaliendo la dosis de 2.0 t/ha de guano Isla con mejor productividad, superando en un 22% a los tratamientos con estiércol de ovino y humus de lombriz y en 28% a los tratamientos sin abono orgánico.

De igual forma Olortegui (2014), consiguió un mejor rendimiento en cultivo de lino al aplicar la dosis de guano de islas de 6t/ha más 10% de litros de EMa con 3.43 t/ha, seguido de la dosis de 6t/ha más 7.5 % litros de EMa, los cuales superaron al testigo que tuvo menor rendimiento de 0.39 t/ha. Mendieta (1992), afirma que el mayor rendimiento de forraje, está muy relacionado con un mayor número de macollos producido por la planta. Sin embargo, un mayor o menor número de macollos está en función a una disponibilidad apropiada del nitrógeno en el suelo.

Las investigaciones antes mencionadas, demuestran los efectos en rendimiento al combinar diferentes abonos orgánicos, lo cual se obtenido en la investigación en el cultivo de avena al combinar dosis de guano de islas, dosis de EM y dosis de estiércol de ovino indicando que existiría una buena asociación entre estos abonos.

4.2. Efecto de las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el desarrollo vegetativo del cultivo

4.2.1. Número de macollos

En la Tabla 14, se observa el análisis de varianza para número de macollos en avena, en donde se puede observar que entre los bloques no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los bloques no hay diferencias en número de macollos; para dosis de guano de isla (G) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual da a conocer que existe diferencias en número de macollos entre las dosis de guano de islas; para dosis de EM (EM), existe diferencias estadísticas significativas, lo cual da a conocer que existe diferencias en número de macollos entre las dosis de EM; para niveles de guano de corral de ovino (E) existe diferencias

estadísticas altamente significativas, lo cual da a conocer que existe diferencias en número de macollo entre los niveles de guano de corral de ovino; para las interacciones G*EM, EM*E y GE existen diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que los factores actúan de forma dependiente sobre número de macollos en cada interacción. En la interacción y G*EM*E existen diferencias estadísticas significativas, indicando que los factores actúan de forma dependiente sobre número de macollos. El coeficiente de variación (CV) igual a 5.22% nos indica la confiabilidad de los datos evaluados en campo (Vásquez, 2013).

Tabla 14

Análisis de varianza para número de macollos en avena.

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. |
|---|------|-------------|---------------------------|--------|------------|------------|------|
| Bloques | 2 | 0.4096296 | 0.2048148 | 0.97 | 3.18 | 5.04 | n.s. |
| Dosis de guano de isla (G) | 2 | 141.7755556 | 70.8877778 | 336.01 | 3.18 | 5.04 | ** |
| Dosis de EM (EM) | 2 | 1.9488889 | 0.9744444 | 4.62 | 3.18 | 5.04 | * |
| Niveles de guano de corral de ovino (E) | 2 | 44.1688889 | 22.0844444 | 104.68 | 3.18 | 5.04 | ** |
| G*EM | 4 | 35.5444444 | 8.8861111 | 42.12 | 2.55 | 3.70 | ** |
| G*E | 4 | 7.9555556 | 1.9888889 | 9.43 | 2.55 | 3.70 | ** |
| EM*E | 4 | 6.5377778 | 1.6344444 | 7.75 | 2.55 | 3.70 | ** |
| G*EM*E | 8 | 7.5088889 | 0.9386111 | 4.45 | 2.12 | 2.87 | * |
| Error experimental | 52 | 10.9703704 | 0.2109687 | | | | |
| Total | 80 | 256.8200000 | | | | | |
| CV=5.22% | | | $\bar{X} = 8.80$ macollos | | | | |

Al observar que existe efectos de la triple interacción, en el análisis de varianza para número de macollos (Tabla 14), los efectos principales pierden interés al igual que los efectos de la doble interacción, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza de efectos simples simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para número de macollos en avena (Tabla 15).

En la Tabla 15, se observa el ANVA de los efectos simples simples de la interacción niveles de corral de ovino x dosis de guano de islas × dosis de EM, para número de macollos en relación a que fue significativa la triple interacción en la Tabla 14 del análisis de varianza para datos número de macollos.

Tabla 15

Análisis de variancia de efectos simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para número de macollos en avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | F-Valor | Pr > F |
|---------------------------------|------|-----------|----------|---------|--------|
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM0 | 2 | 0.268889 | 0.134444 | 0.64 | 0.5328 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM1 | 2 | 3.848889 | 1.924444 | 9.12 | 0.0004 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM2 | 2 | 5.815556 | 2.907778 | 13.78 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM0 | 2 | 10.106667 | 5.053333 | 23.95 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM1 | 2 | 5.626667 | 2.813333 | 13.34 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM2 | 2 | 1.375556 | 0.687778 | 3.26 | 0.0464 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM0 | 2 | 15.140000 | 7.570000 | 35.88 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM1 | 2 | 15.120000 | 7.560000 | 35.83 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM2 | 2 | 8.868889 | 4.434444 | 21.02 | <.0001 |

La explicación respecto a la Tabla 15, sería se explica lo siguiente:

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), no existe diferencias estadísticas significativas, señalando que se tiene similar número de macollos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (0%)
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (5%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, demostrando que se tiene diferente número de macollos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que se tiene diferente número de macollos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, explicando que se tiene diferente número de macollos entre los niveles

- de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (5%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo expresando que se tiene diferente número de macollos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (5%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), existe diferencias estadísticas significativas, lo explicando que se tiene diferente número de macollos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (10%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (0%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, aclarando que se tiene diferente número de macollos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (0%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (5%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, esclareciendo que se tiene diferente número de macollos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (5%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, declarando que se tiene diferente número de macollos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (10%).

En la Tabla 16, Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times niveles de guano de corral de ovino para número de macollos, en base a la significancia estadística de la Tabla 15 del análisis de variancia de efectos simples simples de la

interacción Niveles de guano de corral de ovino x Dosis de guano de isla × Dosis de EM × para número de macollos, lo cual se explica de manera independiente de la siguiente forma:

- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 0% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, presentó mayor número de macollos con 8.90, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 0% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, obtuvo mayor número de macollos con 11.70 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 0% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, consiguió mayor número de macollos con 11.60, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, mostró mayor número de macollos con 8.67, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x niveles de guano de corral de ovino de 500 kg/ha obtuvo mayor número de macollos con 9.47 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, alcanzó mayor número de macollos con 11.87, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de isla de 0 kg/, consiguió mayor número de macollos con 9.77, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, logró mayor número de macollos con 10.67, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.

- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, tuvo mayor número de macollos con 10.50, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.

Tabla 16

Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para número de macollos

| Dosis de Guano de isla (G) | Dosis de EM (EM) | Niveles de guano de corral de ovino | Promedio de número de macollos (N°) | Sig. |
|----------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|
| G2 | EM0 | E0 | 8.90 | a |
| G1 | EM0 | E0 | 8.03 | b |
| G0 | EM0 | E0 | 5.73 | c |
| G2 | EM0 | E1 | 11.70 | a |
| G1 | EM0 | E1 | 8.57 | b |
| G0 | EM0 | E1 | 6.10 | c |
| G2 | EM0 | E2 | 11.60 | a |
| G1 | EM0 | E2 | 10.50 | b |
| G0 | EM0 | E2 | 6.10 | c |
| G2 | EM1 | E0 | 8.67 | a |
| G1 | EM1 | E0 | 8.47 | a |
| G0 | EM1 | E0 | 6.43 | b |
| G2 | EM1 | E1 | 9.47 | a |
| G1 | EM1 | E1 | 9.33 | a |
| G0 | EM1 | E1 | 7.17 | b |
| G2 | EM1 | E2 | 11.87 | a |
| G1 | EM1 | E2 | 10.40 | b |
| G0 | EM1 | E2 | 8.03 | c |
| G1 | EM2 | E0 | 9.77 | a |
| G2 | EM2 | E0 | 7.47 | b |
| G0 | EM2 | E0 | 6.67 | c |
| G1 | EM2 | E1 | 10.67 | a |
| G2 | EM2 | E1 | 9.30 | b |
| G0 | EM2 | E1 | 8.63 | c |
| G1 | EM2 | E2 | 10.50 | a |
| G2 | EM2 | E2 | 9.77 | b |
| G0 | EM2 | E2 | 7.57 | c |

Los resultados obtenidos muestran diferencias en número de macollos por planta, obteniéndose la mayor cantidad (11.87) con la aplicación de 1000 kg/ha de guano de islas, más 5% de EM y 1000 kg/ha de guano de corral de ovino; siendo el testigo con menor cantidad (5.73 macollos).

En los meses en que condujo el experimento, se registró valores de temperatura normales al igual de que la precipitación pluvial, lo cual se relaciona a lo expresado por

Choque (2005) menciona que la temperatura media debe ser 12 a 16°C y la precipitación pluvial de 600 mm; también la afirmación de Argote y Ruiz (2011) enfatizan que, de 16 a 17°C va la temperatura media y de 700 mm la precipitación pluvial; entonces, se señala que, el cultivo se ha desarrollado de forma regular, ya que Jurado y Lara (2014) argumentan que, el cultivo la precipitación máxima para el cultivo es de 800 mm con una temperatura de 5°C a 30°C como máximo; habiéndose registrado temperaturas mínimas en la investigación que fue por debajo a lo manifestado por los autores, lo cual inhibió en cierta forma el crecimiento y desarrollo del cultivo.

En la investigación, se tuvo valores superiores en número de macollos en los tratamientos con abonos orgánicos y microorganismos eficaces con un mínimo de 8.03 macollos hasta un máximo de 11.87 macollos, ya que el testigo tuvo 5.73 macollos; al respecto Argote y Halanoca (2007), quienes evaluaron gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno” a una altitud de 3815 msnm, (ZA altiplánica) y 3868 msnm (ZA anillo circunlacustre del Lago Titicaca), postulan las diferencias en la cantidad de macollos debido al efecto de la característica genética, donde la línea promisoría Tayco tuvo 6.27, Vilcanota I con 7.00, Cayuse 7.13, Negra local 6.60 macollos, los valores reportados son menores a lo encontrado en la investigación.

Al comparar los resultados con la aplicación de otros abonos orgánicos, se demuestra que existe diferencias no solamente con la dosis, sino también por las características genéticas de la variedad, tal como lo afirma Salas (2016), quien reporta que en la variedad INIA 901 Mantaro 15M, en el tratamiento conformado por 2 litros de EM, 2 toneladas de compost y 4 toneladas de bocashi obtuvo 11.87 macollos, el tratamiento conformado por 2 litros de EM, 0 tn de compost y 2 toneladas de bocashi tuvo 9,27 macollos, t13 el tratamiento conformado por 2 litros de EM, 2 toneladas de compost y 0 toneladas de bocashi tuvo 9.20 macollos y el tratamiento conformado por 2 litros de EM, 4 toneladas de compost y sin aplicación de bocashi con 6.4 macollos.

Los resultados obtenidos en número de macollos en el cultivo de avena al aplicar diferentes dosis de guano de islas, son evidenciados por el Ministerio de Agricultura (1997), sostiene que, el guano de Islas además de poseer los elementos menores y mayores lleva un número diferente de bacterias nitrificadoras, bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, bacterias antagonistas de patógenos del suelo, y hongos

benéficos que ayudan a la planta en la nutrición vegetal en forma total, además de contener todos los nutrimentos que la planta requiere para su normal crecimiento y desarrollo sobre todo de N (13%), P₂O₅ (12%) y K₂O (2.5%).

Ochoa (2016), argumenta que al aplicar la dosis de 100 kg/ha de estiércol de ovino, consiguió 6.25 macollos, con 80 kg/ha de estiércol de ovino tuvo 6.00 macollos, en la variedad gaviota; mientras que en la variedad local tuvo 5.50 macollos con 80 kg/ha y 60 kg/ha de estiércol de ovino; Clares (2014), revela que obtuvo 8.10 macollos al aplicar 40 t/ha de estiércol de vacuno, seguido de la dosis de 30 t/ha con 8.53 macollos, con 20 t/ha de estiércol de vacuno tuvo 6.3 macollos y el testigo tuvo 6.1 macollos. Cartagena (2015), logró 10.58 macollos con estiércol de lombriz, 10.02 macollos con estiércol de ovino y 9.28 macollos con estiércol de vacuno, estos resultados demuestran los efectos de las dosis de estiércol de ovino sobre el desarrollo de macollos, comprobándose en la presente investigación.

Pero los resultados de la investigación son menores a lo indicando por Apaza (2008), quien al aplicar urea como fertilizante de 240 kg/ha tuvo 19 macollos/planta, con 160 kg/ha tuvo 16 macollos/planta y el testigo tuvo 6 macollos/planta. AGRORURAL (2018), señala que la función del fósforo es fundamental en la formación del sistema radicular, aclarando que su carencia afecta el desarrollo de los macollos. Por tanto, existen diferentes investigaciones que corroboran el efecto positivo de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces a pesar de la influencia del clima que afecta en cierta forma el normal desarrollo del cultivo; se logra obtener buena cantidad de macollos.

4.2.2. Altura de planta

En la Tabla 17, se observa el análisis de varianza para altura de planta, en donde se puede observar que entre los bloques no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los bloques no hay diferencias en altura de planta; para dosis de guano de isla (G) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual da a conocer que existe diferencias en altura de planta entre las dosis de guano de islas; para dosis de EM (EM), también existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual revela que existe diferencias en altura de planta entre las dosis de EM; para niveles de guano de corral de ovino (E) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual muestra que existe diferencias en altura de planta entre los niveles de guano de

corral de ovino; para las interacciones G*EM, G*E, EM*E y G*EM*E existen diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que los factores actúan de forma dependiente sobre altura de planta en cada interacción. El coeficiente de variación (CV) igual a 2.68% nos indica la confiabilidad de los datos evaluados en campo (Vásquez, 2013).

Tabla 17

Análisis de varianza para altura de planta

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. |
|---|------|------------------------------|------------|---------|------------|------------|------|
| Bloques | 2 | 12.8230 | 6.4115 | 1.99 | 3.13 | 4.92 | n.s. |
| Dosis de guano de isla (G) | 2 | 32984.1452 | 16492.0726 | 6340.92 | 2.74 | 4.07 | ** |
| Dosis de EM (EM) | 2 | 296.2696 | 148.1348 | 56.96 | 3.13 | 4.92 | ** |
| Niveles de guano de corral de ovino (E) | 2 | 5575.1141 | 2787.5570 | 1071.77 | 3.13 | 4.92 | * |
| G*EM | 4 | 1794.9230 | 448.7307 | 172.53 | 2.23 | 3.07 | * |
| G*E | 4 | 2126.4741 | 531.6185 | 204.40 | 2.23 | 3.07 | * |
| EM*E | 4 | 618.4696 | 154.6174 | 59.45 | 2.50 | 3.60 | * |
| G*EM*E | 8 | 1660.9711 | 207.6214 | 79.83 | 1.89 | 2.45 | * |
| Error experimental | 52 | 135.2467 | 2.6009 | | | | |
| Total | 80 | 45197.9400 | | | | | |
| CV=2.68% | | $\bar{X} = 66.99 \text{ cm}$ | | | | | |

Al observar que existe efectos de la triple interacción, en el análisis de varianza para número de macollos (Tabla 17), los efectos principales pierden interés al igual que los efectos de la doble interacción, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza de efectos simples simples de la interacción Niveles de guano de corral de ovino x Dosis de guano de isla x Dosis de EM para altura de planta en avena (Tabla 18).

En la Tabla 18, se observa el ANVA de los efectos simples simples de la interacción niveles de corral de ovino x dosis de guano de islas x dosis de EM, para altura de planta en relación a que fue significativa la triple interacción en la Tabla 17 del análisis de varianza para datos altura de planta.

Tabla 18

Análisis de variancia de efectos simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para altura de planta

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | F-Valor | Pr > F |
|---------------------------------|------|---------|---------|---------|--------|
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM0 | 2 | 28.1267 | 14.0633 | 4.37 | 0.0176 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM1 | 2 | 4.01556 | 2.00778 | 0.62 | 0.5398 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM2 | 2 | 77.0689 | 38.5344 | 11.97 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM0 | 2 | 1592.84 | 796.421 | 247.47 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM1 | 2 | 1944.57 | 972.284 | 302.11 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM2 | 2 | 1710.9 | 855.448 | 265.81 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM0 | 2 | 3940.97 | 1970.48 | 612.28 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM1 | 2 | 485.047 | 242.523 | 75.36 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM2 | 2 | 197.496 | 98.7478 | 30.68 | <.0001 |

La explicación respecto a la Tabla18, sería lo siguiente:

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, demostrando que se tiene diferente altura de planta entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (0%)
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), no existe diferencias estadísticas significativas, revelando que se tiene similar altura de planta entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, señalando que se tiene diferente altura de planta entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que se tiene diferente altura de planta entre los niveles de

- guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, explicando que se tiene diferente altura de planta entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (10%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, expresando que se tiene diferente altura de planta entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (10%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (0%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, mostrando que se tiene diferente altura de planta entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (0%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (5%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, aclarando que se tiene diferente altura de planta entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (5%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, esclareciendo que se tiene diferente altura de planta entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (10%).

En la Tabla 19, Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times niveles de guano de corral de ovino para la medición de altura de planta, en base a la significancia estadística de la Tabla 17 del análisis de variancia de efectos simples

simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times Niveles de guano de corral de ovino para altura de planta, lo cual se explica de manera independiente de la siguiente forma:

- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de isla de 0 kg/ha, tuvo mayor altura de planta con 60.77 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de isla de 500 kg/ha, logró mayor altura de planta con 105.97 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de isla de 1000 kg/ha, presentó mayor altura de planta con 104.30 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 5% \times nivel de guano de isla de 0 kg/ha, alcanzó mayor altura de planta con 89.13 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 5% \times nivel de guano de isla de 500 kg/ha, presentó mayor altura de planta con 92.17 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 10% \times nivel de guano de isla de 1000 kg/ha obtuvo mayor altura de planta con 106.00 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 10% \times nivel de guano de isla de 0 kg/ha, consiguió mayor altura de planta con 75.53 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 10% \times nivel de guano de isla de 500 kg/ha, alcanzó mayor altura de planta con 87.00 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha \times la dosis de EM de 10% \times nivel de guano de isla de 1000 kg/ha consiguió mayor altura de planta con 92.37 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.

Tabla 19

Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para la medición de altura de planta

| Dosis de guano de isla (G) | Dosis de EM (EM) | Niveles de guano de corral de ovino (E) | Promedio de altura de planta (cm) | Sig. |
|----------------------------|------------------|---|-----------------------------------|------|
| G2 | EM0 | E0 | 60.77 | a |
| G1 | EM0 | E0 | 48.43 | b |
| G0 | EM0 | E0 | 32.77 | c |
| G2 | EM0 | E1 | 105.97 | a |
| G1 | EM0 | E1 | 76.93 | b |
| G0 | EM0 | E1 | 36.50 | c |
| G2 | EM0 | E2 | 104.30 | a |
| G1 | EM0 | E2 | 76.37 | b |
| G0 | EM0 | E2 | 36.53 | c |
| G2 | EM1 | E0 | 89.13 | a |
| G1 | EM1 | E0 | 49.77 | b |
| G0 | EM1 | E0 | 39.13 | c |
| G2 | EM1 | E1 | 92.17 | a |
| G1 | EM1 | E1 | 82.97 | b |
| G0 | EM1 | E1 | 37.73 | c |
| G2 | EM1 | E2 | 106.00 | a |
| G1 | EM1 | E2 | 78.43 | b |
| G0 | EM1 | E2 | 39.17 | c |
| G2 | EM2 | E0 | 75.53 | a |
| G1 | EM2 | E0 | 58.97 | b |
| G0 | EM2 | E0 | 43.33 | c |
| G2 | EM2 | E1 | 87.00 | a |
| G1 | EM2 | E1 | 80.00 | b |
| G0 | EM2 | E1 | 47.03 | c |
| G1 | EM2 | E2 | 92.37 | a |
| G2 | EM2 | E2 | 80.90 | b |
| G0 | EM2 | E2 | 50.50 | c |

En los meses en que condujo el experimento, se registró valores de temperatura normales al igual de que la precipitación pluvial, al respecto Choque (2005) señala que la temperatura media es de 12 a 16°C y la precipitación pluvial de 600 mm; pero, Argote y Ruiz (2011) indican que la temperatura media es de 16 a 17°C y 700 mm de precipitación pluvial; por lo cual, el cultivo se ha desarrollado de forma regular ya que Jurado y Lara (2014) manifiestan que el cultivo la precipitación máxima para el cultivo es de 800 mm con una temperatura de 5°C a 30°C como máximo; habiéndose registrado temperaturas mínimas en la investigación que fue por debajo a lo manifestado por los autores, lo cual inhibió en cierta forma el crecimiento y desarrollo del cultivo; ya que

en la investigación se tuvo menores valores en altura de planta, siendo el testigo con 32.77 cm.

