



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EFEECTO 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

PRESENTADA POR:

Bach. WILLIAN RIVAS VALERIANO VALERIANO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado sabiduría, salud, bendición y fuerzas guiándome en el trayecto de mi vida para alcanzar mis metas.

A mis padres Guillermo y Claudia, por ser pilar fundamental en mi vida, por haberme traído a este mundo, inculcarme buenos valores, darme la mejor educación, por su apoyo incondicional, por siempre impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi objetivo.

A mis hermanas: Yessica, Yolanda y Katy quienes han sido la guía en este camino para poder llegar a mi meta, con su ejemplo, apoyo y palabras de aliento, nunca bajaron los brazos para que yo tampoco lo haga.

Willian Valeriano.



AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional de Altiplano – Puno, por ser mi segundo hogar durante todo el periodo de mi formación profesional, y por haber depositado su confianza en mí para lograr realizar el presente estudio.
- Al Mg. Sc. Ing. Luis Amilcar Bueno Macedo, por su inmenso apoyo, dedicación, paciencia, sus consejos, por haberme orientado en el presente trabajo de investigación y su realización de manera satisfactoria.
- A los miembros del jurado: D. Sc. Javier Mamani Paredes, D. Sc. Ali William Canaza Cayo y M. Sc. Jesús Sánchez Mendoza, por su revisión, rigurosidad, comprensión, importantes aportes y sugerencias para la elaboración del presente estudio.
- Al Sr. Benito Fernández Calloapaza, laboratorista de aguas y suelos de la FCA-UNA-Puno, por transmitirme sus conocimientos y su generoso apoyo en el desarrollo del presente estudio.
- A los Docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias en especial a los de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronomía, por todo su apoyo y enseñanzas impartidas para mi formación profesional.
- A mis compañeros: Víctor Hugo, Ruth Miryan y Marco Antonio: por su apoyo incondicional, cariño y amistad.
- A toda mi familia y a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, estuvieron apoyándome durante todo este tiempo, por brindarme su amistad incondicional.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Objetivo general..... 14

Objetivos específicos: 14

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Lombriz roja californiana..... 15

2.2. Origen e historia 15

2.3. Ubicación taxonómica..... 16

2.4. Morfología externa 16

2.5. Aparato digestivo 17

2.6. Lombricultura..... 17

2.7. Humus de lombriz 18

2.8. Propiedades del humus de lombriz..... 18

2.8.1. Propiedades químicas 19

2.8.2. Propiedades físicas..... 19

2.8.3. Propiedades biológicas 19

2.9. Composición química del humus de lombriz..... 20

2.10. Factores a considerar en el manejo del sustrato con lombrices..... 21

2.10.1. Temperatura 21

2.10.2. Humedad 22



2.10.3. pH.....	22
2.10.4. Radiación	22
2.11. Estiércol de vacuno	22
2.12. Estiércol de ovino.....	23
2.13. Estiércol de alpaca.....	23
2.14. Cultivo de la avena forrajera	24
2.14.1. Variedades	25
2.15. Fases fenológicas del cultivo de avena forrajera.....	26
2.16. Valor nutritivo de la avena	26
2.17. Factores que influyen sobre el valor nutricional del forraje.....	27
2.18. Costos de producción y rentabilidad	29
2.18.1. Costos variables	29
2.18.2. Costos fijos	29
2.18.3. Costo total	29
2.18.4. Rentabilidad	29
2.18.5. Relación beneficio/costo.....	30

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Medio experimental.....	31
3.1.1. Ámbito de estudio.....	31
3.1.2. Condiciones climatológicas	31
3.2. Material experimental	34
3.2.1. Lombriz roja californiana	34
3.2.2. Abono.....	34
3.2.3. Humus de lombriz.....	35
3.2.4. Semilla de avena	35
3.3. Materiales y equipos de campo	35
3.3.1. Los materiales y equipos.....	35
3.3.2. Características del campo experimental	35
3.3.3. Factores de estudio.....	36



3.4. Distribución de tratamientos:	36
3.5. Diseño experimental.....	37
3.6. Variables de respuesta y observaciones	38
3.6.1. Variables de respuesta	38
3.6.2. Observaciones	39
3.7. Conducción del experimento.....	39
3.7.1. Procesamiento y obtención del humus de lombriz	39
3.7.2. Preparación de terreno	40
3.7.3. Marcado del terreno	40
3.7.4. Abonamiento.....	41
3.7.5. Siembra de avena forrajera	41
3.7.6. Labores culturales	41
3.7.7. Cosecha de forraje	42
3.8. Análisis en laboratorio de las características químicas	42
3.8.1. Determinación de proteína cruda.....	42
3.8.2. Determinación de fibra cruda	43
3.8.3. Determinación de fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA).....	44
3.8.4. Determinación de materia seca	45
3.8.5. Determinación de materia verde	45
3.9. Costos y beneficio económico.....	45
3.9.1. Costos de producción.....	45
3.9.2. Relación beneficio / costos (B/C)	46
3.9.3. Rentabilidad económica.....	46

CAPÍTULO IV

RESUSLTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características químicas	47
4.1.1. Proteína cruda	47
4.1.2. Fibra cruda	50
4.1.3. Fibra detergente neutra	54



4.1.4. Fibra detergente ácida.....	57
4.2. Rendimiento materia seca y materia verde	60
4.2.1. Materia seca	60
4.2.2. Materia verde	64
4.3. Costos de producción y rentabilidad económica.....	67
4.3.1. Costos de producción.....	67
4.3.2. Costos variables	67
4.3.3. Costo fijo.....	68
4.3.4. Costo total	68
4.3.5. Análisis económico.....	69
4.3.6. Cuadro resumen del costo de producción	71
V. CONCLUSIONES	72
VI. RECOMENDACIONES	73
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	81

Área : Ciencias Agrícolas.

Tema : Manejo de pastizales y cultivos forrajeros.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 18 de agosto 2021



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición química del humus de lombriz.....	20
Tabla 2.	Distribución de tratamientos	37
Tabla 3.	Diseño experimental de los análisis de varianza (ANVA)	37
Tabla 4.	Análisis de varianza para proteína cruda (% PC) (datos transformados)	47
Tabla 5.	ANDEVA de efectos simples para la interacción “HxD”	49
Tabla 6.	Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para los efectos simples de la interacción tipo de humus x dosis para el contenido de proteína cruda (% PC).....	49
Tabla 7.	Análisis de varianza para fibra cruda (% FC) (datos transformados).....	51
Tabla 8.	ANDEVA de efectos simples para la interacción “HxD”	52
Tabla 9.	Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para los efectos simples de la interacción tipo de humus x dosis para el contenido de fibra cruda (% FC)	53
Tabla 10.	Análisis de varianza para fibra detergente neutra (% FDN) (datos transformados)	54
Tabla 11.	ANDEVA de efectos simples para la interacción “HxD”	56
Tabla 12.	Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para los efectos simples de la interacción tipo de humus x dosis para el contenido de fibra detergente neutra (% FDN).....	56
Tabla 13.	Análisis de varianza para fibra detergente ácida (% FDA) (datos transformados)	58
Tabla 14.	ANDEVA de efectos simples para la interacción “HxD”	59



Tabla 15. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para los efectos simples de la interacción tipo de humus x dosis para el contenido de fibra detergente ácida (% FDA)	60
Tabla 16. Análisis de varianza para materia seca (% MS) (datos transformados).....	61
Tabla 17. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para tipos de humus en el rendimiento de materia seca (% MS).....	62
Tabla 18. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para dosis de humus en el rendimiento de materia seca (% MS)	63
Tabla 19. Análisis de varianza para materia verde (% MV) (datos transformados)....	64
Tabla 20. ANDEVA de efectos simples para la interacción “HxD”	66
Tabla 21. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para los efectos simples de la interacción tipo de humus x dosis para el contenido de materia verde (kg/m ²).....	66
Tabla 22. Cuadro resumen del costo de producción	71