Resultados que son corroborados en base al reporte de Argote y Halanoca (2007), quienes evaluaron gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno” a una altitud de 3815 msnm, (ZA altioplánica) y 3868 msnm (ZA anillo circunlacustre del Lago Titicaca), donde encontró una altura de planta variable en Tayko, Cayuse, Vilcanota 1, Negra local con 1.42, 1.28, 1.42 y 1.38 m respectivamente.

El análisis de suelo mostró que el contenido de materia orgánica fue calificado como medio, es decir no fue bajo, de textura Franco Limoso, con un pH entre 5.45 a 6.35, estos resultados se relacionan al reporte de Argote y Ruiz (2011), quienes enfatizan que el suelo es otro factor determinante, debiendo tener un adecuado contenido de materia orgánica y una textura de franco-arenoso a franco-arcilloso, un pH de 7.3 a 8.0, puede tolerar suelos con tendencia ácida (pH: 5.5 a 6.8); observando que el pH ácido fue factor que probablemente haya influido en el normal desarrollo del cultivo ya que viene a ser un límite tolerable tal como se ha manifestado.

Apaza (2008), opina, que el agua es uno de los factores más importantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas, desde la germinación hasta la madurez fisiológica de los cultivos es el agua, ya que proporciona un medio de transporte de elementos nutritivos y la conservación de la turgencia.

El efecto positivo de la mezcla de abonos orgánicos se da con otros cultivos, tal como se cita a continuación:

Aduvire (2014), señala que la altura de planta está influenciada por los factores climáticos (temperatura precipitación), lo cual indica que estos factores afectan el normal crecimiento y desarrollo del cultivo de avena forrajera, ya que, en la investigación, se ha conseguido la altura de 106.00 cm bajo la aplicación de guano de isla a una dosis de 1000 kg/ha, 10% de EM y 1000 kg/ha de guano de corral de ovino, superando ampliamente al testigo de 32.77 cm.

Salas (2016), deduce que en la variedad INIA 901 Mantaro 15M, en el tratamiento conformado por 2 litros de EM, 4 toneladas de compost y 2 toneladas de bocashi obtuvo 1.23 cm en altura de planta, el tratamiento conformado por 2 litros de EM, 2 tn de compost y 2 toneladas de bocashi tuvo 1.13 cm, t2 el tratamiento conformado por 1 litro

de EM, 0 toneladas de compost y 2 toneladas de bocashi tuvo 1.07 cm y el tratamiento conformado por 1 litro de EM, sin aplicación de compost y bocashi con 0.74 cm.

Gutiérrez (2017), sostiene que mayor altura de planta en cebolla con la aplicación de 2 t/ha de guano de isla más estiércol de cuy combinado con microorganismos efectivos autóctonos (EM) de 8 t/ha con 84.87 cm, seguido de 2 t/ha de guano de isla más estiércol de cuy combinado con EM de 4 t/ha con 76.92 cm, mientras que el testigo tuvo 60.32 cm.

Zapana (2014), propone que con la utilización del humus de lombriz se tiene una mayor altura de planta con la dosis de 4 t/ha con 1.62 m, mientras que el testigo tuvo 1.14 m. Cartagena (2015) obtuvo 1.54 m al usar hidróxido de calcio y 1.50 m con fosfato diamónico.

Olortegui (2014), sostiene que, al usar la combinación de diferentes dosis de guano de islas con dosis de EM en el cultivo de lino, obtuvo diferencias en altura de planta, siendo la mejor dosis de 6 t/ha más 7.5% de litros de EMa, seguido de la combinación de 6 t/ha de guano de isla más 10% de litros de EMa, la menor altura de planta se obtuvo de la combinación de 3 t/ha de guano de islas más 10% de litros de EMa; estos resultados demuestran que al aplicar la mezcla de diferentes dosis de guano de isla y EMa, tienen efectos en la altura de planta, evidenciándose en los resultados de la presente investigación, siendo la dosis de guano de isla de 1000 kg/ha y la dosis de EM al 5% tuvieron mejor efecto en altura de planta. Jayo (2018), por su parte deduce que obtuvo una longitud de planta de 17.6 a 20.1 cm al aplicar 1 t/ha de guano de isla más 8% de microorganismos eficaces, seguido de 2 t/ha de guano de isla más 8% de microorganismos eficaces de 16.1 a 17.2 cm; mientras que con la dosis de 1 t/ha de guano de isla sin microorganismos eficaces tuvo de 12.3 a 13.5 cm.

Borda (2013), indica que al aplicar la dosis de 1000 kg/ha de guano de isla en cultivo de quinua obtuvo mayor altura de planta de 65.57 cm, seguido de las dosis de 750 y 500 kg/ha con 65.57 y 62.37 cm respectivamente; entendiéndose que a mayor dosis, mayor altura de planta. Ramírez (2014), quien al aplicar 1500 kg/ha de guano de islas tuvo mayor altura de planta en cultivo de maíz con 187.3 cm, seguido de la dosis de 1000 kg/ha con 182.8 cm, siendo superiores al testigo con 155.3 cm; estos resultados corroboran los efectos sobre el mayor crecimiento del cultivo al aplicar una dosis determinada de guano de islas. Ochoa (2016), deduce que, al aplicar la dosis de 100

kg/ha de estiércol de ovino, obtuvo 119.85 cm, seguido de la dosis de 60 kg/ha de estiércol de ovino con 118.23 cm en la variedad gaviota; mientras que en la variedad local se obtuvo 110.33 cm con 100 kg/ha, 96.10 cm con 80 kg/ha y 91.53 cm con 60 kg/ha de estiércol de ovino; estos resultados demuestran los efectos de las dosis de estiércol de ovino sobre el desarrollo de macollos.

Apaza (2008), indica que, al aplicar diferentes dosis de urea como fertilizante, obtuvo mayor altura de planta con la dosis de 240 kg/ha con 58 cm, seguido de la dosis de 160 kg/ha con 47 cm y el testigo con 53 cm; estos resultados explican que mientras mayor sea la dosis mayor será la altura de planta. De igual forma, Aduvire (2014), propone que la aplicación de la dosis de materia orgánica de 30 t/ha tuvo 110.4 cm de altura de planta, seguido de 15 t/ha con 103.3 cm y el testigo tuvo 97.0 cm de altura de planta, lo cual demuestra que las dosis siempre influyen sobre la altura de planta. Mientras que Cartagena (2015), logró 151.56 cm con estiércol de lombriz, 145.11 cm con estiércol de ovino y 142.67 cm con estiércol de vacuno. Flores (2019), obtuvo una altura de 102 cm/planta al momento de corte al usar nitrógeno al 33% más estiércol de lombriz. Inga (2017), reporta valores de 154.88 ± 2.98 ; 157.18 ± 1.64 y 159.20 ± 0.96 cm al usar 0, 5 y 10 t/ha de lombriabono en la variedad Mantaro 15 mejorado y 104.58 ± 3.46 ; 114.85 ± 2.93 y 118.73 ± 1.54 cm en la variedad Urano. Reascos (2015), obtuvo mejores resultados de altura de planta al usar la mezcla Bocashi + Ecoabonaza en dosis de 1500 kg/ha c/u. Flores (2019), consiguió una altura de planta al momento del corte con nitrógeno al 33% + estiércol de lombriz de 102 cm/planta.

4.2.3. Relación hoja/tallo

En la Tabla 20, se observa el análisis de varianza para la relación hoja/tallo en cultivo de avena, en donde se puede observar que entre los bloques no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los bloques no hay diferencias en la relación hoja/tallo; para dosis de guano de isla (G) no existe diferencias estadísticas altamente, lo cual da a conocer que no existe diferencias estadísticas en la relación hoja/tallo entre las dosis de guano de islas; para dosis de EM (EM), no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual revela que no existe diferencias en la relación hoja/tallo entre las dosis de EM; para niveles de guano de corral de ovino (E) existe diferencias estadísticas significativas, lo cual muestra que existe diferencias estadísticas en la relación hoja/tallo entre los niveles de guano de corral de ovino; para las

interacciones G*EM, G*E y EM*E no existen diferencias estadísticas significativas, indicando que los factores actúan de forma independiente sobre la relación hoja/tallo en cada interacción. Mientras que para la interacción G*EM*E existen diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que los factores actúan de forma dependiente sobre la relación hoja/tallo en la interacción.

El coeficiente de variación (CV) igual a 23.30% nos indica la que los datos evaluados en campo son confiables (Vásquez, 2013).

Tabla 20

Análisis de varianza para relación hoja tallo en la avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. |
|---|------|------------------|------------|------|------------|------------|------|
| Bloques | 2 | 0.10543706 | 0.05271853 | 0.96 | 3.18 | 5.04 | n.s. |
| Dosis de guano de isla (G) | 2 | 0.15168032 | 0.07584016 | 1.39 | 3.18 | 5.04 | n.s. |
| Dosis de EM (EM) | 2 | 0.00264032 | 0.00132016 | 0.02 | 3.18 | 5.04 | n.s. |
| Niveles de guano de corral de ovino (E) | 2 | 1.03103240 | 0.51551620 | 9.44 | 3.18 | 5.04 | ** |
| G*EM | 4 | 0.46440946 | 0.11610236 | 2.13 | 2.55 | 3.70 | n.s. |
| G*E | 4 | 0.13178716 | 0.03294679 | 0.60 | 2.55 | 3.70 | n.s. |
| EM*E | 4 | 0.20480694 | 0.05120173 | 0.94 | 2.55 | 3.70 | n.s. |
| G*EM*E | 8 | 1.47460484 | 0.18432560 | 3.37 | 2.12 | 2.87 | ** |
| Error experimental | 52 | 2.84079294 | 0.05463063 | | | | |
| Total | 80 | 6.40719143 | | | | | |
| CV=23.30% | | $\bar{X} = 1.00$ | | | | | |

Al observar que existe efectos de la triple interacción, en el análisis de varianza para la relación hoja tallo (Tabla 21), los efectos principales pierden interés al igual que los efectos de la doble interacción, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza de efectos simples simples de la interacción Niveles de guano de corral de ovino x Dosis de guano de isla x Dosis de EM para la relación hoja tallo en la avena.

En la Tabla 18, se observa el ANVA de los efectos simples simples de la interacción niveles de corral de ovino x dosis de guano de islas × dosis de EM, para la relación hoja tallo en la avena en relación a que fue significativa la triple interacción en la Tabla 20 del análisis de varianza para datos de la relación hoja tallo.

Tabla 21

Análisis de variancia de efectos simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para la relación hoja tallo en la avena.

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | F-Valor | Pr > F |
|---------------------------------|------|---------|---------|---------|--------|
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM0 | 2 | 1.29299 | 0.64649 | 11.83 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM1 | 2 | 0.09012 | 0.04506 | 0.82 | 0.444 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM2 | 2 | 0.08679 | 0.0434 | 0.79 | 0.4573 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM0 | 2 | 0.37212 | 0.18606 | 3.41 | 0.0607 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM1 | 2 | 0.54401 | 0.272 | 4.98 | 0.0105 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM2 | 2 | 0.15352 | 0.07676 | 1.41 | 0.2545 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM0 | 2 | 0.11234 | 0.05617 | 1.03 | 0.3648 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM1 | 2 | 0.18519 | 0.0926 | 1.69 | 0.1936 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM2 | 2 | 0.00515 | 0.00257 | 0.05 | 0.954 |

La explicación respecto a la Tabla 21, sería lo siguiente:

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, demostrando que se tiene diferente relación hoja tallo entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (5%), no existe diferencias estadísticas significativas, indicando que se tiene similar relación hoja tallo entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), no existe diferencias estadísticas significativas, explicando que se tiene similar relación hoja tallo entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), existe diferencias estadísticas significativas, lo que expresa que se tiene diferente relación hoja tallo entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (0%).

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (5%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, explicando que se tiene diferente relación hoja tallo entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), no existe diferencias estadísticas significativas, aclarando que se tiene similar relación hoja tallo entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (0%)), no existe diferencias estadísticas significativas, declarando que se tiene similar relación hoja tallo entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (5%)), no existe diferencias estadísticas significativas, demostrando que se tiene similar relación hoja tallo entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), no existe diferencias estadísticas significativas, explicando que se tiene similar relación hoja tallo entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y EM (10%).

En la Tabla 22, Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times niveles de guano de corral de ovino para la relación hoja tallo, lo cual se explica de manera independiente:

- La dosis de guano de isla de 0 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, obtuvo mayor relación hoja tallo con 1.69, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.

- La dosis de guano de isla de 0 kg/ha x la dosis de EM de 0% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, logró una relación hoja tallo con 0.95, el cual estadísticamente similar a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 0% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, tuvo mayor relación hoja tallo con 1.15, el cual estadísticamente similar demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, adquirió mayor relación hoja tallo con 1.25, el cual estadísticamente similar a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, presentó mayor relación hoja tallo con 1.18, el cual estadísticamente similar a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, consiguió mayor relación hoja tallo con 1.05, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, obtuvo mayor relación hoja tallo con 1.22, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, alcanzó mayor relación hoja tallo con 1.04, el cual estadísticamente similar a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, presentó mayor relación hoja tallo con 0.99, el cual estadísticamente similar a las demás interacciones.

la investigación se tuvo valores de 0.68 en la relación hoja tallo, llegándose a obtener hasta una relación de 1.69; resultados que son similares en cierta forma al reporte de Argote y Halanoca (2007), quienes evaluaron gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno” a una altitud de 3815 msnm y 3868 msnm, encontrando diferencias en relación hoja tallo, en las líneas promisorias de Tayco que tuvo 0.72, Vilcanota I con 0.79, Cayuse 20.67, Negra local 0.87.

Tabla 22

Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para la relación hoja tallo

| Dosis de guano de isla (G) | Dosis de EM (EM) | Niveles de guano de corral de ovino (E) | Promedio de la relación hoja tallo | Sig. |
|----------------------------|------------------|---|------------------------------------|------|
| G0 | EM0 | E0 | 1.69 | a |
| G1 | EM0 | E0 | 1.19 | b |
| G2 | EM0 | E0 | 0.92 | b |
| G0 | EM0 | E1 | 0.95 | a |
| G2 | EM0 | E1 | 0.92 | a |
| G1 | EM0 | E1 | 0.74 | a |
| G1 | EM0 | E2 | 1.15 | a |
| G0 | EM0 | E2 | 0.83 | a b |
| G2 | EM0 | E2 | 0.68 | b |
| G1 | EM1 | E0 | 1.25 | a |
| G2 | EM1 | E0 | 1.22 | a |
| G0 | EM1 | E0 | 0.88 | a |
| G1 | EM1 | E1 | 1.18 | a |
| G2 | EM1 | E1 | 0.87 | a |
| G0 | EM1 | E1 | 0.82 | a |
| G0 | EM1 | E2 | 1.05 | a |
| G1 | EM1 | E2 | 1.00 | a |
| G2 | EM1 | E2 | 0.69 | a |
| G0 | EM2 | E0 | 1.22 | a |
| G1 | EM2 | E0 | 1.15 | a |
| G2 | EM2 | E0 | 0.96 | a |
| G0 | EM2 | E1 | 1.04 | a |
| G1 | EM2 | E1 | 1.00 | a |
| G2 | EM2 | E1 | 0.85 | a |
| G0 | EM2 | E2 | 0.99 | a |
| G2 | EM2 | E2 | 0.95 | a |
| G1 | EM2 | E2 | 0.91 | a |

Respecto a los efectos de los microorganismos eficientes Aung et al., (2018), enfatizan un efecto positivo la aplicación de microorganismos eficientes sobre la estimulación del desarrollo de las raíces, por ende la mejora en la asimilación de nutrientes, por ello se va a tener efecto directo en el desarrollo de tallos y hojas.

Mattos (2000), indica que la insuficiencia de nitrógeno, debilita el macollamiento de las gramíneas, reduce el periodo vegetativo, el contenido de proteínas, el crecimiento de las plantas y la cosecha es menor.

4.2.4. Longitud de hoja

En la Tabla 23, se observa el análisis de varianza para longitud de hojas de avena de avena, en donde se puede observar que entre los bloques no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los bloques no hay diferencias en longitud de hojas; para dosis de guano de isla (G) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual muestra que existe diferencias en longitud de hojas entre las dosis de guano de islas; para dosis de EM (EM), también existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual explica que existe diferencias en longitud de hojas entre las dosis de EM; para niveles de guano de corral de ovino (E) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual expresa que existe diferencias en longitud de hojas entre los niveles de guano de corral de ovino; para las interacciones G*EM, G*E, EM*E y G*EM*E existen diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que los factores actúan de forma dependiente sobre longitud de hojas en cada interacción. El coeficiente de variación (CV) igual a 3.38% nos indica la que los datos evaluados en campo son confiables (Vásquez, 2013).

Tabla 23

Análisis de varianza para longitud de hoja en avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. |
|---|------|-------------|------------------------------|---------|------------|------------|------|
| Bloques | 2 | 0.000247 | 0.000123 | 0.00 | 3.18 | 5.04 | n.s. |
| Dosis de guano de isla (G) | 2 | 8270.195802 | 4135.097901 | 3066.83 | 3.18 | 5.04 | ** |
| Dosis de EM (EM) | 2 | 255.166173 | 127.583086 | 94.62 | 3.18 | 5.04 | ** |
| Niveles de guano de corral de ovino (E) | 2 | 2341.518025 | 1170.759012 | 868.30 | 3.18 | 5.04 | ** |
| G*EM | 4 | 367.007901 | 91.751975 | 68.05 | 2.55 | 3.70 | ** |
| G*E | 4 | 796.716049 | 199.179012 | 147.72 | 2.55 | 3.70 | ** |
| EM*E | 4 | 14.412346 | 3.603086 | 2.67 | 2.55 | 3.70 | * |
| G*EM*E | 8 | 190.846914 | 23.855864 | 17.69 | 2.12 | 2.87 | ** |
| Error experimental | 52 | 70.11309 | 1.34833 | | | | |
| Total | 80 | 12305.97654 | | | | | |
| CV=3.38% | | | $\bar{X} = 34.33 \text{ cm}$ | | | | |

Debido a la interacción observada en la Tabla 23, los efectos principales pierden interés al igual que los efectos de la doble interacción, por lo cual se procedió a realizar el

análisis de varianza de efectos simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para la longitud de hoja en avena.

En la Tabla 24, se observa el ANVA de los efectos simples de la interacción niveles de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM, para longitud de hoja en la avena en relación a que fue significativa la triple interacción en la Tabla 23 del análisis de varianza para datos de longitud de hojas en avena.

Tabla 24

Análisis de variancia de efectos simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para longitud de hoja en la avena.

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | F-Valor | Pr > F |
|---------------------------------|------|------------|------------|---------|--------|
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM0 | 2 | 69.362222 | 34.681111 | 25.72 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM1 | 2 | 14.248889 | 7.124444 | 5.28 | 0.0081 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM2 | 2 | 7.340000 | 3.670000 | 2.72 | 0.0751 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM0 | 2 | 875.940000 | 437.970000 | 324.82 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM1 | 2 | 599.215556 | 299.607778 | 222.21 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM2 | 2 | 882.595556 | 441.297778 | 327.29 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM0 | 2 | 68.895556 | 34.447778 | 25.55 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM1 | 2 | 402.515556 | 201.257778 | 149.26 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM2 | 2 | 423.380000 | 211.690000 | 157.00 | <.0001 |

La explicación respecto a la Tabla 24, sería lo siguiente:

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de isla (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, demostrando diferente longitud de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de isla (00 kg/ha) y dosis de EM (0%)
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de isla (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (5%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, explicando diferente longitud de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de isla (00 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de isla (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), no existe diferencias estadísticas significativas, indicando similar longitud de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de isla (00 kg/ha) y dosis de EM (10%).

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (0%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, expresando diferente longitud de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (5%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, aclarando diferente longitud de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), no existe diferencias estadísticas significativas, demostrando similar relación longitud de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (0%)), no existe diferencias estadísticas significativas, explicando similar longitud de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (5%)), no existe diferencias estadísticas significativas, aclarando similar longitud de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), no existe diferencias estadísticas significativas, demostrando similar longitud de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (10%).

En la Tabla 25, Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times niveles de guano de corral de ovino para longitud de hoja, lo cual se explica de manera independiente de la siguiente forma:

- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 0% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, alcanzó longitud de hoja con 35.67 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha x la dosis de EM de 0% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, adquirió mayor longitud de hoja con 41.37 cm, el cual estadísticamente similar a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha x la dosis de EM de 0% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, logró longitud de hoja con 48.67 cm, el cual estadísticamente similar demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, presentó mayor longitud de hoja con 39.47 cm, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, tuvo mayor longitud de hoja con 50.27 cm, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, obtuvieron mayor longitud de hoja con 55.53 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, alcanzó mayor longitud de hoja con 36.70 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha tuvo, adquirió mayor longitud de hoja con 45.37 cm, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, logró mayor longitud de hoja con 53.50 cm, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.

Los resultados obtenidos de longitud de hojas fueron diferentes entre tratamientos, llegándose a obtener una longitud máxima de 55.53 cm bajo la aplicación 1000 kg/ha de

guano de isla, 5% de EM y 1000 kg/ha de guano de corral de ovino y el testigo tuvo 15.73 cm, donde los factores climáticos como temperatura y precipitación pluvial reportados en la investigación tuvieron valores normales, al respecto Choque (2005) y Argote y Ruiz (2011) señalan que la temperatura media de 12 a 17°C y de 600 a 700 mm de precipitación pluvial como rangos normales para el cultivo de avena, ya que Jurado y Lara (2014) manifiestan que el cultivo puede desarrollarse con una precipitación de 800 mm y una temperatura de 5°C a 30°C como máximo; habiéndose registrado temperaturas mínimas en la investigación que fue por debajo a lo manifestado por los autores, lo cual inhibió en cierta forma el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Tabla 25

Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para longitud de hoja en avena

| Dosis de guano de isla (G) | Dosis de EM (EM) | Niveles de guano de corral de ovino (E) | Promedio de longitud de hoja (cm) | Sig. |
|----------------------------|------------------|---|-----------------------------------|------|
| G2 | EM0 | E0 | 35.67 | a |
| G1 | EM0 | E0 | 25.07 | b |
| G0 | EM0 | E0 | 15.73 | c |
| G1 | EM0 | E1 | 41.37 | a |
| G2 | EM0 | E1 | 38.37 | b |
| G0 | EM0 | E1 | 17.37 | c |
| G1 | EM0 | E2 | 48.67 | a |
| G2 | EM0 | E2 | 42.40 | a b |
| G0 | EM0 | E2 | 22.27 | b |
| G1 | EM1 | E0 | 39.47 | a |
| G2 | EM1 | E0 | 26.47 | b |
| G0 | EM1 | E0 | 19.40 | c |
| G2 | EM1 | E1 | 50.27 | a |
| G1 | EM1 | E1 | 34.87 | b |
| G0 | EM1 | E1 | 22.00 | c |
| G2 | EM1 | E2 | 55.53 | a |
| G1 | EM1 | E2 | 46.10 | b |
| G0 | EM1 | E2 | 22.13 | c |
| G2 | EM2 | E0 | 36.70 | a |
| G1 | EM2 | E0 | 27.63 | b |
| G0 | EM2 | E0 | 20.47 | c |
| G2 | EM2 | E1 | 45.37 | a |
| G1 | EM2 | E1 | 45.20 | a |
| G0 | EM2 | E1 | 21.77 | b |
| G2 | EM2 | E2 | 53.50 | a |
| G1 | EM2 | E2 | 50.83 | b |
| G0 | EM2 | E2 | 22.67 | c |

Al respecto Argote y Halanoca (2007), también señalan que las gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno” a una altitud de 3815 msnm, (ZA altiplánica) y 3868 msnm (ZA anillo circunlacustre del Lago Titicaca), tuvieron diferencias en la longitud de hojas, donde la línea promisorio Tayco tuvo 37.10 cm, Vilcanota 1 40.19 cm, Cayuse 37.32 cm, Negra local 33.53 cm.

El efecto del guano de islas con microorganismos eficaces, se corrobora por lo señalado por Jayo (2018), quien obtuvo una longitud de hoja de 8.1 a 8.3 cm al aplicar 1 t/ha de guano de isla más 8% de microorganismos eficaces, seguido de 2 t/ha de guano de isla más 8% de microorganismos eficaces de 8.2 a 9.2 cm; mientras que con la dosis de 1 t/ha de guano de isla sin microorganismos eficaces tuvo de 6.1 a 7.2 cm.

4.2.5. Ancho de hoja

En la Tabla 26, se observa el análisis de varianza para ancho de hoja de avena de avena, en donde se puede observar que entre los bloques no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los bloques no hay diferencias en ancho de hojas; para dosis de guano de isla (G) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual da a conocer que existe diferencias en ancho de hojas entre las dosis de guano de islas; para dosis de EM (EM), también existe diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que existe diferencias en ancho de hoja entre las dosis de EM; para niveles de guano de corral de ovino (E) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual muestra que existe diferencias en ancho de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino; para las interacciones G*EM, G*E, EM*E y G*EM*E existen diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que los factores actúan de forma dependiente sobre ancho de hoja en cada interacción.

El coeficiente de variación (CV) igual a 2.81% nos indica la que los datos evaluados en campo son confiables (Vásquez, 2013).

Tabla 26

Análisis de varianza para ancho de hoja en avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. |
|---|------|-------------|------------|---------|------------|------------|------|
| Bloques | 2 | 0.00115556 | 0.00057778 | 0.24 | 3.18 | 5.04 | n.s. |
| Dosis de guano de isla (G) | 2 | 13.44116296 | 6.72058148 | 2760.91 | 3.18 | 5.04 | ** |
| Dosis de EM (EM) | 2 | 1.33147407 | 0.66573704 | 273.49 | 3.18 | 5.04 | ** |
| Niveles de guano de corral de ovino (E) | 2 | 0.65876296 | 0.32938148 | 135.31 | 3.18 | 5.04 | ** |
| G*EM | 4 | 2.75418519 | 0.68854630 | 282.86 | 2.55 | 3.70 | ** |
| G*E | 4 | 0.13802963 | 0.03450741 | 14.18 | 2.55 | 3.70 | ** |
| EM*E | 4 | 0.22927407 | 0.05731852 | 23.55 | 2.55 | 3.70 | ** |
| G*EM*E | 8 | 0.25937778 | 0.03242222 | 13.32 | 2.12 | 2.87 | ** |
| Error experimental | 52 | 0.12657778 | 0.00243419 | | | | |
| Total | 80 | 18.94000000 | | | | | |

CV=2.81% $\bar{X} = 1.76 \text{ cm}$

Al observar que existe efectos de la triple interacción, en el análisis de varianza para ancho de hoja en avena (Tabla 27), los efectos principales pierden interés al igual que los efectos de la doble interacción, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza de efectos simples simples de la interacción Niveles de guano de corral de ovino x Dosis de guano de isla x Dosis de EM para el ancho de hoja en avena.

Tabla 27

Análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para ancho de hoja en la avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | F-Valor | Pr > F |
|---------------------------------|------|---------|---------|-----------|---------|
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM0 | 2 | 0.12016 | 0.06008 | 24.68000 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM1 | 2 | 0.10640 | 0.05320 | 21.86000 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM2 | 2 | 0.00482 | 0.00241 | 0.99000 | 0.37830 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM0 | 2 | 0.04507 | 0.02253 | 9.26000 | 0.00040 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM1 | 2 | 0.21576 | 0.10788 | 44.32000 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM2 | 2 | 0.01607 | 0.00803 | 3.30000 | 0.04470 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM0 | 2 | 0.01042 | 0.00521 | 2.14000 | 0.12780 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM1 | 2 | 0.24620 | 0.12310 | 50.57000 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM2 | 2 | 0.52056 | 0.26028 | 106.93000 | <.0001 |

En la Tabla 27, se observa el ANVA de los efectos simples simples de la interacción niveles de corral de ovino x dosis de guano de islas x dosis de EM, para ancho de hoja en la avena en relación a que fue significativa la triple interacción en la Tabla 26 del análisis de varianza para datos de ancho de hoja en avena donde se explica lo siguiente:

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, demostrando diferente ancho de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (5%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, explicando diferente ancho de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), no existe diferencias estadísticas significativas, indicando similar ancho de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, explicando diferente ancho de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha) dentro de la dosis de EM (5%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, demostrando diferente ancho de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), existe diferencias estadísticas significativas, aclarando diferente ancho de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), no existe diferencias estadísticas significativas, mostrando similar ancho de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha) dentro de la dosis de EM (5%), existe diferencias estadísticas altamente

significativas, declarando diferente ancho de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (5%).

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, explicando diferente ancho de hoja entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (10%).

En la Tabla 28, Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times niveles de guano de corral de ovino para ancho de hoja, en base a la significancia estadística de la Tabla 27 del análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times Niveles de guano de corral de ovino para ancho de hoja, lo cual se explica de manera independiente de la siguiente forma:

- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, presentó mayor ancho de hoja con 2.12 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, adquirió mayor ancho de hoja con 2.20 cm, el cual estadísticamente similar a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, alcanzó mayor ancho de hoja con 2.16 cm, el cual estadísticamente similar demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 5% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, obtuvo mayor ancho de hoja con 1.94 cm, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 5% \times nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, logró mayor ancho de hoja con 2.23 cm, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 5% \times nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, tuvo mayor ancho de hoja con 2.33 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.

- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, presentó mayor ancho de hoja con 1.94 cm, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, logró mayor ancho de hoja con 2.21 cm, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, tuvo mayor ancho de hoja con 2.26 cm, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.

Tabla 28

Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para ancho de hoja en avena

| Dosis de guano de isla (G) | Dosis de EM (EM) | Niveles de guano de corral de ovino (E) | Promedio de ancho de hoja (cm) | Sig. |
|----------------------------|------------------|---|--------------------------------|------|
| G2 | EM0 | E0 | 2.12 | a |
| G1 | EM0 | E0 | 1.89 | b |
| G0 | EM0 | E0 | 0.59 | c |
| G2 | EM0 | E1 | 2.20 | a |
| G1 | EM0 | E1 | 1.98 | b |
| G0 | EM0 | E1 | 0.86 | c |
| G2 | EM0 | E2 | 2.16 | a |
| G1 | EM0 | E2 | 1.80 | b |
| G0 | EM0 | E2 | 0.78 | c |
| G2 | EM1 | E0 | 1.94 | a |
| G1 | EM1 | E0 | 1.84 | b |
| G0 | EM1 | E0 | 1.00 | c |
| G2 | EM1 | E1 | 2.23 | a |
| G1 | EM1 | E1 | 1.92 | b |
| G0 | EM1 | E1 | 1.18 | c |
| G2 | EM1 | E2 | 2.33 | a |
| G1 | EM1 | E2 | 2.20 | b |
| G0 | EM1 | E2 | 1.26 | c |
| G1 | EM2 | E0 | 1.94 | a |
| G2 | EM2 | E0 | 1.72 | b |
| G0 | EM2 | E0 | 1.65 | c |
| G2 | EM2 | E1 | 2.21 | a |
| G1 | EM2 | E1 | 1.99 | b |
| G0 | EM2 | E1 | 1.69 | c |
| G2 | EM2 | E2 | 2.26 | a |
| G1 | EM2 | E2 | 2.04 | b |
| G0 | EM2 | E2 | 1.70 | c |

En los meses en que condujo el experimento, se registró valores de temperatura normales al igual de que la precipitación pluvial, estos valores se relacionan al reporte de Choque (2005) y Argote y Ruiz (2011) quienes manifiestan que la temperatura media debe ser de 12 a 17 °C y de 600 a 700 mm de precipitación pluvial; por tanto, el cultivo se ha desarrollado de forma regular ya que Jurado y Lara (2014) sostienen que el cultivo la precipitación máxima para el cultivo es de 800 mm con una temperatura de 5°C a 30°C como máximo.

En la investigación se obtuvo 2.26 cm de ancho de hoja bajo la aplicación 1000 kg/ha de guano de isla, 10% de EM y 1000 kg/ha de guano de corral de ovino, mientras que el testigo tuvo 0.59 cm. Estos resultados se relacionan al reporte de Argote y Halanoca (2007), quienes evaluaron gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno” a una altitud de 3815 msnm, (ZA altiplánica) y 3868 msnm (ZA anillo circunlacustre del Lago Titicaca), encontraron diferencias en ancho de hojas, donde la línea promisorio Tayco tuvo 2.19 cm, Vilcanota I con 2.27 cm, Cayuse 2.15 cm, Negra local 2.27 cm, valores similares a lo obtenido en la investigación, pero con la aplicación de abonos orgánicos y microorganismos eficientes.

El efecto del guano de islas con los microorganismos eficaces también se logra en otros cultivos, obteniéndose diferentes tamaño de hojas, lo cual se relaciona a lo indicando por Toalombo (2012), quien indica que la aplicación de microorganismos benéficos al suelo tiende a retener más agua, ello conlleva una mejora de los cultivos que incrementan su resistencia al estrés hídrico en épocas de sequía, y es por ello, que se tiene diferentes tamaño de hojas debido a la actividad microbiana dentro del suelo que favorezcan la asimilación de nutrientes.

Jayo (2018), enfatiza que, obtuvo un ancho de hoja de 7 cm al aplicar 1 t/ha de guano de isla más 8% de microorganismos eficaces, seguido de 2 t/ha de guano de isla más 8% de microorganismos eficaces de 6.5 a 7.6 cm; mientras que con la dosis de 1 t/ha de guano de isla sin microorganismos eficaces tuvo de 5.2 a 5.8 cm.

La opinión de Mattos (2000), deduce que la insuficiencia de nitrógeno, debilita el macollamiento de las gramíneas, reduce el periodo vegetativo, el contenido de proteínas, el crecimiento de las plantas y la cosecha es menor.

4.3. Peso de raíz, tallo y hojas con la aplicación de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM)

4.3.1. Peso de raíces

En la Tabla 29, se observa el análisis de varianza para peso de raíces de avena, en donde se puede observar que entre los bloques no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los bloques no hay diferencias en peso de raíces; para dosis de guano de isla (G) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual da a conocer que existe diferencias en peso de raíces entre las dosis de guano de islas; para dosis de EM (EM), también existe diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que existe diferencias en peso de raíces entre las dosis de EM; para niveles de guano de corral de ovino (E) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual explica que existe diferencias en peso de raíces entre los niveles de guano de corral de ovino; para la interacción G*EM existe diferencias estadísticas significativas, indicando que los factores actúan de forma dependiente sobre el peso de raíces en cada interacción. Mientras que para las interacciones G*E, EM*E y G*EM*E existen también diferencias estadísticas significativas, indicando que los factores actúan de forma dependiente sobre peso de raíces en cada interacción. El coeficiente de variación (CV) igual a 17.50% nos indica la que los datos evaluados en campo aparente son confiables (Vásquez, 2013).

Tabla 29

Análisis de varianza para peso de raíces en avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. |
|---|------|------------|---------------------------------|--------|------------|------------|------|
| Bloques | 2 | 0.03997163 | 0.01998581 | 3.86 | 3.18 | 5.04 | n.s. |
| Dosis de guano de isla (G) | 2 | 2.34221622 | 1.17110811 | 226.23 | 3.18 | 5.04 | ** |
| Dosis de EM (EM) | 2 | 0.48583622 | 0.24291811 | 46.93 | 3.18 | 5.04 | ** |
| Niveles de guano de corral de ovino (E) | 2 | 1.08163622 | 0.54081811 | 104.47 | 3.18 | 5.04 | ** |
| G*EM | 4 | 0.48590422 | 0.12147606 | 23.47 | 2.55 | 3.70 | * |
| G*E | 4 | 0.28210311 | 0.07052578 | 13.62 | 2.55 | 3.70 | ** |
| EM*E | 4 | 0.18685644 | 0.04671411 | 9.02 | 2.55 | 3.70 | ** |
| G*EM*E | 8 | 0.13600156 | 0.01700019 | 3.28 | 2.12 | 2.87 | ** |
| Error experimental | 52 | 0.26918837 | 0.00517670 | | | | |
| Total | 80 | 5.30971400 | | | | | |
| CV=17.45% | | | $\bar{X} = 0.41\text{g/planta}$ | | | | |

Al observar que existe efectos de la triple interacción, en el análisis de varianza para peso de raíces en avena (Tabla 29), los efectos principales pierden interés al igual que los efectos de la doble interacción, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza de efectos simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para peso de raíces en avena.

Tabla 30

Análisis de variancia de efectos simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para peso de raíces en la avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | F-Valor | Pr > F |
|---------------------------------|------|----------|----------|---------|--------|
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM0 | 2 | 0.012387 | 0.006193 | 1.2 | 0.3105 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM1 | 2 | 0.082863 | 0.041431 | 8 | 0.0009 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM2 | 2 | 0.068911 | 0.034455 | 6.66 | 0.0027 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM0 | 2 | 0.06683 | 0.033415 | 6.45 | 0.0031 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM1 | 2 | 0.200467 | 0.100233 | 19.36 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM2 | 2 | 0.234062 | 0.117031 | 22.61 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM0 | 2 | 0.131611 | 0.065805 | 12.71 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM1 | 2 | 0.752449 | 0.376224 | 72.68 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM2 | 2 | 0.137018 | 0.068509 | 13.23 | <.0001 |

En la Tabla 30, se observa el ANVA de los efectos simples de la interacción niveles de corral de ovino x dosis de guano de islas × dosis de EM, para peso de raíces en la avena en relación a que fue significativa la triple interacción en la Tabla 29 del análisis de varianza para datos de peso de raíces en avena donde se explica lo siguiente:

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), no existe diferencias estadísticas significativas, demostrando que se tiene similar peso de raíces entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (0%)
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (5%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que se tiene diferente peso de raíces entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, explicando que se tiene diferente peso de raíces entre los niveles de

- guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (0%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, señalando que se tiene diferente peso de raíces entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (0%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (5%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, explicando que se tiene diferente peso de raíces entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (5%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, demostrando que se tiene diferente peso de raíces entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (10%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (0%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, aclarando que se tiene diferente peso de raíces entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (0%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (5%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, expresando que se tiene diferente peso de raíces entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (5%).
 - Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, mostrando que se tiene diferente peso de raíces entre los niveles de

guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (10%).

En la Tabla 31, Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times niveles de guano de corral de ovino para peso de raíces, lo cual se explica de manera independiente de la siguiente forma:

- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha tuvo mayor peso de raíces con 0.34 g/planta, seguido de dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha tuvo un peso de raíces de 0.24 g/planta, los cuales estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha logró mayor peso de raíces con 0.40 g/planta, seguido de dosis de guano de isla de 500 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha tuvo un peso de raíces con 0.36 g/planta los cuales estadísticamente fueron superiores a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha alcanzó mayor peso de raíces con 0.53 g/planta, seguido de dosis de guano de isla de 500 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha tuvo un peso de raíces con 0.53 g/planta los cuales estadísticamente fueron superiores a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 5% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, presentó mayor peso de raíces con 0.36 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 5% \times nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, logró mayor peso de raíces con 0.89 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 5% \times nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, obtuvo mayor peso con 1.03 g/planta, siendo estadísticamente fue superior a las demás interacciones.

- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, alcanzó mayor peso de raíces con 0.61 g/planta, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, consiguió mayor peso de raíces con 0.71 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, presentó mayor peso de raíces con 0.91 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.

Los resultados obtenidos en peso de raíces fueron influenciados por las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces, obteniéndose el mayor peso bajo la aplicación de 1000 kg/ha de guano de islas, 5% de EM y 1000 kg/ha de guano de corral de ovino con 1.03 g/planta, mientras que el testigo tuvo 0.08 g/planta.

Las diferencias en los resultados obtenidos de peso de raíces, se atribuyen a lo expresado por el BID (2009), quien enfatiza que uno de los efectos principales de los microorganismos eficaces viene a ser la promoción del crecimiento de las raíces, dando lugar a diferentes pesos.

Hamed *et al.* (2011), reporta que, al probar las bacterias del ácido láctico (LAB) en condiciones in vitro aumentaron el número de raíces aumenta en el cultivo de fresa, con ello ha demostrado la capacidad de LAB para actuar como bacterias promotoras del crecimiento de la planta.

IICA (2013), describe que, las bacterias acidolácticas de los microorganismos eficaces eliminan los microorganismos que son dañinos para las plantas, van a acelerar la descomposición de la materia orgánica para que la aprovechen los cultivos. Mientras que, las levaduras producen sustancias (hormonas y enzimas) estimulando el crecimiento del sistema radical de los cultivos; y es por ello que se tiene un efecto en el peso de raíces por el efecto de las dosis de aplicación de microorganismos eficaces.