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Temperatura máxima y mínima del distrito de Ayaviri.	32
Figura 2.	Precipitación pluvial mensual campaña agrícola 2019 – 2020.	33
Figura 3.	Humedad promedio mensual campaña agrícola 2019 – 2020.....	34
Figura 4.	Rendimiento de materia seca (% MS) del forraje de avena en relación al tipo de humus.....	62
Figura 5.	Contenido de materia seca (% MS) del forraje de avena en relación a niveles de dosis de humus.....	63



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Sunimarca distrito de Ayaviri provincia de Melgar – Puno, durante la campaña agrícola 2019 – 2020. Los objetivos en estudio fueron: a) Determinar las características químicas (proteína cruda, fibra cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida) del cultivo de avena forrajera variedad Vilcanota, con respecto al tipo de humus de lombriz; b) Determinar el rendimiento de materia seca y materia verde del cultivo de avena forrajera variedad Vilcanota con respecto al tipo de humus de lombriz; c) Determinar el costo de producción y rentabilidad económica del humus de lombriz en el cultivo de avena forrajera variedad Vilcanota. El tipo de investigación fue de enfoque cuantitativo de carácter experimental desarrollando investigación a nivel explicativo. Los factores en estudio fueron: tipos de humus de lombriz, siendo los niveles de variabilidad; 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 cero toneladas por hectárea (A0), dosis dos toneladas por hectárea (A1) y dosis tres toneladas por hectárea (A2). El análisis estadístico empleado en el estudio fue el diseño completamente al azar, con un arreglo factorial de 3x3 (3 tipos de humus x 3 niveles de dosis) con 3 repeticiones, total 27 unidades experimentales. Los resultados demuestran para el contenido de proteína cruda (PC) en relación al tipo de humus, el humus de lombriz de ovino (HLO) con una dosis de 3 t/ha (A2) alcanzó un valor de 9.15 % PC; fibra cruda (FC) con respecto a tipos de humus (HLO, HLV y HLA), los valores se encuentran en un intervalo de 17.82 a 27.52 % FC; fibra detergente neutra (FDN) con respecto a tipos de humus (HLO, HLV y HLA), se muestra valores en un rango de 19.09 a 32.94 % FDN; fibra detergente ácida (FDA) con respecto a tipos de humus (HLO, HLV y HLA), los valores se muestran en un rango de 20.93 a 32.89 % FDA. Materia seca (MS) con respecto a tipo de humus, el humus de lombriz de ovino (HLO) con una dosis de 3 t/ha (A2) alcanzó un valor de 63.11 % MS; materia verde (MV) en relación a tipo de humus, el humus de lombriz de vacuno (HLV) con una dosis de 3 t/ha (A2) alcanzó un valor de 6.10 kg/m² (61 000 kg/ha) MV. Los costos de producción demuestran, la dosis tres toneladas por hectárea (A2) que alcanzó S/. 6105.00, tratamiento con el mayor costo; el testigo con dosis cero toneladas por hectárea (A0) alcanzó S/. 4605.00 tratamiento con el menor costo. Rentabilidad económica, ha obtenido el humus de lombriz de vacuno (HLV) con dos toneladas por hectárea (A1) logrando alcanzar 154.24 % de rentabilidad, y una relación de B/C de S/. 2.54. Por lo tanto, se concluye que el humus de lombriz es una alternativa para incrementar y mejora valores nutricionales, así mismo para obtener rendimientos altos de forraje; que brindan accesibilidad y disponibilidad de precios e insumos, para los productores ganaderos.

Palabras clave: humus de lombriz, estiércol, avena forrajera



ABSTRACT

This research work was carried out in the community of Sunimarca, Ayaviri district, Melgar province - Puno, during the 2019-2020 agricultural season. The study objectives were: a) to determine the chemical characteristics (crude protein, crude fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber) of the Vilcanota variety forage oats with respect to the type of worm humus; b) to determine the yield of dry matter and green matter of the cultivation of Vilcanota variety forage oats with respect to the type of worm humus; c) to determine the cost of production and economic profitability of worm humus in the cultivation of Vilcanota variety forage oats. The type of research was of an experimental quantitative approach, developing research at an explanatory level. The factors under study were: types of worm humus, being the levels of variability; Sheep worm humus (HLO), bovine worm humus (HLV), alpaca worm humus (HLA) and worm humus dose levels, control zero tons per hectare (A0), dose two tons per hectare (A1) and doses three tons per hectare (A2). The statistical analysis used in the study was a completely randomized design, with a factorial arrangement of 3x3 (3 types of humus x 3 dose levels) with 3 repetitions, a total of 27 experimental units. Results demonstrate for crude protein content (CP) in relation to the type of humus, the sheep worm humus (HLO) with a dose of 3 t/ha (A2) reached a value of 9.15% CP; crude fiber (CF) with regarding types of humus (HLO, HLV y HLV), the values are in a range of 17.82 a 27.52% FC; neutral detergent fiber (NDF) with regarding types of humus (HLO, HLV y HLV), displays values in a range of 19.09 a 32.94% NDF; acidic detergent fiber (ADF) with regarding types of humus (HLO, HLV y HLV), values are displayed in a range of 20.93 a 32.89% ADF. Dry matter (DM) with regarding type of humus, the sheep worm humus (HLO) with a dose of 3 t/ha (A2) reached a value of 63.11% DM; green matter (GM) in relation to the type of humus, the beef worm humus (HLV) with a dose of 3 t/ha (A2) reached a value of 6.10 kg/m² (61 000 kg/ha) GM. The production costs show, the dose three tons per hectare (A2) reached S /. 6105.00, highest cost treatment; the treatment with dose zero tons per hectare (A0) reached S /. 4605.00 treatment with the lowest cost. Economic profitability, has obtained the humus of cow worm (HLV) with two tons per hectare (A1) managing to reach 154.24% of profitability, and a relationship of B/C de S/. 2.54. Therefore, it is concluded that worm humus is an alternative to increase and improve nutritional values, as well as to obtain high forage yields; that provide accessibility and availability of prices and inputs for livestock producers.

Keywords: worm castings, manure, forage oats



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La intervención del hombre ha afectado la calidad de los suelos, agua, fauna y flora; por acciones como la erosión, quema, tala y otras actividades inadecuadas; es por ello que ha surgido una gran preocupación por el desarrollo de las prácticas agrícolas eficientes y sustentables que permitan el desarrollo de una agricultura sustentable en beneficio al medio ambiente como es la lombricultura; en la actualidad la importancia de la lombriz se centra en mejorar la textura y estructura del suelo, activa los procesos biológicos del suelo y aumenta la defensa contra las plagas y enfermedades en las plantas. En los últimos años ha crecido el interés por utilizar las lombrices de tierra como un sistema ecológicamente seguro para manejar el estiércol. Diversos estudios han demostrado la capacidad de algunas lombrices para utilizar una amplia gama de residuos orgánicos como estiércol, residuos de cultivos, desechos industriales, etc.

El cultivo de avena (*Avena sativa* L.), es un cultivo forrajero ampliamente difundido en el Perú y constituye el cultivo más importante en la región Puno, por poseer 24.24 % del área sembrada (Agro Puno, 2015; Compendio estadístico Perú, 2015); ha ganado importancia en los últimos años, debido a su buena adaptación, excelente producción forrajera, mayor soportabilidad frente a pastos naturales, y representa una fuente de alimento en la sostenibilidad de los sistemas pecuarios. Puede ofrecerse, como forraje verde o ser conservado en forma de heno o ensilado y ser utilizados en los periodos críticos (escasez o estiaje) de disponibilidad de forraje (Mamani, 2016).

Conocer la composición química del forraje de avena, es importante para definir nutricionalmente a la especie vegetal y para seleccionar mejor los suplementos a utilizar a fin de optimizar la producción animal. Es también, necesario para garantizar la calidad



de productos formulados comercialmente (concentrados energéticos o proteicos) y detectar la presencia de sustancias indeseables en los alimentos, las cuales pueden ser dañinas para la salud animal (Colombatto, 2003).

El presente trabajo de investigación, enfoca en generar una tecnología forrajera sostenible y viable a través del cultivo de la avena forrajera con la aplicación de humus de lombriz provenientes de tres tipos de estiércol (ovino, vacuno y alpaca) para incrementar rendimientos de producción de avena forrajera; por lo que el presente estudio tuvo como:

Objetivo general

Evaluar el efecto del humus de lombriz en el desarrollo del cultivo de avena forrajera variedad Vilcanota obtenidos a partir de tres tipos de estiércol (ovino, vacuno y alpaca).

Objetivos específicos:

- a. Determinar las características químicas (proteína cruda, fibra cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida) del cultivo de avena forrajera variedad Vilcanota con respecto al tipo de humus de lombriz.
- b. Determinar el rendimiento de materia seca y materia verde del cultivo de avena forrajera variedad Vilcanota con respecto al tipo de humus de lombriz.
- c. Determinar el costo de producción y rentabilidad económica del humus de lombriz en el cultivo de avena forrajera variedad Vilcanota.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Lombriz roja californiana

Las lombrices de tierra tienen una distribución muy amplia y hay aproximadamente 8.000 especies a nivel mundial, y de estas muy pocas son estudiadas. Todas las especies terrestres de lombrices se alimentan de materia orgánica descompuesta pero también usan sustancias orgánicas existentes en el lodo o en suelos húmedos que ingieren al excavar. También muestran preferencias por algunos alimentos, ya que poseen órganos del gusto, son fotófobos. Si el suelo está mojado hacen una galería hundiéndose en su interior, pero si se encuentra seco lo reblandecen con secreción y tragan a continuación tierra (Berquiel, 1987; citado por Juárez, 2010).

Los lumbrícidos están ubicados dentro del Phylum Annelida; lo que quiere decir que son animales cuyo cuerpo está formado por una serie de anillos yuxtapuestos denominados metámeros y cada uno de ellos tiene una organización y anatomía semejantes, donde los órganos se repiten regularmente (Bouche, 1985; citado por Juárez, 2010).

2.2. Origen e historia

Pineda (2006), señala que, en los tiempos modernos, quien se interesó y estudió con profundidad a las lombrices fue Darwin en 1837. Y uno de los primeros en dedicarse a la producción de la lombriz fue Hugo Carter en 1947, para abastecer tiendas de caza y pesca. Un poco después la Universidad Agrícola de California empezó a ocuparse al estudio de estos anélidos, con fines agrícolas para 1979, ya había en Estados Unidos unas 1500 explotaciones comerciales de lombricultura. Por otro lado, en el Perú la



lombricultura, fue introducida de Chile por expositores en una feria de AGROTEC, en otros casos también se trajó lombrices directamente de Italia.

2.3. Ubicación taxonómica

Tineo (1996), lo clasifica de la siguiente manera.

Reino	:	Animal
Phyllum	:	Annélida
Clase	:	Oligoqueta
Orden	:	Ophisthpora
Familia	:	Lombricidae
Género	:	Eisenia
Especie	:	Eisenia foetida
Nombre común:		Lombriz roja californiana

2.4. Morfología externa

González (2009), menciona que este anélido es cilíndrico, alargado con numerosos anillos; cabeza ligeramente puntiaguda; en el primer tercio de su cuerpo la lombriz tiene el llamado clitelio, indicativo de la madurez sexual. Entre los anillos 15 y 21 posee sus órganos sexuales, tanto masculino como femenino. Al salir del huevo presenta una coloración crema y mide un milímetro aproximadamente; a la semana mide 7 milímetros y su color es blanco; entre los 15 y 20 días se torna rosado y mide entre 12 y 15 milímetros; a los 90 días es roja para el resto de su vida y mide 3 centímetros. A partir de esa edad es sexualmente apta para la reproducción, el diámetro del animal adulto oscila entre 3 y 5 milímetros.



2.5. Aparato digestivo

Bollo (2001), indica que el proceso de digestión en la lombriz se inicia en la cavidad bucal, la cual carece de mandíbulas, por tal razón requiere que el sustrato para su consumo se encuentre en un estado que posibilite la succión por la acción muscular de la faringe, donde los alimentos son humedecidos por secreciones salivales que se producen en la boca y en el esófago, posteriormente es ingresado al tubo digestivo. Una vez que el alimento llega al buche pasa a la molleja, donde es triturado mediante la acción muscular y con la ayuda de granos de arena.

El resultado de los procesos anteriores llega al intestino, donde una masa de microorganismos degrada la materia orgánica por acción enzimática, dando como resultado la excreción, ingieren diariamente alimento equivalente a su propio peso y expelen el 60 % transformado en humus de lombriz. Además, cuando las lombrices digieren los sustratos biodegradables, una gran variedad de microorganismos contribuyen al procesamiento de la materia orgánica en nutrimentos utilizables para las plantas.

2.6. Lombricultura

Ruiz (2005), la lombricultura es una biotecnología que utiliza, a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus de lombriz, carne y harina de lombriz. Se trata de una interesante actividad zootécnica, que permite perfeccionar todos los sistemas de producción agrícola. La lombricultura es un negocio en expansión, y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales.



Martínez (2000), señala que en la lombricultura se utilizan las lombrices para acelerar la biotransformación de desechos orgánicos con la finalidad de generar productos naturales tales como el humus de lombriz, material rico en microorganismos; también se puede aprovechar la carne de la lombriz de altos contenidos de proteína, vitaminas y aminoácidos. Es necesario fomentar la lombricultura a nivel de los predios campesinos para el mejoramiento de la fertilidad de sus suelos a través de los criaderos, adecuándose ello a un sistema de producción.

2.7. Humus de lombriz

García (2013), indica que el humus de lombriz se obtiene de la transformación de residuos orgánicos compostados por la lombriz roja o de California, para ser utilizado como abono orgánico en suelos degradados.

Mamani (2011), indica que es un fertilizante biorgánico de estructura coloidal producto de la digestión de la lombriz, este es un producto desmenuzable, sin olor, de color café, es un producto terminado, muy estable, no se pudre, no se fermenta, es un alimento directamente asimilable por la planta, equilibrado, reconstituyente, sin parásitos y con una duración efectiva en los terrenos de cultivos de cinco años. A una humedad de 55 % continúa en la tierra, gracias a las bacterias, descomponiendo los demás productos nutritivos y aireando el suelo. Por ser un coloide retiene la humedad de 16 veces su peso.

2.8. Propiedades del humus de lombriz

Mamani (2011), menciona que el humus de lombriz está compuesto principalmente por el carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos. La cantidad de estos elementos dependerán de las características químicas del substrato que dieron origen a la alimentación de las



lombrices. El estiércol de lombriz cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas, biológicas de los suelos influyendo de la siguiente manera:

2.8.1. Propiedades químicas

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre fundamentalmente nitrógeno.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente de nitrógeno
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder tampón.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan las plantas.

2.8.2. Propiedades físicas

- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados, compactos, fijan a los suelos sueltos o arenosos, por lo que mejora la porosidad.
- Mejora la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del suelo.
- Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica.

2.8.3. Propiedades biológicas

- Es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana.
- Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros se incrementa y diversifica la flora microbiana.