Tabla 31

Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino peso de raíces en avena

| Dosis de guano de isla (G) | Dosis de EM (EM) | Niveles de guano de corral de ovino (E) | Promedio de pesos de raíces (g/planta) | Sig. |
|----------------------------|------------------|---|--|------|
| G1 | EM0 | E0 | 0.34 | a |
| G2 | EM0 | E0 | 0.24 | a |
| G0 | EM0 | E0 | 0.08 | b |
| G2 | EM0 | E1 | 0.40 | a |
| G1 | EM0 | E1 | 0.36 | a |
| G0 | EM0 | E1 | 0.09 | b |
| G2 | EM0 | E2 | 0.53 | a |
| G1 | EM0 | E2 | 0.53 | a |
| G0 | EM0 | E2 | 0.16 | b |
| G2 | EM1 | E0 | 0.36 | a |
| G1 | EM1 | E0 | 0.19 | b |
| G0 | EM1 | E0 | 0.15 | b |
| G2 | EM1 | E1 | 0.89 | a |
| G1 | EM1 | E1 | 0.49 | b |
| G0 | EM1 | E1 | 0.17 | c |
| G2 | EM1 | E2 | 1.03 | a |
| G1 | EM1 | E2 | 0.52 | b |
| G0 | EM1 | E2 | 0.37 | c |
| G1 | EM2 | E0 | 0.61 | a |
| G0 | EM2 | E0 | 0.17 | b |
| G2 | EM2 | E0 | 0.33 | c |
| G2 | EM2 | E1 | 0.71 | a |
| G1 | EM2 | E1 | 0.36 | b |
| G0 | EM2 | E1 | 0.19 | c |
| G2 | EM2 | E2 | 0.91 | a |
| G1 | EM2 | E2 | 0.56 | b |
| G0 | EM2 | E2 | 0.40 | c |

4.3.2. Peso de tallos

En la Tabla 59, se observa el análisis de varianza para peso de tallos de avena de avena, en donde se puede observar que entre los bloques no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los bloques no hay diferencias en peso de tallos; para dosis de guano de isla (G) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual da a conocer que existe diferencias en peso de tallos entre las dosis de guano de islas; para dosis de EM (EM), también existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual explica que existe diferencias en peso de tallos entre las dosis de EM; para niveles de guano de corral de ovino (E) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual muestra que existe diferencias en peso de tallos entre

los niveles de guano de corral de ovino; para la interacción G*EM existe diferencias estadísticas significativas, indicando que los factores actúan de forma dependiente sobre el peso de tallos en cada interacción. Mientras que para las interacciones G*E, EM*E y G*EM*E también existen diferencias estadísticas significativas, revelando que los factores actúan de forma dependiente sobre peso de tallos en cada interacción. El coeficiente de variación (CV) igual a 17.86% nos indica la que los datos evaluados en campo aparente son confiables (Vásquez, 2013).

Tabla 32

Análisis de varianza para peso de tallos en avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. |
|---|------|-------------|------------|--------|------------|------------|------|
| Bloques | 2 | 0.2173882 | 0.1086941 | 0.43 | 3.18 | 5.04 | n.s. |
| Dosis de guano de isla (G) | 2 | 169.6697810 | 84.8348905 | 336.64 | 3.18 | 5.04 | ** |
| Dosis de EM (EM) | 2 | 30.8218454 | 15.4109227 | 61.15 | 3.18 | 5.04 | ** |
| Niveles de guano de corral de ovino (E) | 2 | 47.3091896 | 23.6545948 | 93.86 | 3.18 | 5.04 | ** |
| G*EM | 4 | 11.6138919 | 2.9034730 | 11.52 | 2.55 | 3.70 | ** |
| G*E | 4 | 10.2004944 | 2.5501236 | 10.12 | 2.55 | 3.70 | ** |
| EM*E | 4 | 4.2653124 | 1.0663281 | 4.23 | 2.55 | 3.70 | ** |
| G*EM*E | 8 | 13.4577497 | 1.6822187 | 6.68 | 2.12 | 2.87 | ** |
| Error experimental | 52 | 13.1043604 | 0.2520069 | | | | |
| Total | 80 | 300.6600129 | | | | | |

CV=17.86%

$$\bar{X} = 2.81\text{g/planta}$$

Al observar que existe efectos de la triple interacción, en el análisis de varianza para peso de tallos en avena (Tabla 32), los efectos principales pierden interés al igual que los efectos de la doble interacción, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza de efectos simples simples de la interacción Niveles de guano de corral de ovino x Dosis de guano de isla x Dosis de EM para peso de tallos en avena.

En la Tabla 33, se observa el ANVA de los efectos simples simples de la interacción niveles de corral de ovino x dosis de guano de islas × dosis de EM, para peso de tallos en la avena en relación a que fue significativa la triple interacción en la Tabla 32 del análisis de varianza para datos de peso de tallos en avena.

Tabla 33

Análisis de variancia de efectos simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para peso de tallos en la avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | F-Valor | Pr > F |
|---------------------------------|------|---------|---------|---------|--------|
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM0 | 2 | 1.77638 | 0.88819 | 3.52 | 0.0367 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM1 | 2 | 0.53134 | 0.26567 | 1.05 | 0.3558 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM2 | 2 | 4.02497 | 2.01248 | 7.99 | 0.0009 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM0 | 2 | 1.66549 | 0.83274 | 3.3 | 0.0446 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM1 | 2 | 7.01018 | 3.50509 | 13.91 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM2 | 2 | 4.9632 | 2.4816 | 9.85 | 0.0002 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM0 | 2 | 7.84495 | 3.92247 | 15.56 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM1 | 2 | 41.6308 | 20.8154 | 82.6 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM2 | 2 | 5.78543 | 2.89271 | 11.48 | <.0001 |

La explicación respecto a la Tabla 33, sería lo siguiente:

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), existe diferencias estadísticas significativas, demostrando diferente peso de tallos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (0%)
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (5%), no existe diferencias estadísticas significativas, señalando similar peso de tallos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, explicando diferente peso de tallos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), existe diferencias estadísticas significativas, indicando diferente peso de tallos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha) dentro de la dosis de EM (5%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, expresando diferente peso de tallos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (5%).

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, mostrando diferente peso de tallos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (0%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, aclarando diferente peso de tallos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (5%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, revelando diferente peso de tallos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, demostrando diferente peso de tallos entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (10%).

En la Tabla 34, Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times niveles de guano de corral de ovino para peso de tallos, en base a la significancia estadística de la Tabla 33 del análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times Niveles de guano de corral de ovino para peso de tallos, lo cual se explica de manera independiente de la siguiente forma:

- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, alcanzó mayor peso de tallos con 2.37 g/planta, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, adquirió mayor peso de tallos con 2.70 g/planta, seguido de dosis de guano de isla de 500 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha tuvo mayor peso de tallos con 1.94 g/planta los cuales estadísticamente fueron superiores a las demás interacciones.

- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 0% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, presentó mayor peso de tallos con 4.49 g/planta, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, logró mayor peso de tallos con 2.72 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, obtuvo mayor peso de tallos con 6.70 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, alcanzó mayor peso de tallos con 7.70 g/planta, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, consiguió mayor peso de tallos con 4.52 g/planta, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, logró mayor peso de tallos con 5.33 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, tuvo mayor peso de tallos con 6.48 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.

Los resultados obtenidos en peso de tallos fueron influenciados por las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces, obteniéndose el mayor peso bajo la aplicación de 1000 kg/ha de guano de islas, 10% de EM y 1000 kg/ha de guano de corral de ovino con 6.48 g/planta, mientras que el testigo tuvo 0.29 g/planta.

Estos resultados se relacionan a lo manifestado por Mautino (2017), quien al aplicar la dosis de 8 t guano de isla más 2 l/Ha de EM, obtuvo mayor número de tallos/planta en cultivo de fresa, el cual indicaría como mayor peso de tallos; seguido de la dosis de 4 t guano de isla más 2 l/Ha de EM, mientras que el el testigo alcanzó menor cantidad de tallos/planta.

Tabla 34

Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para peso de tallos en avena

| Dosis de guano de isla (G) | Dosis de EM (EM) | Niveles de guano de corral de ovino (E) | Promedio de pesos de tallos (g/planta) | Sig. |
|----------------------------|------------------|---|--|------|
| G2 | EM0 | E0 | 2.37 | a |
| G1 | EM0 | E0 | 1.13 | b |
| G0 | EM0 | E0 | 0.29 | c |
| G2 | EM0 | E1 | 2.70 | a |
| G1 | EM0 | E1 | 1.94 | a |
| G0 | EM0 | E1 | 1.06 | b |
| G2 | EM0 | E2 | 4.49 | a |
| G1 | EM0 | E2 | 2.13 | b |
| G0 | EM0 | E2 | 1.34 | b |
| G2 | EM1 | E0 | 2.72 | a |
| G1 | EM1 | E0 | 1.66 | b |
| G0 | EM1 | E0 | 1.29 | b |
| G2 | EM1 | E1 | 6.70 | a |
| G1 | EM1 | E1 | 1.96 | b |
| G0 | EM1 | E1 | 1.86 | b |
| G2 | EM1 | E2 | 7.70 | a |
| G1 | EM1 | E2 | 3.66 | b |
| G0 | EM1 | E2 | 1.73 | c |
| G2 | EM2 | E0 | 4.52 | a |
| G1 | EM2 | E0 | 1.96 | b |
| G0 | EM2 | E0 | 0.93 | c |
| G2 | EM2 | E1 | 5.33 | a |
| G1 | EM2 | E1 | 2.60 | b |
| G0 | EM2 | E1 | 1.14 | c |
| G2 | EM2 | E2 | 6.48 | a |
| G1 | EM2 | E2 | 3.76 | b |
| G0 | EM2 | E2 | 2.44 | c |

Vega *et al.*, (2021), cita a Hurtado (2001), quien enfatiza que los microorganismos eficientes actúan tomando las sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo; por ello, las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. BID (2009), describe que uno de los efectos principales de los microorganismos eficaces viene a ser la promoción del desarrollo de las plantas.

Arias (2010), reporta a Higa y Parr, quienes señalaron que dentro del EM, se encuentran las bacterias fototróficas como *Rhodopseudomonas* spp., las cuales sintetizan sustancias

útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía; estas sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas; por lo tanto se va a tener mayor peso de tallos diferenciándose por el efecto de las dosis de EM.

Toloambo (2012) cita a Silva (2009), quien argumenta que otro de los efectos del EM está en las condiciones químicas del suelo, mejorando la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical; de esta forma la planta asimila los nutrientes para su desarrollo.

4.3.3. Peso de hojas

En la Tabla 35, se observa el análisis de varianza para peso de hojas de avena de avena, en donde se puede observar que entre los bloques no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los bloques no hay diferencias en peso de hojas; para dosis de guano de isla (G) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual da a conocer que existe diferencias en peso de hojas entre las dosis de guano de islas; para dosis de EM (EM), también existe diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que existe diferencias en peso de hojas entre las dosis de EM; para niveles de guano de corral de ovino (E) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual explica que existe diferencias en peso de hojas entre los niveles de guano de corral de ovino; para las interacciones G*E, G*EM y G*EM*E existe diferencias estadísticas significativas, indicando que los factores actúan de forma dependiente sobre el peso de hojas en cada interacción. Mientras que para la interacción EM*E no existen diferencias estadísticas significativas, explicando que los factores actúan de forma independiente sobre peso de hojas.

El coeficiente de variación (CV) igual a 20.41% nos indica la que los datos evaluados en campo aparente son confiables (Vásquez, 2013).

Tabla 35

Análisis de varianza para peso de hojas en avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft 0.05 | Ft 0.01 | Sig. |
|---|------|-------------|------------|--------|------------|------------|------|
| Bloques | 2 | 2.7346499 | 1.3673249 | 4.74 | 3.18 | 5.04 | * |
| Dosis de guano de isla (G) | 2 | 142.1844990 | 71.0922495 | 246.37 | 3.18 | 5.04 | ** |
| Dosis de EM (EM) | 2 | 34.7351647 | 17.3675824 | 60.19 | 3.18 | 5.04 | ** |
| Niveles de guano de corral de ovino (E) | 2 | 25.6303379 | 12.8151689 | 44.41 | 3.18 | 5.04 | ** |
| G*EM | 4 | 19.9657763 | 4.9914441 | 17.30 | 2.55 | 3.70 | ** |
| G*E | 4 | 6.2945581 | 1.5736395 | 5.45 | 2.55 | 3.70 | ** |
| EM*E | 4 | 2.4875754 | 0.6218939 | 2.16 | 2.55 | 3.70 | n.s. |
| G*EM*E | 8 | 8.2481836 | 1.0310229 | 3.57 | 2.12 | 2.87 | ** |
| Error experimental | 52 | 15.0050661 | 0.2885590 | | | | |
| Total | 80 | 257.2858109 | | | | | |

CV=20.41% $\bar{X} = 2.63\text{g/planta}$

Al observar que existe efectos de la triple interacción, en el análisis de varianza para peso de hojas en avena (Tabla 35), los efectos principales pierden interés al igual que los efectos de la doble interacción, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza de efectos simples simples de la triple interacción.

Tabla 36

Análisis de variancia de efectos simples simples de la interacción niveles de guano de corral de ovino x dosis de guano de isla x dosis de EM para peso de hojas en la avena

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | F-Valor | Pr > F |
|---------------------------------|------|---------|---------|---------|--------|
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM0 | 2 | 0.67839 | 0.33919 | 1.18 | 0.3167 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM1 | 2 | 0.96588 | 0.48294 | 1.67 | 0.1975 |
| E.Ovino dentro de G0 dentro EM2 | 2 | 3.323 | 1.6615 | 5.76 | 0.0055 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM0 | 2 | 2.12276 | 1.06138 | 3.68 | 0.0321 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM1 | 2 | 0.31926 | 0.15963 | 0.55 | 0.5785 |
| E.Ovino dentro de G1 dentro EM2 | 2 | 2.92038 | 1.46019 | 5.06 | 0.0098 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM0 | 2 | 1.4478 | 0.7239 | 2.51 | 0.0912 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM1 | 2 | 26.6375 | 13.3188 | 46.16 | <.0001 |
| E.Ovino dentro de G2 dentro EM2 | 2 | 4.24565 | 2.12282 | 7.36 | 0.0015 |

En la Tabla 36, se observa el ANVA de los efectos simples simples de la interacción niveles de corral de ovino x dosis de guano de islas × dosis de EM, para peso de hojas en la avena en relación a que fue significativa la triple interacción en la Tabla 35, donde se explica lo siguiente:

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), no existe diferencias estadísticas significativas, demostrando que se tiene similar peso de hojas entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (0%)
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (5%), no existe diferencias estadísticas significativas, señalando que se tiene similar peso de hojas entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (00 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que se tiene diferente peso de hojas entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (00 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), existe diferencias estadísticas significativas, mostrando que se tiene diferente peso de hojas entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (0%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha) dentro de la dosis de EM (5%), no existe diferencias estadísticas significativas, explicando que se tiene similar peso de hojas entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (500 kg/ha) dentro de la dosis de EM (10%), existe diferencias estadísticas altamente significativas, expresando que se tiene diferente peso de hojas entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (500 kg/ha) y dosis de EM (10%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha) dentro de la dosis de EM (0%), no existe diferencias estadísticas altamente significativas, explicando que se tiene similar peso de hojas entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (0%).

- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (5%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, demostrando que se tiene diferente peso de hojas entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (5%).
- Los niveles de guano de corral de ovino dentro de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha dentro de la dosis de EM (10%)), existe diferencias estadísticas altamente significativas, señalando que se tiene diferente peso de hojas entre los niveles de guano de corral de ovino respecto a las dosis de guano de islas (1000 kg/ha) y dosis de EM (10%).

En la Tabla 37, Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times niveles de guano de corral de ovino para peso de hojas, en base a la significancia estadística de la Tabla 36 del análisis de variancia de efectos simples de la interacción Dosis de guano de isla \times Dosis de EM \times Niveles de guano de corral de ovino para peso de hojas, lo cual se explica de manera independiente de la siguiente forma:

- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, presentó mayor peso de hojas con 2.07 g/planta, seguido de dosis de guano de isla de 500 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha que tuvo un peso de hojas de 1.31 g/planta los cuales estadísticamente fueron similares a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, alcanzó mayor peso de hojas con 2.51 g/planta; la dosis de guano de isla de 500 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha el cual fue estadísticamente similar a la dosis de guano de isla de 0 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha con 1.44 y 1.03 g/planta respectivamente.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha \times la dosis de EM de 0% \times nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, obtuvo mayor peso de hojas con 3.05 g/planta, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones.

- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, logró mayor peso de hojas con 3.33 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha, presentó peso de hojas con 5.80 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 5% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, adquirió mayor peso de hojas con 7.52 g/planta, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 500 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 0 kg/ha, alcanzó mayor peso de hojas con 4.30 g/planta, el cual estadísticamente fue superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 500 kg/ha tuvo mayor peso de hojas con 5.36 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.
- La dosis de guano de isla de 1000 kg/ha x la dosis de EM de 10% x nivel de guano de corral de ovino de 1000 kg/ha, consiguió mayor peso de hojas con 5.97 g/planta, el cual estadísticamente superior a las demás interacciones.

La diferencia en peso de hojas obtenidos en la investigación estuvo influenciada por las dosis de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces, obteniéndose el mayor peso bajo la aplicación de 1000 kg/ha de guano de islas, 5% de EM y 1000 kg/ha de guano de corral de ovino con 7.52 g/planta, mientras que el testigo obtuvo 0.48 g/planta.

Los resultados se relacionan a lo revelado por el BID (2009), donde se deduce que uno de los efectos principales de los microorganismos eficaces viene a ser la promoción el desarrollo de las plantas y la mejora la capacidad fotosintética de las plantas; y es por eso que se tuvo diferentes pesos de hojas por el efecto de la aplicación de las dosis de EM.

Tabla 37

Prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa de los efectos simples simples de la interacción dosis de guano de isla × dosis de EM × niveles de guano de corral de ovino para peso de hojas en avena

| Dosis de guano de isla (G) | Dosis de EM (EM) | Niveles de guano de corral de ovino (E) | Promedio de pesos de hojas (g/planta) | Sig. |
|----------------------------|------------------|---|---------------------------------------|------|
| G2 | EM0 | E0 | 2.07 | a |
| G1 | EM0 | E0 | 1.31 | a b |
| G0 | EM0 | E0 | 0.48 | b |
| G2 | EM0 | E1 | 2.51 | a |
| G1 | EM0 | E1 | 1.44 | b |
| G0 | EM0 | E1 | 1.03 | b |
| G2 | EM0 | E2 | 3.05 | a |
| G1 | EM0 | E2 | 2.40 | a |
| G0 | EM0 | E2 | 1.08 | b |
| G2 | EM1 | E0 | 3.33 | a |
| G1 | EM1 | E0 | 2.03 | b |
| G0 | EM1 | E0 | 1.02 | c |
| G2 | EM1 | E1 | 5.80 | a |
| G1 | EM1 | E1 | 2.22 | b |
| G0 | EM1 | E1 | 1.50 | b |
| G2 | EM1 | E2 | 7.52 | a |
| G1 | EM1 | E2 | 2.49 | b |
| G0 | EM1 | E2 | 1.82 | b |
| G2 | EM2 | E0 | 4.30 | a |
| G1 | EM2 | E0 | 2.12 | b |
| G0 | EM2 | E0 | 1.07 | c |
| G2 | EM2 | E1 | 5.36 | a |
| G1 | EM2 | E1 | 2.22 | b |
| G0 | EM2 | E1 | 1.17 | c |
| G2 | EM2 | E2 | 5.97 | a |
| G1 | EM2 | E2 | 3.38 | b |
| G0 | EM2 | E2 | 2.41 | c |

Arias (2010), declara y enfatiza que el EM contiene levaduras (*Saccharomyces* spp), microorganismo que sintetiza sustancias antimicrobiales, que son útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. IDIAF (2009), postula que mediante los efectos antioxidantes de los microorganismos eficaces, se promueven la descomposición de la materia orgánica, aumentando el contenido de humus, luego pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de NPK y C/N; gracias a este proceso la planta es capaz de mantener una elevada calidad de la producción.

4.4. Cantidad de la biota del suelo con la aplicación de abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM)

En la Tabla 38, se observa el comparativo de la composición de la biota del suelo (mohos, levaduras, actinomicetos, bacterias aeróbicas y bacterias anaeróbicas), al inicio y al final. En mohos, levaduras, actinomicetos y bacterias anaeróbicas existe diferencias al inicio y al final, en bacterias aeróbicas la muestra inicial tuvo menor cantidad con las muestras finales; mientras que, en la evaluación final, se observa que la mayor cantidad en mohos (UFC/g) se obtuvo con los tratamientos T1, T4, T2 y T26, mientras que los demás tratamientos tuvieron menor cantidad de mohos ($< a 3.57 \times 10^4$).

En levaduras la mayor cantidad (UFC/g), se presentó en los tratamientos T2, T6, T10 y T1, mientras que los demás tratamientos mostraron menor cantidad ($< a 4.33 \times 10^3$). En actinomicetos, la mayor cantidad (UFC/g) se evidencia en los tratamientos T2, T4, T26, T23 y T18, los demás tratamientos poseyeron menor cantidad ($< a 6.00 \times 10^4$). En bacterias aeróbicas la mayor cantidad (UFC/g) se tuvo en los tratamientos T21, T7, T24, T23 y T21, mientras que los demás tratamientos obtuvieron menor cantidad ($< a 9.33 \times 10^5$). Y en bacterias anaeróbicas, la mayor cantidad (UFC/g) se registró en los tratamientos T21, T23, T7, T24 y T11, mientras que los demás tratamientos tuvieron menor cantidad ($< a 9.07 \times 10^5$).