2.9. Composición química del humus de lombriz

Caracterizado de la siguiente manera:

Tabla 1. Composición química del humus de lombriz

Humedad (%)	30 a 40
Materia orgánica (%)	25 a 40
Nitrógeno total (%)	1.5 a 3
Fósforo disponible (%)	1 a 2.5
Potasio disponible (%)	1 a 2
Relación carbono/nitrógeno (C/N)	10
pH	6.5 a 7.5

Fuente: Fuentes (2007)

Fuentes (2007), indica que el sustrato es la primera capa del lecho, sobre la cual se incorporan las lombrices. El espesor del sustrato será de unos 15 cm en verano y 25 cm en invierno. Normalmente, los alimentos a las lombrices están constituidos por estiércol. Habrá que tener la precaución de utilizar un estiércol descompuesto, cuya temperatura no exceda de los 25 °C. las temperaturas elevadas, así como el grado de acidez y los gases que se desprenden durante la fermentación, provocan la muerte de las lombrices. Riego, operación importante para reducir la acidez del sustrato, se riega durante tres o cuatro días consecutivos, y posteriormente una vez por semana. Al cabo de un mes, y una vez controlado el grado de acidez, el sustrato está dispuesto para recibir a las lombrices.

Rodríguez (2005), indica que; el tipo de sustrato a ofrecer, la calidad, el pre-composteo y algunos factores ambientales como temperatura, humedad y pH, son básicos para poder mantener un pie de cría de lombriz roja californiana y obtener un buen material resultante de alta calidad llamado abono orgánico. En el sustrato están presentes



microorganismos que aceleran la descomposición; éstos pueden ser bacterias u hongos aeróbicos que actúan en todo el proceso de transformación.

2.10. Factores a considerar en el manejo del sustrato con lombrices

2.10.1. Temperatura

Martínez (2000), señala que la temperatura ideal para el buen desarrollo de la lombriz es de 25 °C; en condiciones controladas, esta es fácil de mantener, sin embargo, cuando se trabaja al aire libre se debe de tener un buen control, alcanzarla y mantenerla. Fuentes (2007), indica que cuando la temperatura desciende por debajo de 14 grados centígrados se debe aumentar la capa de alimento aportado en la superficie de los lechos, cuando la temperatura desciende por debajo de siete grados centígrados las lombrices se aletargan y, por consiguiente, no comen ni se reproducen. El calor excesivo también perjudica a la lombriz. El riego rebaja la temperatura del medio ambiente durante los días calurosos.

Según Mirabelli (2008), se puede apreciar una evolución en la temperatura durante el pre compostaje, la cual se divide en tres etapas:

Etapa mesófila: los microorganismos (que viven entre los 20 °C y 40 °C) son los responsables del calentamiento del sustrato.

Etapa termófila: los microorganismos termófilos se encargan de descomponer los materiales orgánicos con mayor velocidad generando un calor de 40 °C a 70 °C.

Etapa de maduración: es la última etapa, en donde la temperatura es igual al del medio ambiente, su duración es más larga comparada con las etapas anteriores.



2.10.2. Humedad

Martínez (2000), señala que la lombriz necesita de mucha humedad, ésta es requerida para que pueda moverse dentro de los desechos y facilitar la fragmentación de los mismos, así como para su respiración. La humedad recomendada es del orden de 75 a 80 %. Escobar (2001), manifiesta que la prueba para poder medir el porcentaje de humedad en el substrato se conoce como prueba de puño, la cual consiste en agarrar una cantidad del substrato con el puño de una mano, posteriormente se le aplica fuerza, lo normal de un brazo, y si salen de 8 a 10 gotas es que la humedad está en un 80 % aproximadamente.

2.10.3. pH

Martínez (2000), señala que al igual que la temperatura el pH es sumamente importante; lo ideal es que se encuentre entre 6.5 y 7.5, un pH básico o ácido puede ocasionar serios problemas a la lombriz y llegar a ocasionar su muerte. El método más eficiente para medir el pH es utilizando la misma lombriz, ella indicará si es el material listo para poder vivir en él.

2.10.4. Radiación

Escobar (2001), menciona que la iluminación natural o artificial, no debe incidir directamente sobre su hábitat, los rayos ultravioletas son mortales para ella, por esta razón, la iluminación natural o artificial no tiene que incidir directamente sobre su hábitat

2.11. Estiércol de vacuno

Romero (2010), menciona que el estiércol de vaca es de muy buena calidad, tanto para formar el substrato inicial como para utilizarlo de alimento durante la fase de producción. Necesita un período de maduración de 6 a 7 meses. El estiércol de ternero es



de peor calidad que el de vaca, sobre todo el procedente de explotaciones que utilizan pienso con un alto contenido de proteínas, que pasan, en parte, a los excrementos. Se puede reducir su contenido proteico añadiendo celulosa en forma de paja o papel triturado. El período de maduración varía de seis a doce meses, según su contenido de proteínas. En este estiércol es imprescindible hacer las pruebas de acidez.

Obando (2008), señala que hay que considerar factores como: estiércol fresco; no es recomendable utilizarlo inmediatamente, hay que precompostearlo, con volteos periódicos por dos semanas hasta que mejore su pH alcalino. Estiércol maduro; se considera aquel que tiene más de tres meses, de consistencia semipastosa y su pH se encuentra casi neutro 7 a 8; siendo el adecuado para que se cultiven las lombrices. Estiércol viejo; se considera aquel que tiene más de seis meses de haberse producido.

2.12. Estiércol de ovino

Según Tortosa *et al.*, (2012) afirman que, el estiércol de vino es considerado uno de los más ricos en nutrientes y equilibrados por los mismos que, los ovinos consumen amplia variedad de pastos. Sin embargo, se trata de un estiércol fuerte que es necesario fermentar en montón antes de incorporarlo a la chacra o jardín. También es bueno para para añadirlo al montón de compost o para preparar humus y fertilizantes de estiércol líquido. Nutrientes del estiércol de oveja: nitrógeno 0.8 %, fósforo 0.5 %, potasio 0.4 % más toda la gama de oligoelementos.

2.13. Estiércol de alpaca

Estrada (2005), citado por Carhuancho (2012), señala que la composición química de los estiércoles varía según la alimentación, tipo de crianza, edad, momento de



recolección, tipo de almacenamiento, manipulación y presentación del producto comercial.

2.14. Cultivo de la avena forrajera

Es cereal forrajero perteneciente a la familia Poaceae, especie de forraje más cultivada a nivel mundial, así como su grano que es tan nutritivo como palatable, posee raíces voluminosas y produce de 7 a 20 tallos, alcanzando una altura de 1.2 a 2 metros. Contiene una buena cantidad de proteína cruda, nutrientes digeribles totales (NDT), vitamina B₁, minerales y grasa. Su alto rendimiento en biomasa y buen contenido nutricional ha generado que los ganaderos de la Sierra Central del Perú utilicen técnicas de conservación de forraje, como el henificado, alimento para el ganado durante la época seca (Noli *et al.*, 2017).

La avena puede describirse como un cultivo de uso elástico y diversificado, por los distintos tipos de producciones que pueden obtenerse en diferentes épocas del año, las que se insertan en distintos segmentos del ámbito agrícola, ganadero y agroindustrial. En la alimentación del ganado se utiliza para obtener: grano (cubierto, pelado y desnudo), forraje verde, forraje de conservación (ensilaje y heno), forraje y posterior producción de grano (doble propósito). A demás es uno de los cereales más tolerantes a suelos ácidos con pH 4.5 a 6 (Beratto, 2002).

Entre las especies forrajeras, la avena (*Avena sativa* L.), es el cultivo más ampliamente difundido en el Perú y constituye el cultivo más importante en la región Puno, por poseer 24.24 % del área sembrada (Agro Puno, 2015). Dada su relevancia, este cultivo forrajero creció en 41 % en los diez últimos años. Esta tendencia de crecimiento, se debe al desarrollo del sector ganadero y la producción láctea actual, ya que Puno como



región ha alcanzado en los últimos años una producción promedio de 450 mil litros de leche diarios, ubicándose en el sexto lugar a nivel nacional después de Lima, Arequipa, Cajamarca, La Libertad y Cusco, y tercero en la macro región sur del Perú (Agro Puno, 2015).

2.14.1. Variedades

Los criterios a seguir, de acuerdo a Calderón (1981), en la elección de variedades son: color, grano, rendimiento y resistencia al encamado, enfermedades y frío.

Variedad Vilcanota: grano de color blanquecino, que consta de las siguientes características morfológicas:

- N° macollos por planta: 11 – 15
- Altura de planta: 165 cm
- Color del grano: Amarillo pajizo
- Días hasta el panojado: 115
- Días hasta la madurez del grano: 208
- Relación hoja / tallo: 1.28
- Índice de cosecha de forraje: 85 %
- Peso de 1 000 granos: 32 - 34 g
- Rendimiento materia verde: 61.25 t/ha
- Rendimiento materia seca: 12.25 t/ha
- Rendimiento potencial de semilla: 2.96 t/ha
- Rendimiento de heno: 12.82 t/ha
- Rendimiento de silaje: 52.96 t/ha



2.15. Fases fenológicas del cultivo de avena forrajera

Según Yzarra (2011), menciona que las fases fenológicas de avena inician con:

Emergencia: aparición de las plantitas con 1 o 2 hojas por encima de la superficie del suelo.

Macollaje: momento en que aparece el primer macollo en la axila de una de sus hojas más bajas de la planta. se debe anotar el inicio de esta fase cuando el macollo tiene 1 cm de longitud.

Encañado: aparece el primer nudo en el tallo principal de la planta. Este nudo se halla entre los 2 a 3 cm del suelo.

Floración: momento en que se abren las primeras flores.

Maduración lechosa: los granos al ser presionados presentan un líquido lechoso.

Maduración pastosa: los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa

El desarrollo fenológico de la avena indica la época de siembra para la producción de forraje, que es entre octubre a diciembre y el momento de cosecha para este mismo fin es en el estadio fenológico de grano lechoso, ya que es ahí donde se obtienen mayores rendimientos (Montoya, 2017)

2.16. Valor nutritivo de la avena

El valor nutritivo de una especie forrajera comprende conocer su composición química y su digestibilidad. La composición química nos proporciona información sobre su contenido nutricional como el porcentaje de proteína cruda, fibra, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, etc. y su digestibilidad nos dice que parte de estos va a ser digerido por el animal.

2.17. Factores que influyen sobre el valor nutricional del forraje

Los factores que influyen en la calidad de forraje de avena son la madurez de la planta, fertilización del suelo, métodos de cosecha y almacenamiento, así como el medioambiente, fertilidad y tipo del suelo, y genotipo (Cherney y Cherney, 2005; Coblenz *et al.*, 2012). El contenido de proteínas digeribles del forraje de avena es mayor que en el maíz y también tiene una mayor riqueza en materia grasa que la cebada y el trigo (Sánchez *et al.*, 2015).

El sistema de siembra no afecta la composición química del heno y cuando la etapa de corte fue más cercana a madurez fisiológica, la proteína disminuyó en forma cuadrática ($P < 0.01$); en consecuencia, las plantas maduras son menos nutritivas, pues tienen más tallos y menos hojas. (Ramírez *et al.*, 2015)

El contenido de proteína cruda (PC), la palatabilidad, los coeficientes de digestibilidad de materia seca disminuyen en la avena forrajera conforme avanza la maduración de la planta (Wadhwa *et al.*, 2010). Choque (2005), reporta 14, 7.6 y 6.3 % de proteína cruda para el estado fenológico de panojamiento, 50 % de floración y grano de un cuarto de fructificación, así como 5.6, 5.5 y 3.3 % de proteína cruda para las fases de grano media fructificación, grano pastoso y madurez fisiológica, de manera respectiva; asimismo, el porcentaje de proteína cruda varía por variedades y días de cosecha. El contenido de proteína cruda (PC) en avena forrajera es variable en diferentes campos y lugares de cosecha, debido a los diversos factores como fertilidad del suelo, estado fenológico de la planta (Núñez *et al.*, 2010).

El INIA Cusco (2010), a través del Programa Nacional de Investigación en Pastos y Forrajes, reportó valores nutricionales de la avena forrajera variedad INIA-903 Tayko



Andenes, donde se precisa que la avena forrajera en estado fenológico de grano lechoso posee un 19.5 % de materia seca, 11.95 % de proteína cruda, 30.10 % de fibra cruda (FC), 2.65 % de extracto etéreo (EE), 9.20 % de ceniza total (CT) y 39.34 % de extracto no nitrogenado (ENN); haciendo notar que el valor nutricional de avena forrajera, varía según su fase fenológica.

Un estudio en la sierra central del Perú, demuestra la diferencia entre los porcentajes de proteína cruda durante dos estadios fenológicos donde se obtuvo que la A. sativa INIA 901 - Mantaro 15 y la A. sativa Centenario, poseen 11 y 7.2 % en inicio de floración y luego disminuye a 6.5 y 6.1 % en grano pastoso respectivamente (Montoya, 2017). En el departamento de Puno, donde en un estudio realizado en cinco provincias a una altitud entre los 3812 y 4000 m.s.n.m. durante la campaña agrícola de los años 2015 y 2016 (noviembre a mayo) se obtuvo un promedio de proteína cruda de 8.67 ± 0.64 % (Mamani, 2016).

La fibra detergente neutra (FDN) compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina aumenta conforme a la madurez de la planta. Para Avena sativa durante el estadio de grano lechoso se ha reportado valores de FDN de 55.3 % (Ramírez *et al.*, 2013). Se demuestra el incremento entre los porcentajes de FDN durante dos estadios fenológicos en un estudio en la sierra central del Perú, donde la A. sativa INIA 901 - Mantaro 15 y la A. sativa Centenario poseen 63 y 62.3 % en inicio de floración y 65.9 y 73.7 % en grano pastoso respectivamente (Montoya, 2017). Y si pasamos al departamento de Puno, en cinco de sus provincias durante la campaña agrícola de los años 2015 y 2016 (noviembre a mayo) se obtuvo un valor promedio de FDN de 46.97 ± 3.59 % para la Avena sativa local (Mamani, 2016)



Conforme las plantas maduran, se incrementan en el contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina. La lignina es esencialmente indigestible; por lo tanto, al incrementar los niveles de lignina con la madurez de los forrajes también se reduce la digestibilidad (Anwar *et al.*, 2010)

2.18. Costos de producción y rentabilidad

2.18.1. Costos variables

Riquelme (2019), menciona que los costos variables son aquellos gastos que varían en proporción a la actividad. El costo variable es la suma de todos los costos marginales por unidades producidas.

2.18.2. Costos fijos

Nuño (2017), menciona que los costes fijos son aquellos costes que permanecen invariables, aunque los niveles de actividad y de producción cambien, son constantes. Son gastos que no dependen del nivel de producción de bienes y servicios; aunque con el tiempo, sí que es posible que sufran variaciones.

2.18.3. Costo total

Lupin (1998), indica que los costos totales son importantes para analizar la estructura de costos en el corto plazo: costo fijo total, costo variable total y costo total. Los costos fijos totales (CFT) pueden definirse como la suma total de los costos de todos los insumos fijos asociados con la producción.