Los resultados obtenidos de la investigación se relacionan al reporte de PROEXANT (2002), quien indica que uno de los efectos de los microorganismos eficaces es incrementar la biodiversidad microbiana, generando condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen, explicando la variación poblacional de los microorganismos eficaces al suelo. Toalombo (2012), argumenta, que mediante la acción de los microorganismos tienden a cambiar la micro y macro flora de los suelos y mejoran el equilibrio natural.

Tabla 38

Comparativo de análisis microbiológico de suelo entre análisis inicial y final del experimento de los tratamientos (T1, T2, T4, T6, T7, T9, T10, T11, T13, T14, T17, T18, T20, T21, T23, T24, T26 y T27)

| INICIAL | Inicio | Compa- ración | T1 | T2 | T4 | T6 | T7 | T9 | T10 | T11 | T13 |
|--------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| MOHOS | 2.47 x 10 ⁴ | ≠ | 5.93 x 10 ⁴ | 4.90 x 10 ⁴ | 5.20 x 10 ⁴ | 2.67 x 10 ⁴ | 3.40 x 10 ⁴ | 1.40 x 10 ⁴ | 1.37 x 10 ⁴ | 1.07 x 10 ⁴ | 1.47 x 10 ⁴ |
| LEVADURAS | 1.00 x 10 ³ | ≠ | 4.33 x 10 ³ | 6.33 x 10 ³ | 4.00 x 10 ³ | 5.33 x 10 ³ | 2.00 x 10 ³ | 2.00 x 10 ³ | 4.80 x 10 ³ | 3.33 x 10 ³ | 1.00 x 10 ³ |
| ACTINOMICETOS | 4.00 x 10 ⁴ | ≠ | 5.00 x 10 ⁴ | 1.17 x 10 ⁵ | 1.10 x 10 ⁵ | 4.33 x 10 ⁴ | 4.33 x 10 ⁴ | 3.00 x 10 ⁴ | 3.33 x 10 ⁴ | 4.33 x 10 ⁴ | 7.00 x 10 ⁴ |
| BACTERIAS AEROBICAS | 4.24 x 10 ⁶ | < | 6.67 x 10 ⁴ | 8.33 x 10 ⁴ | 4.67 x 10 ⁴ | 8.33 x 10 ⁴ | 2.08 x 10 ⁶ | 7.67 x 10 ⁴ | 7.00 x 10 ⁴ | 6.67 x 10 ⁴ | 6.00 x 10 ⁴ |
| BACTERIAS ANAEROBICAS | 3.01 x 10 ⁶ | ≠ | 4.87 x 10 ⁵ | 3.90 x 10 ⁵ | 2.07 x 10 ⁵ | 1.10 x 10 ⁵ | 7.32 x 10 ⁶ | 4.57 x 10 ⁵ | 3.57 x 10 ⁶ | 9.07 x 10 ⁵ | 7.33 x 10 ⁴ |

| INICIAL | Inicio | Compa- ración | T14 | T17 | T18 | T20 | T21 | T23 | T24 | T26 | T27 |
|--------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| MOHOS | 2.47 x 10 ⁴ | ≠ | 2.03 x 10 ⁴ | 1.63 x 10 ⁴ | 3.07 x 10 ⁴ | 1.10 x 10 ⁴ | 3.30 x 10 ⁴ | 1.83 x 10 ⁴ | 2.77 x 10 ⁴ | 3.57 x 10 ⁴ | 1.90 x 10 ⁴ |
| LEVADURAS | 1.00 x 10 ³ | < | 3.33 x 10 ³ | 0.00 x 10 ⁰ | 2.67 x 10 ³ | 2.33 x 10 ³ | 1.10 x 10 ³ | 1.67 x 10 ³ | 4.67 x 10 ³ | 1.33 x 10 ³ | 1.67 x 10 ³ |
| ACTINOMICETOS | 4.00 x 10 ⁴ | ≠ | 4.33 x 10 ⁴ | 2.67 x 10 ⁴ | 6.00 x 10 ⁴ | 1.67 x 10 ⁴ | 9.33 x 10 ⁴ | 6.33 x 10 ⁴ | 1.67 x 10 ⁴ | 7.00 x 10 ⁴ | 2.00 x 10 ⁴ |
| BACTERIAS AEROBICAS | 4.24 x 10 ⁶ | ≠ | 7.67 x 10 ⁴ | 4.67 x 10 ⁴ | 9.00 x 10 ⁴ | 2.55 x 10 ⁵ | 5.56 x 10 ⁶ | 9.33 x 10 ⁵ | 1.61 x 10 ⁶ | 1.13 x 10 ⁵ | 1.77 x 10 ⁵ |
| BACTERIAS ANAEROBICAS | 3.01 x 10 ⁶ | ≠ | 2.30 x 10 ⁵ | 4.63 x 10 ⁵ | 2.90 x 10 ⁵ | 1.33 x 10 ⁴ | 1.03 x 10 ⁷ | 1.09 x 10 ⁷ | 4.64 x 10 ⁶ | 1.50 x 10 ⁵ | 5.33 x 10 ⁴ |

Fuente: Laboratorio de Fitopatología, UNA-Puno. 2018.

Monsalve (2015), describe que la cantidad de microorganismos por tratamiento reportado por el análisis biológico del suelo, indican que el tratamiento “cultivo natural con utilización de rastrojos de 13 t/ha y bocashi con 2 t/ha” más la aplicación de Microorganismos eficaces a la semilla y agua de riego (relación 1:500, 10 l/ha), y al suelo (relación 1:100, 20t t/ha) tuvo a nivel de hongos y levaduras ($6.7 \cdot 10^3$ UFC/g) y en bacterias ($2.4 \cdot 10^3$ UFC/g) en mayor proporción a comparación con los demás tratamientos; el tratamiento “cultivo orgánico con aporte de guano de 13t/ha y compost de 7t/ha” más la aplicación de Microorganismos eficaces a la semilla y agua de riego (relación 1:500, 10 l/ha), y al suelo (relación 1:100, 20t t/ha)” presenta en hongos y levaduras ($4.5 \cdot 10^3$ UFC/g) y bacterias ($2.9 \cdot 10^3$ UFC/g) en relación con todos los tratamientos.

Toloambo (2012) cita a Silva (2009), expresa que otro de los efectos viene a ser la supresión de las poblaciones de microorganismos patógenos, mediante competencia; entonces va a incrementar la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen; y estos ayuden a descomponer la materia orgánica para que sea asimilable por las plantas.

Jiménez (2012), dedujo que al aplicar Microorganismos eficientes al 2.5% y 3000 kg ha⁻¹ de abono orgánico bokashi mejorado obtuvo un incremento de 760×10^4 UFC/g. de bacterias aerobias (Mesófilas), en hongos 180×10^4 UFC/g. de igual manera se en el recuento total de levaduras y lactobacilos, ya que el análisis inicial se tuvo 43×10^4 UFC/g. de bacterias aerobias (Mesófilas), 16×10^4 UFC/g en hongos.

Arias (2010), describe que, el EM como inoculante microbiano, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

Los resultados obtenidos muestran que hay una variación en el contenido de mohos, levaduras, actinomicetos, bacterias aeróbicas y anaeróbicas en los resultados del análisis final respecto al análisis inicial, esta variación se debe al efecto que tuvo en el suelo el guano de isla, el cual influyó en el incremento de la actividad biológica de los microorganismos, ya que el suelo tiene vida, en donde se da la actividad de la microflora, mediante su metabolismo suceden una serie de reacciones bioquímicas, dándose en el lugar millones de laboratorios biológicos (AGRORURAL, 2018).

Mendoza (2013), postula que la variación de microorganismos, indicando que estos viven a expensas de la materia orgánica contribuyendo en la transformación del suelo, lo cual se entiende que hay un efecto positivo en su actividad biológica. De igual forma BID (2009), afirma que uno de los principales efectos de los microorganismos eficaces, viene a ser la mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos, al aplicar de forma directa del EM, o través de la incorporación de compost o bokashi.

4.5. Análisis bromatológico del forraje de avena, por la influencia de los abonos orgánicos y microorganismos eficaces (EM)

En la Tabla 39, se observa el análisis bromatológico del forraje verde de avena, en donde se observa lo siguiente:

- En proteína, en los tratamientos T27, T14, T23, T21, T17, T20 y T13 se obtuvo mayor cantidad de proteína, mientras que los demás tratamientos presentaron menor cantidad (< a 10.06%), siendo el testigo T1 con el valor de 6.80%.
- En FDN, los tratamientos T4, T24, T17, T26, T14, y T13 adquirieron mayor cantidad de proteína, mientras que los demás tratamientos tuvieron menor cantidad (< a 50.02%), siendo el testigo T1 con un valor de 44.21%.
- En materia seca, los tratamientos T7, T4, T10, T18, T13 lograron mayor cantidad de materia seca, mientras que los demás tratamientos mostraron menor cantidad (< a 30.74%), siendo el testigo T1 con un valor de 25.23%.
- En humedad, los tratamientos T2, T17, T20, T21, T23, T24, T26, T6, y T11 presentaron mayor cantidad de humedad, mientras que los demás tratamientos tuvieron menor cantidad (< a 71.98%), siendo el testigo T1 con un valor de 68.38%.
- En extracto etéreo, los tratamientos T24, T27, T26, T18, T17, T23, T11, T14, T6 y T7 obtuvieron mayor cantidad de extracto etéreo, mientras que los demás tratamientos tuvieron menor cantidad (< a 9.73%), siendo el testigo T1 con un valor de 7.20%.
- En ceniza, los tratamientos T23, T21, T24, T17, T2, T18, T14, T10, T7 y T4 presentaron mayor cantidad de ceniza, mientras que los demás tratamientos tuvieron menor cantidad (< a 8.09%), siendo el testigo T1 con un valor de 7.23%.

Los resultados obtenidos en la composición bromatológica varían por cada componente, y esto se atribuye al efecto de las dosis de guano de islas, microorganismos eficaces y dosis de guano de corral de ovino

Tabla 39

Análisis bromatológico del forraje de avena por tratamiento

| Parámetro | T1 | T2 | T4 | T6 | T7 | T9 | T10 | T11 | T13 |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Humedad (%) | 68.38 | 74.64 | 65.08 | 72.01 | 64.48 | 70.51 | 65.95 | 71.98 | 69.26 |
| Materia seca (%) | 25.23 | 25.36 | 34.92 | 27.99 | 35.52 | 29.49 | 34.05 | 28.02 | 30.74 |
| Ceniza (%) | 7.23 | 8.55 | 8.09 | 7.53 | 8.10 | 7.54 | 8.14 | 7.84 | 7.09 |
| Extracto etéreo (%) | 7.20 | 7.36 | 7.75 | 9.78 | 9.73 | 8.38 | 7.75 | 9.95 | 8.88 |
| Proteína (%) | 6.80 | 9.08 | 7.42 | 9.07 | 8.51 | 7.57 | 8.52 | 9.09 | 10.06 |
| FND (%) | 44.21 | 48.60 | 44.10 | 44.09 | 45.90 | 44.86 | 46.00 | 49.80 | 50.02 |
| Parámetro | T14 | T17 | T18 | T20 | T21 | T23 | T24 | T26 | T27 |
| Humedad (%) | 70.22 | 74.32 | 66.87 | 73.98 | 73.86 | 73.53 | 73.72 | 72.71 | 71.76 |
| Materia seca (%) | 29.78 | 25.68 | 33.13 | 26.02 | 26.14 | 26.47 | 26.28 | 27.29 | 28.24 |
| Ceniza (%) | 8.44 | 8.83 | 8.48 | 7.94 | 10.07 | 10.42 | 9.58 | 8.23 | 8.24 |
| Extracto etéreo (%) | 9.78 | 10.07 | 10.10 | 9.28 | 7.85 | 10.04 | 10.22 | 10.15 | 10.20 |
| Proteína (%) | 10.13 | 10.07 | 8.96 | 10.06 | 10.07 | 10.08 | 9.54 | 9.91 | 10.15 |
| FND (%) | 50.60 | 52.20 | 53.10 | 49.20 | 49.31 | 49.40 | 52.60 | 50.70 | 48.75 |

Los resultado obtenidos varían al comparar con los valores revelados por Conislla y Quispe (2019), quienes describen que la variedad Mantaro 15 obtuvo 29.78% de materia seca, 5.20% de proteína cruda, FDN de 46.89% y 1.33% de extracto etéreo; en la variedad Strigosa 30.50% de materia seca, 5.07% de proteína cruda, FDN de 53.33% y 1.05% de extracto etéreo; en la variedad silvestre 33.10% de materia seca, 5.52% de proteína cruda, FDN de 50.70%, 4.29% de extracto etéreo. Jiménez (2012), obtuvo valores más altos de proteína bruta al usar microorganismos eficientes al 2.5% más 3000 kg/ha de abono orgánico bokashi mejorado con 11.79%; seguido de la aplicación de microorganismos eficientes al 2.5% más kg ha⁻¹ más 2000 kg/ha de abono orgánico bokashi mejorado con 10.79%.

Al comparar los resultados con la aplicación de otros abonos, se demuestra que existe diferencias no solamente con la dosis, también por las características genéticas de la variedad, al respecto Salas (2016), deduce en la variedad INIA 901 Mantaro 15M con la aplicación de 2 litros de EM, 4 toneladas de compost y 4 toneladas de bocashi obtuvo

29.77% de materia seca; mientras que la dosis de 2 litros de EM, 0 tn de compost y 0 toneladas de bocashi tuvo 24.43%, el tratamiento conformado por 2 litros de EM, 4 toneladas de compost y 2 toneladas de bocashi tuvo 24.23% y la dosis de 1 litro de EM, 2 toneladas de compost y sin aplicación de bocashi con 19.33%.

Valeriano (2021), reporta un contenido de proteína cruda (PC), al utilizar el humus de lombriz de ovino con una dosis de 3 t/ha alcanzó un valor de 9.15 % PC; fibra cruda con respecto al humus, se tuvo valores de 17.82 a 27.52 %; fibra detergente neutra con muestra valores de 19.09 a 32.94 %; en fibra detergente ácida, se tuvo valores de 20.93 a 32.89 %. En materia seca, el humus de lombriz de ovino con una dosis de 3 t/ha alcanzó un valor de 63.11 %. Flores (2019); logró un mayor contenido de proteína cruda con nitrógeno al 50% + guano de isla del 10.75 %. En Fibra Detergente Neutro del 58.45 %. Mamani y Cotacallpa (2018), indica que la composición química de avena es de 27.95 ± 1.58 % de MS, 5.60 ± 0.67 % de ceniza total (CT), 8.67 ± 0.64 % de proteína cruda (PC), 7.99 ± 0.70 % de extracto etéreo (EE). Huallpa *et al.* (2016), al usar biol de bovino manifiesta que enriquece el valor de Proteína cruda, Fibra cruda y valor energético y la presencia de minerales.

Mientras que en proteína total este mismo autor reporta que, la variedad INIA 901 Mantaro 15M con la aplicación de 2 litros de EM, 2 litros de EM, 2 toneladas de compost y sin aplicación de abono orgánico tipo bocashi obtuvo 13.56% de proteína total; mientras que la dosis de aplicación de 1 litro de EM, 0 tn de compost y 0 toneladas de bocashi tuvo 11.67%; la dosis de 2 litros de EM, 4 toneladas de compost y 0 toneladas de bocashi tuvo 11.52% y la dosis de 2 litros de EM, 4 toneladas de compost y 4 toneladas de bocashi con 8.90%. AGRORURAL (2018), sostiene que la función del nitrógeno bajo la aplicación de guano de islas, va a formar la estructura de la planta, por ello un adecuado aporte de nitrógeno eleva el contenido de proteínas.

4.6. Rentabilidad económica de la producción de forraje de la avena con la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos y EM

El análisis económico reveló que, la aplicación de 1000 kg/ha de guano de isla, EM al 5% más 1000 kg/ha de guano de corral de ovino presentó el mayor costo de S/. 4 950.99, con un ingreso total de S/. 6 160.00 y una utilidad neta de S/. 1 209.01; seguido la dosis de aplicación de 1000 kg/ha de guano de isla, EM al 10% más 1000 kg/ha de guano de corral de ovino con un costo total de S/. 4 919.20, con un ingreso total de S/. 5 830.00 y

una utilidad neta de S/. 910.80. El menor costo se registró con la aplicación de T1 (00 kg/ha de guano de isla, EM al 0% más 00 kg/ha de guano de corral de ovino) con un costo total de S/. 1 688.87, con un ingreso total de S/. 1 063.33, y una utilidad neta de S/. -625.53.

Tabla 40

Análisis económico de las dosis de guano de islas, con dosis de EM y con dosis de guano de corral de ovino

| Nº trat | Código de Tratamiento | 1. Producción (PT) | 2. Precio Promedio de Venta (Kg) | 3. Costo Total (CT) | 4. Ingreso total (IT) | 5. Utilidad Neta (UN) | 6. Rentabilidad (%) | 7. R B/C |
|---------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|----------|
| T24 | G2EM1E2 | 28000.00 | 0.22 | 4950.99 | 6160.00 | 1209.01 | 24.42 | 1.24 |
| T27 | G2EM2E2 | 26500.00 | 0.22 | 4919.20 | 5830.00 | 910.80 | 18.52 | 1.19 |
| T20 | G2EM0E1 | 21833.33 | 0.22 | 4136.37 | 4803.33 | 666.97 | 16.12 | 1.16 |
| T18 | G1EM2E2 | 21166.67 | 0.22 | 4011.11 | 4656.67 | 645.55 | 16.09 | 1.16 |
| T14 | G1EM1E1 | 19166.67 | 0.22 | 3648.77 | 4216.67 | 567.89 | 15.56 | 1.16 |
| T19 | G2EM0E0 | 20666.67 | 0.22 | 3950.17 | 4546.67 | 596.49 | 15.10 | 1.15 |
| T17 | G1EM2E1 | 20000.00 | 0.22 | 3824.92 | 4400.00 | 575.08 | 15.04 | 1.15 |
| T16 | G1EM2E0 | 19000.00 | 0.22 | 3646.06 | 4180.00 | 533.94 | 14.64 | 1.15 |
| T21 | G2EM0E2 | 22166.67 | 0.22 | 4267.74 | 4876.67 | 608.92 | 14.27 | 1.14 |
| T26 | G2EM2E1 | 24166.67 | 0.22 | 4707.08 | 5316.67 | 609.58 | 12.95 | 1.13 |
| T13 | G1EM1E0 | 17500.00 | 0.22 | 3429.69 | 3850.00 | 420.31 | 12.26 | 1.12 |
| T15 | G1EM1E2 | 19000.00 | 0.22 | 3747.26 | 4180.00 | 432.74 | 11.55 | 1.12 |
| T11 | G1EM0E1 | 15833.33 | 0.22 | 3133.61 | 3483.33 | 349.73 | 11.16 | 1.11 |
| T25 | G2EM2E0 | 22666.67 | 0.22 | 4495.33 | 4986.67 | 491.33 | 10.93 | 1.11 |
| T12 | G1EM0E2 | 16333.33 | 0.22 | 3272.32 | 3593.33 | 321.02 | 9.81 | 1.10 |
| T22 | G2EM1E0 | 21333.33 | 0.22 | 4344.38 | 4693.33 | 348.96 | 8.03 | 1.08 |
| T10 | G1EM0E0 | 14333.33 | 0.22 | 2921.86 | 3153.33 | 231.48 | 7.92 | 1.08 |
| T9 | G0EM2E2 | 11666.67 | 0.22 | 2828.94 | 2566.67 | -262.28 | -9.27 | 0.91 |
| T5 | G0EM1E1 | 7666.67 | 0.22 | 2280.59 | 1686.67 | -593.93 | -26.04 | 0.74 |
| T3 | G0EM0E2 | 6666.67 | 0.22 | 2028.36 | 1466.67 | -561.70 | -27.69 | 0.72 |
| T8 | G0EM2E1 | 7833.33 | 0.22 | 2409.26 | 1723.33 | -685.92 | -28.47 | 0.72 |
| T2 | G0EM0E1 | 5833.33 | 0.22 | 1864.10 | 1283.33 | -580.76 | -31.16 | 0.69 |
| T7 | G0EM2E0 | 6666.67 | 0.22 | 2223.06 | 1466.67 | -756.40 | -34.02 | 0.66 |
| T6 | G0EM1E2 | 7000.00 | 0.22 | 2346.19 | 1540.00 | -806.19 | -34.36 | 0.66 |
| T1 | G0EM0E0 | 4833.33 | 0.22 | 1688.87 | 1063.33 | -625.53 | -37.04 | 0.63 |
| T4 | G0EM1E0 | 5666.67 | 0.22 | 2039.58 | 1246.67 | -792.92 | -38.88 | 0.61 |
| T23 | G2EM1E1 | 26333.33 | 0.22 | 10057.12 | 5793.33 | -4263.78 | -42.40 | 0.58 |

Respecto al orden de mérito en rentabilidad económica y relación B/C el tratamiento T24 (1000 kg/ha de guano de isla, EM al 5% más 1000 kg/ha de guano de corral de ovino) tuvo mayor rentabilidad del 24.42% con una relación B/C de S/. 1.24, indicando que por cada sol invertido se gana S/. 0.24. Seguido del tratamiento T23 (1000 kg/ha de guano de isla, EM al 5% más 500 kg/ha de guano de corral de ovino) tuvo mayor rentabilidad del 22.39% con una relación B/C de S/. 1.22, indicando que por cada sol invertido se gana S/. 0.22. Además, se ha obtenido con rentabilidad negativa y una relación B/C desfavorable en los tratamientos T9, T5, T3, T8, T2, T7, T6, T1 y T4, en donde el testigo T1 tuvo una rentabilidad de -37.04% y una relación B/C del 0.63, indicando que por cada sol invertido se pierde S/. 0.37.