2.18.4. Rentabilidad

Lupin, (1998) indica que, la "rentabilidad" es un término general que mide la ganancia que puede obtenerse en una situación particular. Es el denominador común de todas las actividades productivas. Se hace necesario introducir algunos parámetros a fin



de definir la rentabilidad. En general, el producto de las entradas de dinero por ventas totales (V) menos los costos totales de producción sin depreciación (C) dan como resultado el beneficio bruto (BB).

2.18.5. Relación beneficio/costo

Navarro, (2017), menciona que un análisis costo beneficio es un proceso por el cual se analizan las decisiones empresariales. Se suman los beneficios de una situación dada o de una acción relacionada con el negocio, y luego se restan los costos asociados con la toma de esa acción. El análisis de costo-beneficio es el proceso de analizar las decisiones de un negocio. Cuando una decisión está bajo consideración, el costo de una opción es restado del beneficio del mismo. Al realizar un análisis de costo-beneficio la administración puede decir si una inversión vale la pena o no para el negocio.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Medio experimental

3.1.1. Ámbito de estudio

El trabajo de investigación se realizó durante la campaña agrícola 2019 – 2020 en la comunidad de Sunimarca perteneciente al distrito de Ayaviri provincia de Melgar departamento de Puno, situada entre las siguientes coordenadas geográficas: latitud sur: 14° 57' 40", Longitud Oeste: 70° 43' 6.9", a una altitud de 3979 msnm. La elección de la localidad se debe a que la provincia de Melgar es una de las provincias con mayor área del cultivo y producción de avena forrajera, así mismo por ser una las provincias que concentra mayor ganado lechero en la región de Puno.

3.1.2. Condiciones climatológicas

Las condiciones climatológicas para la campaña agrícola 2019-2020 corresponden a los parámetros meteorológicos de temperatura (máxima y mínima), humedad y precipitación pluvial los cuales fueron obtenidos por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI 2020. Estación meteorológica de tipo convencional Ayaviri – código: 114038.

Según la Figura 1, se observa la temperatura de la campaña agrícola 2019 – 2020 correspondiente a la zona de estudio a los meses de agosto 2019 a marzo 2020 donde se observa que la temperatura fluctúa entre los rangos de 17 a 19.5 en temperatura máxima y la temperatura mínima entre -6.1 a 5.3.

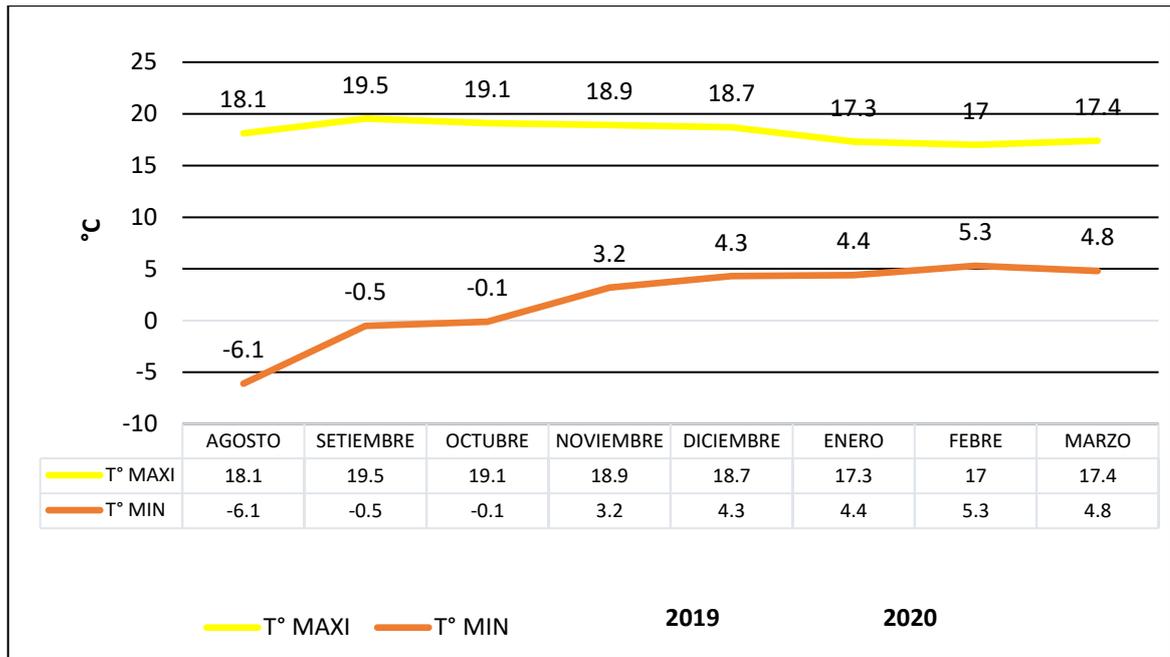


Figura 1. Temperatura máxima y mínima del distrito de Ayaviri. Fuente: SENAMHI 2020

Precipitación pluvial campaña agrícola 2019-2020 (Figura 2), 188.9 mm (máx.) y de 0.0 mm (min.) para enero y agosto respectivamente; en vista de retrasos de precipitación pluvial, la ejecución del proyecto se dio inicio con la siembra en el mes de noviembre, fecha considerable optimo con 96.4 mm, el siguiente mes presenta una disminución a 91.8 mm, mes de enero del 2020 se registra 188.9 mm, precipitación considerada como más alta en la presente campaña agrícola, para los meses de febrero y marzo se registraron 178.1 mm y 92.2 de manera respectiva; bajo estas condiciones se muestra el desarrollo del cultivo de avena forraje a nivel de campo.

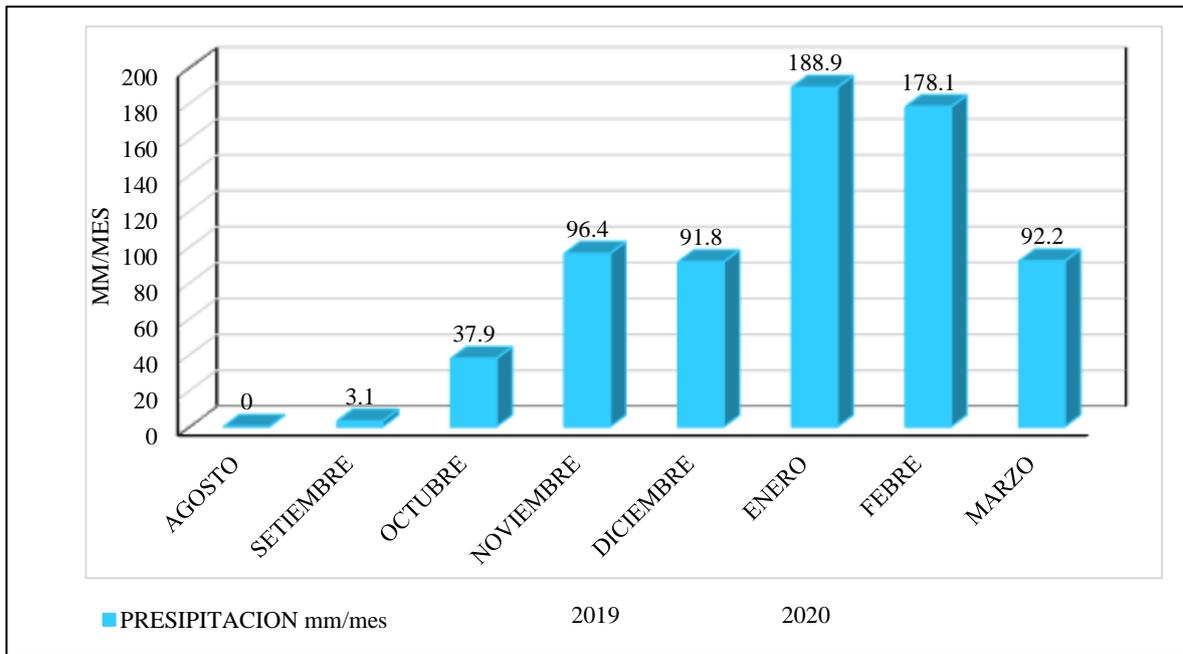


Figura 2. Precipitación pluvial mensual campaña agrícola 2019 – 2020. Fuente: SENAMHI 2020

Figura 3, periodos húmedos durante los meses (3) iniciales de la campaña agrícola 2019 – 2020 menor al 50 %, mes de noviembre 61.1 % mayor al 50 %, indicativo para iniciar trabajos agrícolas. para los siguientes meses diciembre y enero del 2020 incrementa con 67.4 y 73.6 % respectivamente, mes de febrero con 79.9 % (alto), posteriormente la disminución de humedad para marzo con 70.5 % y los siguientes meses.