Los resultados obtenidos en los costos de producción varían a lo expresado por Roque (2013), quien indica que los costos del cultivo de avena bajo tecnología media en condiciones de sierra de Puno, es de S/. 3 209.45, ingreso neto de S/. 2407.08, rentabilidad del 24.07% y una relación B/C de S/.1.75, siendo su producción de forraje (MV) de 35 000 kg/ha. MINAG- Arequipa (2017), indica que los costos de producción de avena bajo tecnología media son de S/. 5 183.01, utilidad neta de S/. 2 016.99, rentabilidad de 38.92%, esto se debe a la alta producción de forraje (MV) de 45 000 kg/ha.

Respecto a los resultados obtenidos en la rentabilidad son diferentes a lo indicado por Flores (2019), quien argumenta que obtuvo una alta rentabilidad con la aplicación de guano de islas a la siembra, macollamiento, elongación y embuche del cultivo con 127.29%, una relación B/C de S/. 2.27, a un costo total de S/. 3256.31 y utilidad neta del S/. 4144.94; seguido de la aplicación de guano de islas a la siembra, macollamiento y elongación con 137.53%, una relación B/C de S/. 2.38, a un costo total de S/. 3262.19 y utilidad neta del S/. 4487.81; mientras que el testigo tuvo una rentabilidad del -16.69% y una relación B/C de S/. 0.83, a un costo total de S/. 3069 y utilidad neta del S/. -512.44. Por su parte Valeriano (2021), argumenta que, en la rentabilidad económica obtenida fue mejor al utilizar el humus de lombriz de vacuno con dos toneladas por hectárea logrando alcanzar 154.24 % de rentabilidad, y una relación de B/C de S/. 2.54.

Mamani (2017), revela que, el tratamiento de “Aradura y siembra” más la variedad “Negra local” tuvo 199.22% de rentabilidad y una relación B/C de 2.99 soles, seguido del tratamiento “Rastrado y siembra” más la variedad “Negra local” con 185.20% y una



relación B/C de 2.85 soles. Mientras que el tratamiento “Convencional” más la variedad “Negra local” tuvo la más baja rentabilidad con 100.17% y una relación B/C de 2.01 soles. Jiménez (2014), logra una rentabilidad con la aplicación de 2.5% de EMa y sin aplicación de abono orgánico bokashi mejorado del 207.33% y un B/C de 3.1.

Como se puede apreciar las diferentes investigaciones, los costos de producción son diferentes con la presente investigación, en razón a los costos de los insumos utilizados y a los costos de la mano de obra, que varían en función a la oferta y demanda por cada campaña agrícola.

CONCLUSIONES

El mayor rendimiento de materia verde se debió al sinergismo de la materia orgánica y EM, siendo la dosis de aplicación de 1000 kg/ha de guano de isla más EM al 5% más 1000 kg/ha de guano de corral de ovino que tuvo 28000 kg/ha; mientras que el testigo tenía un bajo rendimiento de 4833.33 kg/ha.

Se obtuvo mayor cantidad de macollos y altura de planta con la aplicación de materia orgánica y EM, siendo la dosis de aplicación de 1000 kg/ha de guano de isla más EM al 5% más 1000 kg/ha de guano de corral de ovino con 11.87 macollos y 106.00 cm de altura de planta; el testigo presentó 5.73 macollos y 32.77 cm de altura de planta.

El mayor efecto en peso de raíces, tallos y hojas fue bajo la dosis de aplicación de 1000 kg/ha de guano de isla más EM al 5% más 1000 kg/ha de guano de corral de ovino con 1.03 g/planta de raíces; 7.70 g/planta en tallos; y peso de hojas 7.52 g/planta; el testigo obtuvo un peso de 0.08 g/planta en raíces, 0.29 g/planta en tallos; y en peso de hojas 0.48 g/planta.

Hubo diferencias en la composición de la biota del suelo (UFC/g) con el análisis inicial, la cual fue influenciada por la gran diversidad microbiana que posee el EM, donde la dosis de 500 kg/ha de guano de isla más EM al 10% más 1000 kg/ha de guano de corral de ovino tuvo 3.07×10^4 mohos, 2.67×10^3 de levaduras, 6.00×10^4 de actinomicetos, 9.00×10^4 de bacterias aeróbicas y 2.90×10^5 de bacterias anaeróbicas, al análisis inicial hubo 2.47×10^4 mohos, 1.00×10^3 de levaduras, 4.00×10^4 de actinomicetos, 4.24×10^6 de bacterias aeróbicas y 3.01×10^6 de bacterias anaeróbicas.

Las características bromatológicas del forraje de avena, se mejoró con la dosis de 1000 kg/ha de guano de isla más EM al 5% más 500 kg/ha de guano de corral de ovino, mayor contenido de proteína 10.08%, FDN 49.40%, extracto etéreo 10.04%, ceniza 10.42%, materia seca 26.47% y humedad 73.53%. El testigo con proteína 6.80%, FDN 44.21%, extracto etéreo 7.20%, ceniza 7.23%, materia seca 25.23% y humedad 68.38%.

La mejor rentabilidad económica, fue con la dosis de 1000 kg/ha de guano de isla, EM al 5% más 1000 kg/ha de guano de corral de ovino con 24.42% de rentabilidad y una relación B/C de S/. 1.24; mientras que el testigo con rentabilidad del -37.04% y una relación B/C de S/. 0.63.



RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos en la rentabilidad económica y relación B/C se recomienda aplicar la dosis de 1000 kg/ha de guano de isla, más 5% de EM y 1000 kg/ha de guano de corral de ovino.

Se recomienda realizar el estudio con la combinación con otros abonos orgánicos como el compost, humus de lombriz, bocashi a distintas dosis a condiciones del altiplano de Puno, y conocer sus efectos en el desarrollo del cultivo, así como el rendimiento de materia verde y la rentabilidad económica.

Realizar estudios comparativos por campaña agrícola, y analizar los efectos del cambio climático sobre el rendimiento del cultivo de avena forraje en distintas eco regiones de la región de Puno.

BIBLIOGRAFÍA

- Aduviri, L.I. (2014). *Comportamiento agronómico de tres variedades de avena (Avena sativa L.) con aplicación de materia orgánica, en la estación experimental de Choquenaira*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. <http://hdl.handle.net/123456789/5581>
- AGRORURAL (2011). *Guano de las Islas - “Mejorando tu suelo, mejoras tu cosecha”*. Dirección de Operaciones - Sub Dirección de Insumos y Abonos. Lima – Perú.
<http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/SEPARATA-G12.pdf>
- AGRORURAL (2018). *Manual de Abonamiento con Guano de las Islas*. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Perú. <https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/MANUAL%20DE%20ABONAMIENTO%20CON%20G.I..pdf>
- AGROPUNO. (2016). *Síntesis agraria*. Dirección Estadística Agraria e Informática. Puno, Perú.
https://www.agropuno.gob.pe/files/estadistica/sintesis/sintesis_agrario_04_2016.pdf
- Apaza, R. (2008). *Respuesta a la fertilización nitrogenada y densidad de siembra de la avena (Avena sativa L.) en la provincia Ingavi*. Tesis de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.
<http://bibliotecadigital.umsa.bo:8080/rddu/bitstream/123456789/4304/1/T-1210.pdf>
- Ansar, M.; Ahmed, Z.I.; Malik, M.A.; Nadeem, M.; Majeed, A.; Rischkowsky, B.A. (2010). Forage yield and quality potential of winter cereal-vetch mixtures under rainfed conditions. *Emir J Food Agr* 22: 25-36. DOI: 10.9755/ejfa.v22i1.-4904.
- Arias, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. Divulgación. *Journal de Ciencia e Ingeniería* Vol. 02, No. 02, Páginas 42–45. <https://jci.uniautonoma.edu.co/2010/2010-7.pdf>

- Argote, G. y Halanoca, M. (2007). *Evaluación y selección de gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno*. APPA - ALPA - Cusco, Perú. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/45-ARGOTE-GramineasForrajeras.pdf
- Argote, G. y Ruiz, J.A. (2011). Manejo y conservación de avena forrajera. Guía técnica. Ayaviri – Azangaro – Yunguyo – Mañaso. Puno, Perú. https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/avenaforrajera/GUIA_TECNICA_AVENA_FORRAJERA_2011.pdf
- Asia Pacific Natural Agriculture Network (APNAN). (2003). *Guía de la Tecnología EM*. <http://fundases.com>
- Aung, K., Jiang, Y. y He, S. Y. (2018). *The role of water in plant in plant microbe Interaction*. The Plant Journal, 93: 771-780. DOI: 10.1111/tpj.13795
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). (2009). Manual Práctico de Uso de EM. Proyecto de Reducción de Pobreza y Mejora de las Condiciones Higiénicas de los Hogares de la Población Rural de Menores Recursos. Banco Interamericano de Desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japón / BID ATN/JO-10792 UR. Uruguay. https://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf
- Bolo, J.D.; Reynoso, A.; Cosme de la Cruz, R.C.; Arone, G.; Calderón, C. (2020). La aplicación combinada de abonos orgánicos mejora las propiedades físicas del suelo asociado al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Scientia Agropecuaria* 11(3): 401–408 (2020). DOI: 10.17268/sci.agropecu.2020.03.12
- Bustinza, J.F. (2018). *Efecto de la aplicación de abonos foliares orgánicos a base de algas marinas y biol sobre el rendimiento de semilla de avena (*Avena sativa* L.) en el CIP Camacani – UNA Puno*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9943>
- Bzdyk, R.; Olchowik, J.; Studnicki, M.; Oszako, T.; Sikora, K.; Szmidia, H.; Hilszczanska, D. (2018). The Impact of Effective Microorganisms (EM) and

Organic and Mineral Fertilizers on the Growth and Mycorrhizal Colonization of *Fagus sylvatica* and *Quercus robur* Seedlings in a Bare-Root Nursery Experiment. *Forest* 9: 597-608. <https://doi.org/10.3390/f9100597>

Cartagena, L. (2015). *Rendimiento y Calidad de Semilla de Avena (Avena sativa L.) con incorporación de estiércol de ovino, vacuno y lombriz tratado con fósforo y calcio en Puno*. Tesis de ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Puno, Perú. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1889>

Calla, E. (2012). *Análisis de suelos y fertilización en avena forrajera*. Guía técnica. Agrobanco- UNALM. Mañazo, Puno-Perú.

Cari, A. (2000). *Fertilidad de suelos. Separata del curso de Fertilidad de Suelos*. UNA - Puno. Puno.

Castellanos, S.J. (2018). *Comparación del efecto de la fertilización con lombrihumus y lixiviado sobre el desarrollo y crecimiento vegetal del cultivo de avena forrajera (Avena sativa L.) variedad Cayuse en el municipio de Pamplonita*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Pamplona. 67 p. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/769>

Caldas, S. (2020). *Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y eficiencia agronómica del nitrógeno del cultivo de avena forrajera (Avena sativa L.) en la localidad de Huacrachuco, 2019*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco – Perú. 93 p. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6180>

Cartagena, L. (2015). *Rendimiento y calidad de semilla de avena (Avena sativa L.) con incorporación de estiércol de ovino, vacuno y lombriz tratado con fósforo y calcio en Puno*. Tesis de grado. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1889>

Clares, A. (2014). *Evaluación del comportamiento productivo de tres variedades de avena forrajera (Avena sativa) bajo tres dosis de abonado, en la comunidad Chijipina Grande de provincia Omasuyos del departamento de La Paz*. Tesis de

- grado. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. <http://hdl.handle.net/123456789/5639>
- CEPES (2013). *Guano de islas*. Consultado el día 15/11/2017; a horas 5:46 pm. Recuperado de web: http://www.cepes.org.pe/pdf/guano_de_islas.pdf
- Compendio Estadístico Perú. (2015). *Información agraria*. Lima, Perú.
- Conislla, Y. y Quispe, E. (2019). *Producción y composición química bromatológica de tres variedades de avena en el distrito y provincia de la región de Huancavelica*. Tesis de grado. Escuela Profesional de Zootecnia, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3179>
- Clares, A. (2014). *Evaluación del comportamiento productivo de tres variedades de avena forrajera (avena sativa) bajo tres dosis de abonado, en la comunidad chijipina grande de provincia omasuyos del departamento de La Paz*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La paz. 108 p. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5639/T-2050.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chami, A., I. Cavoski. M. and Miano, T. (2013). Effect of compost and manure amendments on zinc soil speciation, plant content, and translocation in an artificially contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research International*20:4766-4776. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1439-2>
- Choque, J. M. (2005) *Producción y manejo de especies forrajeras*. Facultad de ciencias agrarias UNA-Puno 1ra edic. Puno, Perú.
- Coutinho, F.M. (2011). *Programa de extensão “Divulgação das Plantas Mediciniais, da Homeopatia e da Produção de Alimentos Orgânicos*. En Cuaderno los Microorganismos Eficientes (EM). Instruções práticas sobre uso Ecológico e social do EM. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- Deuber, R. (2003). *Ciencia das Plantas Infestantes*. Fundamentos. 2º Edición. Fundación de Estudos e Pesquisas en Agronomia. Facultad de Ciencias Agrarias e Veterinarias. UNESP. Campus de Jaboticabal (Brasil).

- Dhima, K.V.; Vasilakoglou, I.B.; Eleftherohorinos, I.G.; Lithourgidis, A. S. (2006). Allelopathic Potential of Winter Cereals and Their Cover Crop Mulch Effect on Grass Weed Suppression and Corn Development. Published in Crop Sci. 46:345–352 (2006). Crop Ecology, Management & Quality doi:10.2135/cropsci2005-0186.
- Ecologic Maintenances (2012). Microorganismos efectivos EM en la Agricultura. Yucatán, México. <http://www.emmexico.com>
- España, E. (2018). *Aprovechamiento del estiércol de vacuno para la elaboración de Biogás como propuesta al manejo adecuado de los residuos pecuarios en la Granja Ecológica Linderos, Tomayquichua, Ambo- Universidad de Huánuco*. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad de Huánuco. Huánuco, Perú. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/1461>
- Espitia, E.; Villaseñor, H.E.; Tovar, R.; Olán, M.; Limón, A. (2012). Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 3(4), 771-783. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400012&lng=es&tlng=es.
- Farhoudi, R., Lee, D.J. (2013). Allelopathic effects of barley extract (*Hordeum vulgare*) on sucrose synthase activity, lipid peroxidation and antioxidant enzymatic activities of *Hordeum spontaneum* and *Avena ludoviciana*. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 83(3), 447-452. DOI: 10.1007/s40011-012-0137-7
- Ferro, S. (2017). *Costos para la administración*. Aplicaciones en negocios agroalimentarios. Universidad Nacional de la Pampa. La Pampa, Argentina. <http://www.unlpam.edu.ar/images/extension/edunlpam/QuedateEnCasa/costos-para-la-administración.pdf>
- Flores, A. (2005). *Manual de Pastos y forrajes Altoandinos*. ITDG AL, OIKOS. ECHO. Lima, Perú.
- Flores, D. (2019). *Producción de avena forrajera (Avena sativa L.) con fertilización fraccionada de nitrógeno y abonos orgánicos en el CIP Camacani - UNA-Puno*.

- Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 115 p. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12612>
- Fontanetto, H.; Keller, O.; F., García; & Ciampitti, I. (2008). *Fertilización nitrogenada en avena*. Informaciones agronómicas IPNI No. 38. p. 25-26.
- Gamboa, A.D. (2020). *Efecto de la aplicación de dos abonos orgánicos, con microorganismos eficientes en la producción de cacao CCN-51 y su contribución económica en los productores agrícolas del recinto islas de Río Chico*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Guayaquil. Guayaquil – Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/53490>
- Garnique, E.V. y Torres, M.F. (2017). *Diseño de un manual de costos de producción de maíz amarillo duro, para determinar la rentabilidad estudio de caso: fundo de Mórrope y Oyotún departamento de Lambayeque – 2015*. Tesis de grado. Escuela de Contabilidad, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo, Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1061>
- Granda, D.; Pérez, J. y Gaitan, T. (2013). *Guía de manejo de microorganismos eficientes (ME)*. IICA; Proyecto red SICTA cooperación Suiza en América Central. Managua, Nicaragua. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/6123>
- Guerrero, J.M. (2012). *Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de avena forrajera*. Guía técnica. UNALM-Agrobanco. Ayaviri- Melgar-Puno, Perú.
- Gutiérrez, W.I. (2017). *Estiércol de cuy tratado con microorganismos y guano de islas en el rendimiento de cebolla (Allium cepa L.) en Lagunilla, 2445 msnm. Ayacucho*. Tesis de Grado. Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Gutiérrez, F., Díaz, S., Rojas, Z., Gutiérrez, W., & Vallejos, L. (2019). Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* v. vicus) en Cajamarca. (S. D. Felipe Gutiérrez Arce, Ed.) *Rev. Perspectiv.* 7. DOI: <https://doi.org/10.33198/rp.v20i2.00057>
- Gutiérrez, F.; Loayza, C.; Portilla, A; Espinosa, J. (2018). Evaluación de dosis de nitrógeno sobre la acumulación de biomasa, composición bromatológica y

eficiencia de uso en avena forrajera (*Avena sativa*), variedad Dorada. Siembra 5(1) (2018) 071–078 ISSN Impresa: 1390-8928 / ISSN Electrónica 2477-8850.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6724758.pdf>

Hamed, H.; Moustafa, Y.; Abdel-Aziz, S. (2011). In Vivo Efficacy of Lactic Acid Bacteria in Biological Control Against *Fusarium oxysporum* for Protection of Tomato plant. Life Science Journal 8(4): 462-468.

Haney, C. H.; Samuel, B. S.; Bush, J.; Ausubel, F. M. (2015). Associations with rhizosphere bacteria can confer an adaptive advantage to plants. Nat. Plants, 1: 1-9.

Hoyos, D.; Alvis, N.; Jabib, L. (2008). Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. Revista MVZ Córdoba, 13 (2): 1369-1379.

Huallpa, R.; Céspedes, R. y Esprella, B. Evaluación del efecto de biol bovino en la producción y calidad de la avena forrajera (*Avena sativa* L.), en época de invierno en la Estación Experimental Choquenaira, Viacha – La Paz. Artículo científico. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz, vol. 3, n°3, pág. 103-113, Junio 2016 - ISSN: 2409-1618.

Hurtado, A.Z. (2019). *Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la biomasa de residuos orgánicos agropecuarios Chulucanas – Piura*. Tesis de grado. Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú.

<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2025>

Huallpa, R.; Céspedes, R.; Esprella, B. (2016). Evaluación del efecto de biol bovino en la producción y calidad de la avena forrajera (*Avena sativa* L.), en época de invierno en la estación experimental Choquenaira, Viacha – La Paz. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz, vol. 3, n°3, pág. 103-113. http://scielo.org.bo/pdf/riiarn/v3n1/v3n1_a12.pdf

Ibañez, V. (2009). *Experimentación agrícola*. Editorial universitaria. 1ra ed. Puno, Perú.

INIA (2006) *Tríptico Informativo avena Tayco*. Estación Experimental Agraria, ILLPA – Puno.

- INEI (2016). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Disponible en <http://www.inei.gob.pe>. Recuperado el 21/09/2016.
- Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), (2009). Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura. <http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971>.
- IICA (2013). *Guía de manejo de Microorganismos Eficientes*. Proyecto Red Sicta, Cooperación Suiza en América Central. Managua.
- Inga, N. (2017). *Efecto del lombriabono en el cultivo de avena forrajera mantaro 15 mejorado y urano en la comunidad de Pampalanya – Huancavelica*. Tesis de grado. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional del Centro Del Perú. Huancayo, Perú. 78 p.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3388/Inga%20Ccente.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jayo, J.C. (2018). *Niveles de guano de isla y dosis de microorganismos eficaces en el rendimiento de espinaca (Spinacia oleracea L.) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho*. Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal De Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Jiménez, E. (2012). *Abono orgánico bokashi mejorado con microorganismos eficaces (EM) sobre rendimiento forrajero de avena (avena saliva l.) en suelo de Tiquillaca – Puno*. Tesis de Ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Jurado, G. y Lara, R. (2014). *Paquete tecnológico para la producción de avena forrajera en Chihuahua*. INIFAP-CIRNOC. Folleto Técnico. No. 51. 35 pp.
- Khandaker M. M., F. Rohani, T. Dalorima and N. Mat (2017) Effects of different organic fertilizers on growth, yield and quality of *Capsicum annuum* L. Var. Kulai (Red Chilli Kulai). Biosciences Biotechnology Research Asia 14:185-192. <https://doi.org/10.13005/bbra/2434>
- Limaylla, I.V. (2015). *ORGABIOL (Bioestimulante orgánico) en el estrato productivo de triticale, cebada y avena en campaña chica*. EEA El Mantaro-UNCP. Tesis de

- Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Centro Del Perú. El Mantaro, Jauja-Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/988>
- Liu, X., Tian, F., Tian, Y., Wu, Y., Dong, F., Xu, J., Zheng, Y. (2016). Isolation and identification of potential allelochemicals from aerial parts of *Avena fatua* L. and their allelopathic effect on wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(18), 3492-3500.
- Loayza, C.E. (2016). *Eficiencia agronómica del nitrógeno en el cultivo de avena forrajera (Avena sativa L.)*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 77 p. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10127/1/T-UCE-0004-87.pdf>
- López A. M., J. E. Poot M. y M. A. Mijangos C. (2012). Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* L. Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 12:307-312.
- Luna, M. A., y Mesa, J. R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*. 4 (2), 31-40. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Mamani, E. (1996), *Materia Orgánica y su Importancia en la Agricultura Ecológica*. Primera Edición, Universidad Nacional del Altiplano-Puno - Facultad de Ciencias Agrarias – Ingeniería Agronómica. Puno, Perú.
- Mamani, J. y Cotacallapa, F. H. (2018). Rendimiento y calidad nutricional de avena forrajera en la región de Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(4), 385–400. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.415>
- Mamani, B. (2017). *Evaluación de dos sistemas de labranza mínima en el rendimiento de biomasa de tres cultivares de avena forrajera (Avena sativa L.) en el CIP Illpa*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Mattos, G. (2000). *Apuntes de Fisiología Vegetal*. UMSA Facultad de Agronomía.
- Mautino, R.H. (2017). *Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa fragaria vesca con la mezcla de guano de isla y EM en el distrito de Marcara provincia de Carhuaz – 2016*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional

- “Santiago Antúnez de Mayolo”. Huaraz – Ancash – Perú.
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2661>
- Mendieta, H. (1992). *Rendimiento Comparativo de una variedad de avena (avena sativa) y tres variedades de Triticale (triticum aestivum x scale cereale), en la provincia Ingavi*. La Paz Bolivia.
- Mendoza, F.C. (2013). *Niveles de guano de islas y dosis de microorganismos eficaces – EM, en el cultivo de papa (SoI anum sp.) var. Mama Lucha. Canaán, 2750 msnm. – Ayacucho*. Tesis de Grado. Escuela de Formación Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristobal De Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Miranda, F. (2014). *Manejo de praderas altoandinas y cosecha de agua en el sur andino*. Soluciones Prácticas. 1ra edición. Lima, Perú.
- Ministerio de Agricultura (1992). *Guano de Isla*. Mejorando tu suelo mejoras tu cosecha. MINAG - AGRORURAL. Dirección de Operaciones Sub Dirección de Insumos y Abonos.
- Ministerio de Agricultura (1997). *El guano de Isla*. Propiedades y usos. MINAG AGRORURAL. Valle del Chillón. Sub Dirección de Insumos y abonos. Ponencia Power point. 44 láminas.
- Ministerio de Agricultura – Arequipa (2017). *Costos de Forrajes, Costos de producción de avena forrajera por hectárea*. Agencia Agraria Castilla. Informe. Arequipa, Perú. 30 p.
- Montes, M.; y De los Ríos, M.Y. *Valor nutritivo del ensilaje de Calamagrostis sp. y Avena sativa L. asociada en diferentes proporciones en Alpacas Tuis del Centro de Investigación y desarrollo de Camélidos Sudamericanos LACHOCC*. Tesis de Ingeniero zootecnista. Universidad Nacional de Huancavelica. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Huancavelica, Perú. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/732>
- Monsalve, J.A. (2015). *Evaluación de los ME (microorganismos eficaces) sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del suelo en la producción de maíz*. Trabajo de graduación de grado. Escuela de Biología, Facultad de Ciencia y

Tecnología, Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. Consultado el 18/05/2021; 20:24 pm. Recuperado de web:

<http://201.159.222.99/bitstream/datos/4846/1/11291.pdf>

- Morocho, M.T. y Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro Agrícola. Vol.46, No.2, abril-junio, 93-103.
- Moura, N. y Rodrigues, V. (2001). Alelopatía. En: de Oliveira, R. S. & Constantin, J. (editors). Plantas daninhas e seu manejo. Guaiba Agropecuaria (Brasil). pp: 145-185.
- Nele, W., Van Der, D.L., Safiyh, T. (2009). Exploiting plant-microbe partnerships to improve biomass production and remediation. Trends in Biotechnology, 27 (10): 591-598.
- Nikitin, A.N., Okumoto, S., Gutzeva, G.Z., Shintani, M., Leferd, G.A., Chesnyk, I.A., Higa, T. (2018). *Effective Microorganisms as a Potential Tool for the Remediation of 137 Cs-contaminated Soils*. In 2018 4th International Conference on Universal Village (UV) (1-5). IEEE. DOI: 10.1109/UV.2018.8642116.
- Noli, C.; Nestares, A. y Coronel, J. (2017). *La avena forrajera INIA 901 – Mantaro 15 M, alternativa de alimentación para la ganadería de la Sierra del Perú*. Lima, s.e., p.1-2. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/391>
- Noriega, A. (2001). *Quinua Orgánica*. Chimborazo-Ecuador, 82 pp.
- Ochoa, G. (2006). *Evaluación de variedades de avena (Avena sativa L.) a diferentes niveles de abonamiento orgánico en el Altiplano Central*. Tesis de grado. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia.
- Okazaki, K., T. Shinano, N. Oka and M. Takebe. (2010). *Metabolite profiling of Raphanus sativus L. to evaluate the effects of manure amendment*. Soil Science and Plant Nutrition 56:591-600, <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2010.00490.x>
- Olortegui, B.A. (2014). *Efecto de la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) y Guano de las islas sobre el Rendimiento del cultivo de Lino (Linum Usitatissimum*

L.) en el distrito de Marcará - Provincia de Carhuaz. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Huaraz, Perú.

<http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1029/T%20745%202014.pdf?sequence=1>

Osorio, O.M. (2017). *Los costos y las decisiones en agricultura una actividad olvidada*. Anais Do Congresso Brasileiro de Custos - ABC. <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3498>

Ormeño, J.; Pino, G. y Garfe, F. (2008). Inhibition of Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus* L.) and Bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) by a Mulch Derived from Rye (*Secale cereale* L.) in Grapevines. *Chilean Journal of Agricultural Research* 68(3):238-247 (July-September 2008).

Oviedo, M. (2020). *Progresos en la investigación del uso de alelopáticos en la agricultura*. Trabajo de Fin de grado. Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Jaén. Jaén, España. <https://hdl.handle.net/10953.1/12255>

Owatworakit, A., Townsend, B., Louveau, T., Jenner, H., Rejzek, M., Hughes, R. K., Saalbach, G., Qi, X., Bakht, S., Ded Roy, A., Mugford, S. T., Goss, R. J. M., Field, R. A., Osbourn, A. (2013). Glycosyltransferases from oat (*Avena*) implicated in the acylation of avenacins. *The Journal of Biological Chemistry*, 288(6), 3696-3704

Proexant (Promoción de exportaciones no tradicionales, Ec). (2002). *Elaboración, uso y manejo de los abonos orgánicos*. Disponible en <http://www.proexant.org.cc/abonos.org>. C3alnicos.

Quispe, C. y Chávez, M. F. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.): Municipio de Achocalla. *Apthapi*, 3 (3): 652-666.

Ramírez, S.; Domínguez, D.; Salmerón, J.; Villalobos, G.; & Ortega, J.A. (2013). Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(4), 395-

403. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000400005&lng=es&tlng=es.

Ramírez, L.S. (2014). *Efecto de la aplicación de tres dosis de guano de isla en la productividad del maíz híbrido pioneer 30f87 en la estación experimental el porvenir-INIA distrito de Juan Guerra Región de San Martín*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Tarapoto – Perú. <http://hdl.handle.net/11458/699>

Ramírez de la Ribera, J. L.; Zambrano, D. A.; Campuzano, J.; Verdecia, D.M.; Chacón, E.; Arceo, Y.; Labrada, J.; Uvidia, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 18(6),1-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63651420007>

Reascos, J.M. (2015). *Efectos de la aplicación de la abonadura orgánica en el rendimiento y producción de biomasa verde del cultivo de avena (Avena sativa L.)*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. El Ángel – Carchi – Ecuador. 74 p. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/1069>

Revelo, F.A. (2018). *Estudio del efecto de lodos residuales lácteos en suelos agrícolas para la producción de avena (Avena sativa L.), en la comunidad la esperanza, provincia del Carchi*. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte. Ibarra – Ecuador. 102 p. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8249>

Rodríguez, S.; Salgado, O.; García, G.; Cervantes, F.; Figueroa, G.; Mendoza, M. (2020). Fertilización química y orgánica en avena: rendimiento y calidad de la semilla. Agronomía Mesoamericana. Volumen 31(3):567-579. Septiembre-diciembre, 2020 e-ISSN 2215-3608. http://www.mag.go.cr/rev_meso/v31n03_567.pdf

Roque, R.E. (2013). *Manual de costos de producción*. Cultivos andinos. Puno, Perú.

Salas, M.L. (2016). *Efecto de los microorganismos eficaces y bioabonos en el rendimiento y calidad de la avena forrajera (Avena sativa L.) variedad INIA 901 Mantaro 15M en condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna – 2015*. Tesis de grado. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias

- Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizán – Huánuco. Huánuco, Perú.
<http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/1519>
- Salgado, L. (2007). *Tecnología EM @Microorganismos Eficaces*.
<http://www.ecotecnologias.com.ve>
- Santoyo, G., Moreno-Hagelsieb, G., Orozco-Mosqueda, Cm., Glick, B. R. (2016). Plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microbiological research*, 183: 92-99.
- SEFO-SAM (2011). *Semillas de calidad para pasturas y forrajes de calidad*. Avena (*Avena sativa L.*) Catálogo de semillas UMSS - COSUDE – Productores. Empresa de semillas forrajeras Bolivia. Cochabamba, Bolivia.
- Serrano, R. (2009). *Mecanismos de adaptación de Saccharomyces cerevisiae a la alcalinización ambiental*. Tesis Doctoral. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/3555>
- Silva, A.M., Nogueira, F.D.; Ribeiro, L.L.; Godinho, A. y Guimaraes, P.T. (2001). Exudacao de ácidos orgánicos em rizosfera de plantas daninhas. *Planta Daninha* 19:193-196
- Tanya, M. y Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es
- Toc Aguiar, R.M. (2012). *Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano, Honduras*. Trabajo de Diploma. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1039/1/T3265.pdf>
- Toalombo I, R. M. (2018). *Evaluación de Microorganismos Eficientes Autoctonos Aplicados en el Cultivo de Cebolla Blanca (Allium fistulosum)*. Trabajo de Investigación, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Ambato. Consultado el 23/11/20; 18:37 pm. Recuperado de web:
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2217/1/Tesis-22agr.pdf>

- Toalombo, R. (2012). *Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (Allium fistulosum)*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Quito, Ecuador.
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/2217>
- Torres, E.; Ariza, D.; Baena, C.D.; Cortés, S.; Becerra, L. y Riaño, C.A. (2016). *Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (Avena sativa)*. *Pastos y Forrajes*, 39(2), 102-110.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942016000200004&lng=es&tlng=es.
- Valdivieso, M. (2013). *Obtención y caracterización de cepas de Saccharomyces cerevisiae superproductoras de glutación*. Granada: Universidad de Granada.
<http://hdl.handle.net/10481/927>
- Valenzuela, E. (2012). *Observación de etanol producido por levaduras de pino y palmera*. Tesis de Diploma. Universidad Austral de Chile. Santiago de Chile: Escuela de Química y Farmacia.
- Valeriano, W. (2021). *Efecto del humus de lombriz (Eisenia foetida) mediante el uso de tres tipos de estiércol (Ovino, vacuno y alpaca) en el cultivo de avena forrajera (Avena sativa L.)*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16471>
- Van, Y.; Tin, C.; Jaromír, J.; Suan, L.; Roji, M.; Woh, C. (2018). *Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting*. *Journal of Enviromental Management* 216: 41-48. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.04.019
- Vásquez, V. (2013). *Experimentación Agrícola. Soluciones con SAS*. 2a. ed. Edita CONCYTEC-FONDECYT. Lima, Perú. 489 p.
- Vega, E. y Torres, D. (2013). *Manejo y conservación de pasturas naturales y cultivos temporales*. Prácticas de adaptación al cambio climático. Desco y Minsur. Arequipa, Perú.
https://www.desco.org.pe/recursos/site/files/1025/pasturas_minsur_VF.pdf



- Vega, M.; Valverde, A.; Gonzales, F.J.; Campos, M. E. y Illatopa, D. (2021). *Efectividad de microorganismos eficaces en la ecoeficiencia del cultivo de papa*. Primera edición digital. Lima, Perú.
- Zakarya, I.; Khalib, S.; Mohd, N. (2018). Effect of pH, temperature and moisture content during composting of rice straw burning at different temperature with food waste and effective microorganisms. E3S Web Conference 34: 1-8. DOI:10.1051/e3sconf/20183402019
- Zapana, J.G.; Miranda, F.; Villalta, P. (2014). Producción de semilla de avena forrajera (*Avena sativa* L.) con incorporación de humus de lombriz en el Centro de Investigación y Producción Camacani. Puno-Perú. Artículo. Rev. Investig. Altoandin. 2014; Vol 16 N° 1: 39 – 42. Rojas <http://huajsapata.unap.edu.pe/ria/index.php/ria/article/view/33>