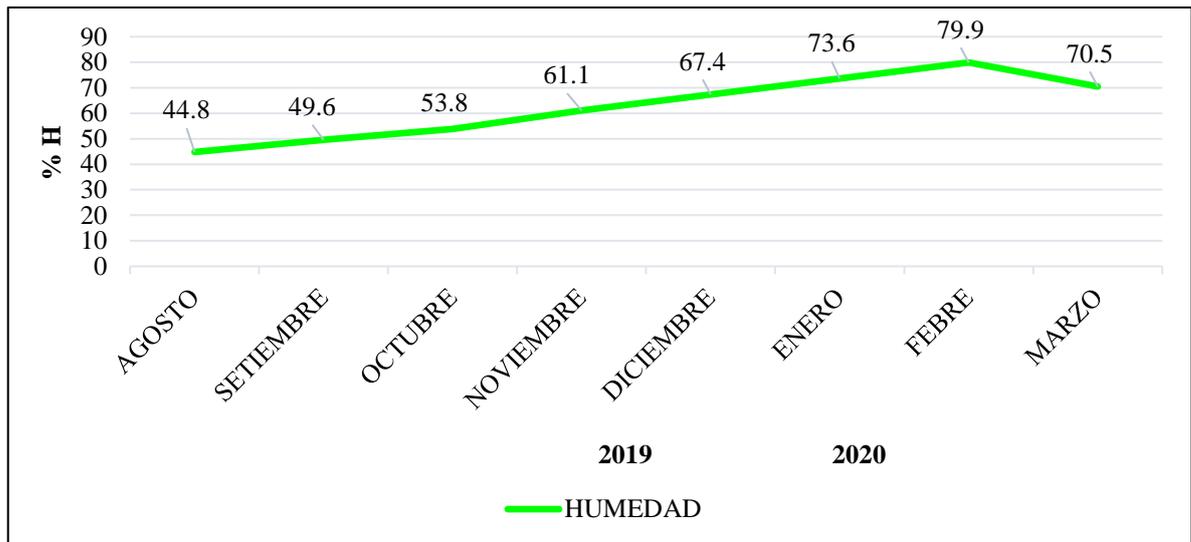


Figura 3. Humedad promedio mensual campaña agrícola 2019 – 2020. Fuente: SENAMHI 2020

3.2. Material experimental

3.2.1. Lombriz roja californiana

Las lombrices de la especie roja californiana fueron adquiridas en la modalidad de compra online y recibidas por mi persona en forma de equipaje, procedentes del distrito de Selva Alegre de la región de Arequipa de la empresa “venta de lombrices roja californiana Arequipa”; la cantidad requerida para este trabajo de investigación fue de 6 kg (3 500 lombrices por kilo).

3.2.2. Abono

Estiércoles de ovino, vacuno y alpaca son procedentes del lugar (comunidad de Sunimarca), para el presente experimento se adquirió la cantidad de 270 kg, 90 kg de estiércol de cada una de las especies de animales (ovino, vacuno y alpaca).



3.2.3. Humus de lombriz

Su elaboración se realizó en el mismo lugar del experimento (comunidad de Sunimarca) se produjo la cantidad de 54 kg de humus de cada 90 kg de estiércol (ovino, vacuno y alpaca), con una producción total de 162 kg de humus.

3.2.4. Semilla de avena

En el presente trabajo de investigación, se usó la siguiente variedad:

- Avena variedad Vilcanota, procedente del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) Puno, sede salcedo.

3.3. Materiales y equipos de campo

3.3.1. Los materiales y equipos

- Libreta de campo
- Lapiceros rojo, azul y negro
- Flexómetro de 5 y 50 metros
- Tijera
- Pico, lampa, rastrillo
- Guantes
- Bolsas de plástico
- Dinamómetro (romana)
- Cámara fotográfica y Laptop

3.3.2. Características del campo experimental

a) Área experimental

- Largo = 35 m
- Ancho = 20 m
- Área total= 700 m²



b) De la unidad experimental

- Largo = 5 m
- Ancho = 3 m
- Área= 15 m²
- N° de unidad experimental = 27

c) De las repeticiones/bloques

- Largo = 27 m
- Ancho = 5 m
- Área = 135 m²
- Numero de repeticiones = 3

3.3.3. Factores de estudio

Factor H: tipos de humus de lombriz provenientes de tres tipos de estiércol.

- HLO: humus de lombriz de ovino.
- HLV: humus de lombriz de vacuno.
- HLA: humus de lombriz de alpaca

Factor D: dosis de humus de lombriz

- A0: 0 t/ha (testigo con cero toneladas por hectárea)
- A1: 2 t/ha (dos toneladas por hectárea)
- A2: 3 t/ha (tres toneladas por hectárea)

3.4. Distribución de tratamientos:

Se ha establecido nueve tratamientos, con las siguientes características: (tabla 2)

Tabla 2. Distribución de tratamientos	Clave
Humus de lombriz de ovino + 0 t/ha (testigo)	HLO – A0
Humus de lombriz de ovino + 2 t/ha	HLO – A1
Humus de lombriz de ovino + 3 t/ha	HLO – A2
Humus de lombriz de vacuno + 0 t/ha (testigo)	HLV – A0
Humus de lombriz de vacuno + 2 t/ha	HLV – A1
Humus de lombriz de vacuno + 3 t/ha	HLV – A2
Humus de lombriz de alpaca + 0 t/ha (testigo)	HLA – A0
Humus de lombriz de alpaca+ 2 t/ha	HLA – A1
Humus de lombriz de alpaca + 3 t/ha	HLA – A2

3.5. Diseño experimental

El Trabajo de investigación fue conducido bajo el diseño completamente al azar, con un arreglo factorial de 3 (tipos de humus provenientes de tres tipos de estiércol) x 3 (niveles de dosis) 9 tratamientos, con 3 repeticiones, con un total de 27 unidades experimentales. Cuyo esquema de análisis de varianza (ANVA) es el siguiente:

Tabla 3. Diseño experimental de los análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variabilidad	Grados de libertad
Bloque	3
Tratamiento	9
Factor humus (H)	2
Factor dosis (D)	2
Interacción H x D	4
Error experimental	18
Total	26

El modelo lineal aditivo es el siguiente:



$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel del factor D, sujeto i-ésimo nivel de tratamiento H.

μ = Constante, media de la población al cual pertenece las observaciones.

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del FACTOR H

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del FACTOR D.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor H en el j-ésimo nivel del factor D

ε_{ijk} = Efecto del error experimental.

Para los parámetros proteína cruda, fibra cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente acida, materia seca y materia verde. Para el cálculo de varianza se realizó prueba de comparación múltiple de Tukey $P \leq 0.05$ de probabilidad por conducirse en condiciones de campo.