ANEXOS

Anexo 1. Tablas de datos evaluados

Tabla 41

Promedio de datos evaluados en campo

| GUANO ISLA | EM | ESTIERCOL OVINO | BLOQUE | ALTURA PLANTA | MACOLLOS | LARGO HOJA | ANCHO HOJA | PESO MV | PRAIZ | PTALLO | PHOJA | RELACION HOJA / TALLO |
|------------|-----|-----------------|--------|---------------|----------|------------|------------|---------|-------|--------|-------|-----------------------|
| G0 | EM0 | E0 | 1 | 30.9 | 5.8 | 15.6 | 0.59 | 0.30 | 0.077 | 0.266 | 0.558 | 2.098 |
| G0 | EM0 | E0 | 2 | 32.3 | 5.6 | 15.9 | 0.58 | 0.55 | 0.105 | 0.258 | 0.423 | 1.640 |
| G0 | EM0 | E0 | 3 | 35.1 | 5.8 | 15.7 | 0.59 | 0.60 | 0.051 | 0.337 | 0.446 | 1.323 |
| G0 | EM0 | E1 | 1 | 38.1 | 5.9 | 17.4 | 0.78 | 0.75 | 0.082 | 1.179 | 1.026 | 0.870 |
| G0 | EM0 | E1 | 2 | 35.2 | 6.3 | 17.4 | 0.99 | 0.30 | 0.099 | 1.242 | 1.485 | 1.196 |
| G0 | EM0 | E1 | 3 | 36.2 | 6.1 | 17.3 | 0.82 | 0.70 | 0.096 | 0.747 | 0.589 | 0.788 |
| G0 | EM0 | E2 | 1 | 31.1 | 6.1 | 22.2 | 0.77 | 0.55 | 0.185 | 1.591 | 1.384 | 0.870 |
| G0 | EM0 | E2 | 2 | 38.4 | 6.1 | 22.4 | 0.78 | 0.60 | 0.164 | 0.528 | 0.466 | 0.883 |
| G0 | EM0 | E2 | 3 | 40.1 | 6.1 | 22.2 | 0.78 | 0.85 | 0.139 | 1.896 | 1.390 | 0.733 |
| G0 | EM1 | E0 | 1 | 40.1 | 6.6 | 19.2 | 1.07 | 0.20 | 0.187 | 1.702 | 1.181 | 0.694 |
| G0 | EM1 | E0 | 2 | 39.9 | 6.4 | 19.5 | 0.97 | 0.70 | 0.135 | 1.464 | 0.976 | 0.667 |
| G0 | EM1 | E0 | 3 | 37.4 | 6.3 | 19.5 | 0.97 | 0.80 | 0.143 | 0.702 | 0.898 | 1.279 |
| G0 | EM1 | E1 | 1 | 36.8 | 7.3 | 21.7 | 1.17 | 0.60 | 0.174 | 2.429 | 1.805 | 0.743 |
| G0 | EM1 | E1 | 2 | 38.8 | 7.2 | 22.3 | 1.22 | 0.80 | 0.242 | 1.518 | 1.195 | 0.787 |
| G0 | EM1 | E1 | 3 | 37.6 | 7.0 | 22.0 | 1.16 | 0.90 | 0.108 | 1.628 | 1.493 | 0.917 |
| G0 | EM1 | E2 | 1 | 39.4 | 8.0 | 19.4 | 1.23 | 0.60 | 0.410 | 1.891 | 2.004 | 1.060 |
| G0 | EM1 | E2 | 2 | 38.8 | 8.9 | 26.5 | 1.28 | 0.80 | 0.381 | 1.625 | 1.867 | 1.149 |
| G0 | EM1 | E2 | 3 | 39.3 | 7.2 | 20.5 | 1.28 | 0.70 | 0.312 | 1.659 | 1.575 | 0.949 |
| G0 | EM2 | E0 | 1 | 42.1 | 6.7 | 20.7 | 1.63 | 0.70 | 0.389 | 1.358 | 1.304 | 0.960 |
| G0 | EM2 | E0 | 2 | 44.0 | 6.7 | 20.3 | 1.65 | 0.65 | 0.278 | 0.741 | 0.936 | 1.263 |
| G0 | EM2 | E0 | 3 | 43.9 | 6.6 | 20.4 | 1.66 | 0.65 | 0.329 | 0.677 | 0.967 | 1.428 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|----|---|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| G0 | EM2 | E1 | 1 | 47.1 | 8.8 | 21.6 | 1.69 | 0.80 | 0.185 | 1.052 | 1.040 | 0.989 |
| G0 | EM2 | E1 | 2 | 46.2 | 8.3 | 21.9 | 1.66 | 0.85 | 0.195 | 0.916 | 1.068 | 1.166 |
| G0 | EM2 | E1 | 3 | 47.8 | 8.8 | 21.8 | 1.72 | 0.70 | 0.179 | 1.449 | 1.403 | 0.968 |
| G0 | EM2 | E2 | 1 | 51.1 | 7.7 | 22.4 | 1.65 | 1.30 | 0.388 | 2.444 | 3.099 | 1.268 |
| G0 | EM2 | E2 | 2 | 49.9 | 7.6 | 23.3 | 1.71 | 1.20 | 0.406 | 2.397 | 2.221 | 0.927 |
| G0 | EM2 | E2 | 3 | 50.5 | 7.4 | 22.3 | 1.74 | 1.00 | 0.392 | 2.475 | 1.897 | 0.766 |
| G1 | EM0 | E0 | 1 | 45.6 | 7.9 | 25.3 | 1.90 | 1.20 | 0.431 | 1.347 | 1.321 | 0.981 |
| G1 | EM0 | E0 | 2 | 49.4 | 8.1 | 25.1 | 1.89 | 1.10 | 0.303 | 1.169 | 1.190 | 1.018 |
| G1 | EM0 | E0 | 3 | 50.3 | 8.1 | 24.8 | 1.88 | 2.00 | 0.272 | 0.899 | 1.413 | 1.572 |
| G1 | EM0 | E1 | 1 | 79.2 | 8.8 | 41.9 | 2.04 | 1.05 | 0.289 | 1.913 | 1.399 | 0.731 |
| G1 | EM0 | E1 | 2 | 79.5 | 10.4 | 41.4 | 1.99 | 1.60 | 0.431 | 1.829 | 1.339 | 0.732 |
| G1 | EM0 | E1 | 3 | 72.1 | 6.5 | 40.8 | 1.90 | 2.10 | 0.366 | 2.088 | 1.578 | 0.756 |
| G1 | EM0 | E2 | 1 | 73.7 | 10.5 | 47.6 | 1.81 | 1.75 | 0.495 | 2.371 | 2.171 | 0.916 |
| G1 | EM0 | E2 | 2 | 77.6 | 10.5 | 46.8 | 1.84 | 1.65 | 0.667 | 1.823 | 2.613 | 1.433 |
| G1 | EM0 | E2 | 3 | 77.8 | 10.5 | 51.6 | 1.76 | 1.50 | 0.428 | 2.195 | 2.408 | 1.097 |
| G1 | EM1 | E0 | 1 | 47.0 | 8.3 | 23.5 | 1.84 | 1.90 | 0.230 | 1.252 | 1.868 | 1.492 |
| G1 | EM1 | E0 | 2 | 50.0 | 8.4 | 26.7 | 1.86 | 1.55 | 0.074 | 1.986 | 2.552 | 1.285 |
| G1 | EM1 | E0 | 3 | 52.3 | 8.7 | 28.3 | 1.82 | 1.80 | 0.254 | 1.739 | 1.671 | 0.961 |
| G1 | EM1 | E1 | 1 | 84.7 | 9.3 | 35.4 | 1.94 | 1.80 | 0.534 | 1.452 | 2.257 | 1.554 |
| G1 | EM1 | E1 | 2 | 82.7 | 9.2 | 34.4 | 1.92 | 2.00 | 0.510 | 2.496 | 2.442 | 0.978 |
| G1 | EM1 | E1 | 3 | 81.5 | 9.5 | 34.8 | 1.89 | 1.95 | 0.419 | 1.939 | 1.951 | 1.006 |
| G1 | EM1 | E2 | 1 | 77.1 | 10.2 | 46.9 | 2.17 | 2.20 | 0.699 | 2.983 | 2.633 | 0.883 |
| G1 | EM1 | E2 | 2 | 79.5 | 10.5 | 44.6 | 2.21 | 1.80 | 0.441 | 4.095 | 3.089 | 0.754 |
| G1 | EM1 | E2 | 3 | 78.7 | 10.5 | 46.8 | 2.22 | 1.70 | 0.407 | 3.915 | 1.745 | 0.446 |
| G1 | EM2 | E0 | 1 | 59.6 | 9.7 | 27.7 | 1.99 | 1.75 | 0.131 | 1.452 | 2.056 | 1.416 |
| G1 | EM2 | E0 | 2 | 59.4 | 9.8 | 27.8 | 1.89 | 2.05 | 0.147 | 2.496 | 1.613 | 0.646 |
| G1 | EM2 | E0 | 3 | 57.9 | 9.8 | 27.4 | 1.94 | 1.90 | 0.229 | 1.939 | 2.705 | 1.395 |
| G1 | EM2 | E1 | 1 | 79.7 | 10.8 | 46.2 | 1.99 | 1.45 | 0.269 | 2.772 | 2.486 | 0.897 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|----|---|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| G1 | EM2 | E1 | 2 | 80.0 | 10.5 | 44.4 | 1.99 | 2.30 | 0.435 | 2.209 | 1.791 | 0.811 |
| G1 | EM2 | E1 | 3 | 80.3 | 10.7 | 45.5 | 1.98 | 2.25 | 0.385 | 2.816 | 2.386 | 0.847 |
| G1 | EM2 | E2 | 1 | 92.1 | 10.5 | 51.3 | 1.96 | 2.20 | 0.647 | 4.180 | 3.533 | 0.845 |
| G1 | EM2 | E2 | 2 | 93.0 | 10.6 | 50.9 | 2.05 | 2.25 | 0.589 | 3.298 | 3.430 | 1.040 |
| G1 | EM2 | E2 | 3 | 92.0 | 10.4 | 50.3 | 2.12 | 1.90 | 0.456 | 3.791 | 3.172 | 0.837 |
| G2 | EM0 | E0 | 1 | 60.1 | 8.8 | 36.5 | 2.22 | 1.70 | 0.269 | 3.092 | 1.965 | 0.636 |
| G2 | EM0 | E0 | 2 | 61.2 | 9.1 | 35.2 | 2.11 | 2.50 | 0.200 | 1.950 | 1.925 | 0.987 |
| G2 | EM0 | E0 | 3 | 61.0 | 8.8 | 35.3 | 2.02 | 2.00 | 0.244 | 2.049 | 2.309 | 1.127 |
| G2 | EM0 | E1 | 1 | 107.4 | 11.8 | 38.9 | 2.17 | 1.50 | 0.388 | 3.257 | 3.502 | 1.075 |
| G2 | EM0 | E1 | 2 | 106.1 | 11.4 | 37.2 | 2.22 | 2.65 | 0.406 | 2.743 | 2.185 | 0.797 |
| G2 | EM0 | E1 | 3 | 104.4 | 11.9 | 39.0 | 2.21 | 2.40 | 0.392 | 2.088 | 1.845 | 0.884 |
| G2 | EM0 | E2 | 1 | 104.8 | 11.8 | 42.3 | 2.19 | 2.00 | 0.504 | 4.305 | 3.193 | 0.742 |
| G2 | EM0 | E2 | 2 | 104.0 | 11.5 | 42.6 | 2.15 | 2.55 | 0.631 | 4.474 | 3.050 | 0.682 |
| G2 | EM0 | E2 | 3 | 104.1 | 11.5 | 42.3 | 2.13 | 2.10 | 0.466 | 4.689 | 2.899 | 0.618 |
| G2 | EM1 | E0 | 1 | 87.3 | 9.0 | 39.4 | 1.86 | 1.30 | 0.438 | 2.949 | 3.873 | 1.313 |
| G2 | EM1 | E0 | 2 | 91.7 | 8.8 | 39.4 | 1.93 | 2.60 | 0.320 | 2.483 | 2.618 | 1.054 |
| G2 | EM1 | E0 | 3 | 88.4 | 8.8 | 39.6 | 2.02 | 2.50 | 0.312 | 2.731 | 3.501 | 1.282 |
| G2 | EM1 | E1 | 1 | 92.8 | 9.2 | 50.8 | 2.26 | 2.80 | 0.812 | 7.089 | 6.731 | 0.949 |
| G2 | EM1 | E1 | 2 | 92.3 | 9.6 | 49.9 | 2.19 | 2.50 | 0.926 | 7.010 | 5.025 | 0.717 |
| G2 | EM1 | E1 | 3 | 91.4 | 9.6 | 50.1 | 2.23 | 2.60 | 0.917 | 6.015 | 5.635 | 0.937 |
| G2 | EM1 | E2 | 1 | 105.8 | 11.8 | 56.4 | 2.33 | 2.05 | 1.126 | 8.223 | 7.652 | 0.931 |
| G2 | EM1 | E2 | 2 | 107.6 | 11.6 | 55.6 | 2.33 | 3.00 | 1.110 | 6.194 | 7.851 | 1.268 |
| G2 | EM1 | E2 | 3 | 104.6 | 12.2 | 54.6 | 2.32 | 3.35 | 0.852 | 8.678 | 7.066 | 0.814 |
| G2 | EM2 | E0 | 1 | 75.5 | 8.2 | 36.8 | 1.72 | 2.80 | 0.698 | 3.946 | 3.933 | 0.997 |
| G2 | EM2 | E0 | 2 | 76.2 | 7.2 | 36.7 | 1.75 | 1.90 | 0.535 | 4.666 | 5.141 | 1.102 |
| G2 | EM2 | E0 | 3 | 74.9 | 7.0 | 36.6 | 1.70 | 2.10 | 0.609 | 4.961 | 3.840 | 0.774 |
| G2 | EM2 | E1 | 1 | 87.4 | 9.3 | 45.4 | 2.25 | 2.35 | 0.798 | 5.397 | 5.898 | 1.093 |
| G2 | EM2 | E1 | 2 | 87.0 | 9.1 | 45.1 | 2.21 | 2.40 | 0.635 | 5.481 | 5.184 | 0.946 |
| G2 | EM2 | E1 | 3 | 86.6 | 9.5 | 45.1 | 2.16 | 2.50 | 0.709 | 5.114 | 4.983 | 0.974 |
| G2 | EM2 | E2 | 1 | 79.3 | 9.9 | 54.5 | 2.28 | 2.60 | 0.957 | 5.622 | 7.892 | 1.404 |
| G2 | EM2 | E2 | 2 | 81.4 | 9.8 | 53.7 | 2.19 | 2.80 | 0.901 | 7.006 | 5.876 | 0.839 |
| G2 | EM2 | E2 | 3 | 82.0 | 9.6 | 52.3 | 2.30 | 2.55 | 0.875 | 6.807 | 4.136 | 0.608 |

Tabla 42

Costos de producción del tratamiento T0 (00 kg/ha de guano de islas, 0% de EM y 00 kg/ha de guano de corral de ovino)

| | ÉPOCA | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|---|-------------|------------------|----------|-----------------|----------------|
| A. TOTAL COSTOS DIRECTOS (1+2+3+4) | | | | | 1535.33 |
| 1. PREPARACION DEL TERRENO (a+b) | | | | | 316.00 |
| a. MANO DE OBRA | | | | | |
| Desterronado | Nov. | Jornal | 2.00 | 33.00 | 66.00 |
| b. MAQUINARIA | | | | | |
| Rastra | Dic. | Hr/Maq. | 2.00 | 50.00 | 100.00 |
| Aradura | Dic. | Hr/Maq. | 3.00 | 50.00 | 150.00 |
| 2. SIEMBRA Y ABONAMIENTO (c+d+e) | | | | | 366.00 |
| c. Mano de obra | | | | | |
| Siembra manual | Dic. | Jornal | 1.00 | 33.00 | 33.00 |
| Tapado | Dic. | Jornal | 1.00 | 33.00 | 33.00 |
| d. Maquinaria | | | | | |
| Surcado | Dic. | Hr/Maq. | 1.00 | 50.00 | 50.00 |
| e. Semillas | | | | | |
| Semilla | Oct. | Kg. | 100.00 | 2.50 | 250.00 |
| 3. LABORES CULTURALES (f) | | | | | 165.00 |
| f. Mano de obra | | | | | |
| Deshierbo | Feb. | Jornal | 4.00 | 33.00 | 132.00 |
| Drenaje | Feb. | Jornal | 1.00 | 33.00 | 33.00 |
| 4. COSECHA (g+h) | | | | | 688.33 |
| g. Mano de obra | | | | | |
| Siega y emparvado | May | Jornal | 12.00 | 33.00 | 396.00 |
| h. Transporte | | | | | |
| Producto cosechado | May | Kg. | 4833.33 | 0.04 | 193.33 |
| Cargado y almacenado | May | Jornal | 3.00 | 33.00 | 99.00 |
| B. TOTAL COSTOS INDIRECTOS | | | | | |
| i. GASTOS ADMINISTRATIVOS | | | | | |
| 10% de costos directos | Ene. - Dic. | % | | | 153.53 |
| COSTOS TOTALES (A+B) | | | | | 1688.87 |

Tabla 43

Costos de producción del tratamiento T14 (500 kg/ha de guano de islas, 5% de EM y 500 kg/ha de guano de corral de ovino)

| | ÉPOCA | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|---|-------------|------------------|----------|-----------------|----------------|
| A. TOTAL COSTOS DIRECTOS (1+2+3+4) | | | | | 3317.07 |
| 1. PREPARACION DEL TERRENO (a+b) | | | | | 316.00 |
| a. MANO DE OBRA | | | | | |
| Desterronado | Nov | Jornal | 2.00 | 33.00 | 66.00 |
| b. MAQUINARIA | | | | | |
| Rastra | Dic. | Hr/Maq. | 2.00 | 50.00 | 100.00 |
| Aradura | Dic. | Hr/Maq. | 3.00 | 50.00 | 150.00 |
| 2. SIEMBRA Y ABONAMIENTO (c+d+e) | | | | | 1284.00 |
| c. Mano de obra | | | | | |
| Siembra manual | Dic. | Jornal | 1.00 | 33.00 | 33.00 |
| Tapado | Dic. | Jornal | 1.00 | 33.00 | 33.00 |
| Abonamiento | Dic. | Jornal | 3.00 | 33.00 | 99.00 |
| Aplicación foliar | Dic. | Jornal | 4.00 | 33.00 | 132.00 |
| d. Maquinaria | | | | | |
| Surcado | Dic. | Hr/Maq. | 1.00 | 50.00 | 50.00 |
| e. Insumos | | | | | |
| Semilla | Oct. | Kg. | 100.00 | 2.50 | 250.00 |
| Guano de isla | Nov | Kg. | 500.00 | 1.00 | 500.00 |
| Estiércol de ovino | Oct. | Kg. | 500.00 | 0.10 | 50.00 |
| EM-1 | Nov. | unidad | 2.00 | 50.00 | 100.00 |
| Melaza | Nov. | Kg. | 2.00 | 3.50 | 7.00 |
| Mochila fumigadora | Nov. | Alquiler | 2.00 | 15.00 | 30.00 |
| 3. LABORES CULTURALES (f) | | | | | 165.00 |
| f. Mano de obra | | | | | |
| Deshierbo | Feb | Jornal | 4.00 | 33.00 | 132.00 |
| Drenaje | Feb | Jornal | 1.00 | 33.00 | 33.00 |
| 4. COSECHA (g+h) | | | | | 1552.07 |
| g. Mano de obra | | | | | |
| Siega y emparvado | May | Jornal | 12.00 | 33.00 | 396.00 |
| h. Transporte | | | | | |
| Producto cosechado cargado y almacenado | May | Kg. | 19166.67 | 0.04 | 766.67 |
| | May | Jornal | 11.80 | 33.00 | 389.40 |
| B. TOTAL COSTOS INDIRECTOS | | | | | |
| i. GASTOS ADMINISTRATIVOS | | | | | |
| 10% de costos directos | Ene. - Dic. | % | | | 331.71 |
| COSTOS TOTALES (A+B) | | | | | 3648.77 |

Tabla 44

Costos de producción del tratamiento T27 (1000 kg/ha de guano de islas, 10% de EM y 1000 kg/ha de guano de corral de ovino)

| | ÉPOCA | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|---|-------------|------------------|----------|-----------------|----------------|
| A. TOTAL COSTOS DIRECTOS (1+2+3+4) | | | | | 4472.00 |
| 1. PREPARACION DEL TERRENO (a+b) | | | | | 316.00 |
| a. MANO DE OBRA | | | | | |
| Desterronado | Nov | Jornal | 2.00 | 33.00 | 66.00 |
| b. MAQUINARIA | | | | | |
| Rastra | Dic. | Hr/Maq. | 2.00 | 50.00 | 100.00 |
| Aradura | Dic. | Hr/Maq. | 3.00 | 50.00 | 150.00 |
| 2. SIEMBRA Y ABONAMIENTO (c+d+e) | | | | | 2040.00 |
| c. Mano de obra | | | | | |
| Siembra manual | Dic. | Jornal | 1.00 | 33.00 | 33.00 |
| Tapado | Dic. | Jornal | 1.00 | 33.00 | 33.00 |
| Abonamiento | Dic. | Jornal | 6.00 | 33.00 | 198.00 |
| Aplicación foliar | Dic. | Jornal | 4.00 | 33.00 | 132.00 |
| d. Maquinaria | | | | | |
| Surcado | Dic. | Hr/Maq. | 1.00 | 50.00 | 50.00 |
| e. Insumos | | | | | |
| Semilla | Oct. | Kg. | 100.00 | 2.50 | 250.00 |
| Guano de isla | Nov | Kg. | 1000.00 | 1.00 | 1000.00 |
| Estiércol de ovino | Oct. | Kg. | 1000.00 | 0.10 | 100.00 |
| EM-1 | Nov. | unidad | 4.00 | 50.00 | 200.00 |
| Melaza | Nov. | Kg. | 4.00 | 3.50 | 14.00 |
| Mochila fumigadora | Nov. | Alquiler | 2.00 | 15.00 | 30.00 |
| 3. LABORES CULTURALES (f) | | | | | 165.00 |
| f. Mano de obra | | | | | |
| Deshierbo | Feb | Jornal | 4.00 | 33.00 | 132.00 |
| Drenaje | Feb | Jornal | 1.00 | 33.00 | 33.00 |
| 4. COSECHA (g+h) | | | | | 1951.00 |
| g. Mano de obra | | | | | |
| Siega y emparvado | May | Jornal | 12.00 | 33.00 | 396.00 |
| h. Transporte | | | | | |
| Producto cosechado cargado y almacenado | May | Kg. | 26500.00 | 0.04 | 1060.00 |
| | May | Jornal | 15.00 | 33.00 | 495.00 |
| B. TOTAL COSTOS INDIRECTOS | | | | | |
| i. GASTOS ADMINISTRATIVOS | | | | | |
| 10% de costos directos | Ene. - Dic. | % | | | 447.20 |
| COSTOS TOTALES (A+B) | | | | | 4919.20 |

Anexo 2. Panel fotográfico de la conducción del experimento



Figura 4. Ubicación espacial del área de investigación.



Figura 5. Pago a la tierra, antes de iniciar la instalación del proyecto de Tesis titulado “Efecto de abonos orgánicos, microorganismos eficaces (EM) en la producción forrajera de avena (*Avena sativa* L.) y microbiota del suelo del distrito de Vilque - Puno”.



Figura 6. Pasado de la rastra antes de la marcación y la siembra de la *Avena sativa* L.



Figura 7. Demarcación de las parcelas experimentales de acuerdo al croquis preparado en el perfil del proyecto.



Figura 8. Siembra propiamente dicha del cultivo de *Avena sativa* L. al voleo en forma directa y manual.



Figura 9. Aplicación de guano de las islas en las parcelas pre determinadas, según factores en estudio.



Figura 10. Aplicación del guano de corral en las parcelas pre determinadas, según factores en estudio.



Figura 11. Activación de los microorganismos eficaces (E.M.) en el laboratorio de Fisiología vegetal de la UNA – Puno.



Figura 12. Vista del colocado de los microorganismos eficaces (EM), en la estufa.



Figura 13. Preparación de E.M. en concentraciones de 5% y 10% en mochilas de 20 litros.



Figura 14. Aplicación de los Microorganismos eficaces a la siembra en parcelas pre determinadas en tratamientos en estudio.



Figura 15. Desarrollo del cultivo, donde se puede observar las parcelas con desarrollo diferente.



Figura 16. Crecimiento del cultivo de avena (T0)



Figura 17. Evaluación del cultivo (T27).



Figura 18. Cultivo de avena a la aplicación de dosis de guano de isla, dosis de EM y dosis de estiércol de ovino.



Figura 19. Análisis microbiológico del suelo obtenido antes de iniciar con el trabajo de investigación; en el laboratorio de microbiología de la Facultad de MVZ-UNA.



Figura 20. Evaluación a los 60 días de la siembra, en 10 plantas de cada parcela experimental y se contó el número de macollos y se midió la altura de la planta.



Figura 21. Evaluación a los 60 días de la siembra, en 10 plantas de cada parcela experimental y se contó el número de macollos y se midió la altura de la planta.



Figura 22. Aplicación del EM en la fase fenológica del macollamiento en el cultivo de avena.



Figura 23. Labor cultural de deshierbo, se observa la presencia sobre todo de nabo forrajero.



Figura 24. Medición de la planta, previa a la segunda aplicación de los microorganismos eficaces antes de la floración.



Figura 25. Desarrollo foliar de hojas de avena.



Figura 26. Evaluación del cultivo comparando los tratamientos en estudio, donde se observa la diferencia en el desarrollo de la avena.



Figura 27. Desarrollo vegetativo del tratamiento T24.



Figura 28. Uso del cuadrante de metro cuadrado para realizar la cosecha de avena.



Figura 29. Cosecha de un metro cuadrado de avena y se procedió al pesado con balanza para cada tratamiento (kg/m^2).



Figura 30. Pesado de muestras de forraje de avena por cada tratamiento.



Figura 31. Obtención de muestra para determinar el rendimiento de biomasa verde (aéreo y radicular).



Figura 32. Obtención de muestras de suelo para realizar el análisis físico químico y microbiológico del suelo, obteniéndose muestra en forma zigzag del área en estudio.



Figura 33. Análisis bromatológico de las muestras de forraje de avena, realizado en el laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas de la FCA-UNA Puno.



Figura 34. Equipo de laboratorio de Pastos y forrajes para análisis bromatológico de muestras de avena.



Figura 35. Insumos utilizados para análisis microbiológico de las muestras de suelo, realizado en el laboratorio de Fitopatología de la FCA-UNA Puno.



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Eyner Eloy Villar Gonzales
identificado con DNI 02297481 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Maestría en Agricultura Andina
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"Efecto de Abonos Orgánicos, Microorganismos Eficaces (EM) en la Producción Forrajera de Avena (Avena sativa L.) y microbiota del suelo del distrito de Vilque Puno"

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

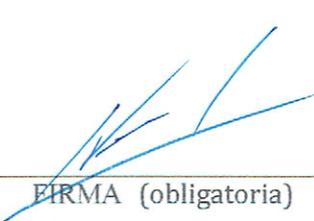
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 20 de Diciembre del 2022


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Syner Eloy Villar Gonzales
identificado con DNI 02297481 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Maestría en Agricultura Andina

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"Efecto de Abonos Orgánicos, Microorganismos Eficaces (EM) en la Producción Forrajera
de Javena (Javena sativa L.) y Microbiota del Suelo del Distrito de Vilque - Puno
" Es un tema original.

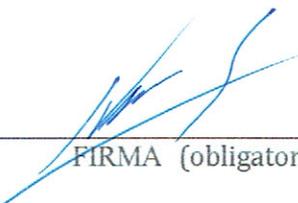
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 20 de Diciembre del 2022


FIRMA (obligatoria)



Huella