3.6. Variables de respuesta y observaciones

3.6.1. Variables de respuesta

- Contenido de proteína cruda (%)
- Contenido de fibra cruda (%)
- Contenido de fibra detergente neutra (%)
- Contenido de fibra detergente acida (%)
- Rendimiento de materia seca (%)
- Rendimiento de materia verde (%)
- Los costos de producción y rentabilidad económica



3.6.2. Observaciones

- Datos de temperatura máxima, mínima.
- Datos de precipitación pluvial
- Datos de humedad
- Presencia de plagas y enfermedades.
- Presencia de malezas.

3.7. Conducción del experimento

3.7.1. Procesamiento y obtención del humus de lombriz

A. Instalación en campo:

La instalación de los lechos consta de las siguientes mediciones: 1.10 m de largo, 0.70 m de ancho y 0.30 m de profundidad, estos fueron cubiertos por un plástico con la finalidad de evitar la fuga de las lombrices, así mismo permitió un mejor control durante su proceso y, mejor obtención del humus de lombriz.

B. Adición de Componentes al Lecho

Materia orgánica (estiércol de ovino, vacuno y alpaca) con las siguientes cantidades: 90 kg de estiércol de vacuno, ovino y alpaca para los lechos 1, 2 y 3 respectivamente; así mismo se agregó 2 kg de lombriz roja californiana (3 500 lombrices por kg), para el proceso de descomposición y su posterior obtención del humus de lombriz.

C. Cubierta de los Lechos

Se cubrieron con plástico de color amarillo, con el objetivo de dar condiciones ambientales óptimas para las lombrices; así mismo proporciono sombra puesto que no son resistentes al calor.



D. Riego

Se realizó durante todo el proceso de descomposición, dos veces por semana, esto como medio de soporte para las lombrices debido a que necesitan bastante humedad; paralelo al riego se realizó la aireación para dar oxigenación y una mejor descomposición de materia orgánica.

E. Proceso de Descompostaje

El proceso de compostaje tuvo una duración de 7 meses, en las cuales se trabajó con los siguientes aspectos importantes: humedad constante, remoción de substrato, ambiente apropiado y sombra adecuada; aspectos que permitieron realizar el proceso de descompostaje adecuado para la obtención de humus de lombriz de buena calidad.

3.7.2. Preparación de terreno

Se realizó en el mes de octubre del año 2019, con tractor agrícola, con arado de discos a una profundidad de 25 a 30 cm.; posteriormente se efectuó dos pasadas de rastra traccionadas por un tractor agrícola sobre el terreno, esto permitió el desterronado y el nivelado del terreno.

3.7.3. Marcado del terreno

Teniendo limpio y nivelado el suelo, se realizó el marcado del terreno experimental, de acuerdo al diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 3 x 3, por consiguiente, con la ayuda del flexómetro se procedió a tomar dimensiones de lastres tres repeticiones y 27 parcelas experimentales.



3.7.4. Abonamiento

El abonamiento se realizó en la fase fenológica de macollamiento, la forma de aplicación fue extender a nivel del suelo, alrededor de las plantas de avena, con aplicación manual previamente realizada los cálculos de requerimiento, de tipos y dosis de humus de lombriz para cada unidad experimental en estudio.

3.7.5. Siembra de avena forrajera

Se inició con fecha 22 de noviembre del 2019, densidad de siembra 120 kg/ha, variedad Vilcanota. El sistema de siembra que se utilizó fue al voleo. Posteriormente las semillas fueron cubiertas con una capa de tierra con trabajo manual con pico y rastrillo para favorecer la germinación.

3.7.6. Labores culturales

3.7.6.1. Deshierbo

En el campo de cultivo, son muchas las especies consideradas como malezas que compiten con las plantas sembradas, absorben nutrientes y agua, que afectan a los cultivos en su rendimiento. Las malezas fueron extraídas manualmente durante la fase fenológica de macollamiento.

Entre las principales malezas identificadas fueron:

- *Bromus unioloides* : “Cebadilla”
- *Brassica campestris* : “Nabo silvestre”
- *Tarasa cerratei* : “Malva Kora”
- *Bidens pilosa* : “Amor seco”
- *Erodium cicutarium* : “Auja auja”
- *Taraxacum officinalis* : “Diente de león”



3.7.7. Cosecha de forraje

Se realizó el 10 de abril del 2020 en la fase fenológica de grano lechoso con ayuda de cegador manual con 5 cm de la altura del suelo, se tomó un metro cuadrado de muestra de cada parcela, para determinar el rendimiento de materia verde, las muestras fueron pesadas; luego se codifico para su determinación en el laboratorio las características químicas, porcentaje de materia seca y materia verde.

3.8. Análisis en laboratorio de las características químicas

Fueron realizados en el laboratorio de aguas y suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, donde se obtuvo los siguientes análisis:

3.8.1. Determinación de proteína cruda

El contenido porcentual de nitrógeno total de las muestras de forraje, se determinó en el laboratorio de aguas y suelos de la FCA-UNA-Puno, para ello se utilizó el método de Micro Kjeldal, que mide el contenido en nitrógeno de una muestra, el contenido en proteína se calcula, presuponiendo una proporción entre la proteína y el nitrógeno para el forraje específico que está siendo analizando; este método es dividido, básicamente en 3 etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración, que posteriormente permite obtener el contenido de proteína cruda del forraje expresado en porcentaje con la siguiente formula:

$$\% N = \frac{\text{ml HCl} \times \text{Norm} \times \text{meq N}}{\text{pm}}$$

$$\% PC = \% N \times 6.25$$



Donde:

%N = porcentaje de nitrógeno

ml HCl = cantidad (ml) de ácido clorhídrico

Norm = normalidad del nitrógeno

meq = miniequivalente del nitrógeno

pm = peso de muestra

3.8.2. Determinación de fibra cruda

Determinado por el método proximal de Weende, método consistente en someter la muestra a ebullición con bromuro de cetiltrimetilamonio en medio ácido y posterior filtración y lavado del residuo finalmente su calcinación. La diferencia de pesos después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente. Solución de ácido sulfúrico 0.255N. que permitió determinar el contenido de fibra en la muestra de forraje con la siguiente formula:

$$aFDN (\% \text{ bs}) = 100 \times \{(t+aFDN) - [T1 \times (Tbco2/Tbco1)]\} / (MH1 \times MS105)$$

Donde:

% bs: porcentaje sobre base seca

MH1 (g): peso de la muestra

MS 105 (g/g): coeficiente de materia seca a 105 °C

T + aFDN (g): peso final de la bolsa con la fibra

T1 (g): peso de la bolsa vacía

Tbco1 (g): promedio de peso de bolsas para blanco inicial (previo a la digestión con detergente).

Tbco2 (g): promedio de peso de bolsas para blanco final (luego de la digestión con detergente).



3.8.3. Determinación de fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA)

Para determinar las fracciones de fibra detergente neutra y ácida se utilizó el método de Van Soest, método consistente en tratar la muestra de forraje con una solución detergente neutra, en seguida se hace que la hemicelulosa sea soluble, mediante el uso de un disolvente ácido detergente; el residuo, que contiene celulosa y lignina, se trata a continuación con ácido sulfúrico concentrado, disolviendo así la celulosa y dejando la lignina en el residuo, estos pasos permiten de manera separada determinar la fibra detergente neutra y la fibra detergente ácida de la muestra con la siguiente formula.

$$\text{FDA (\% bs)} = 100 \times \{ (T1 + \text{FDA}) - [T1 \times (\text{Tbco2} / \text{Tbco1})] \} / (\text{MH1} \times \text{MS105})$$

Donde:

% bs: porcentaje sobre base seca

MH1 (g): peso de la muestra

MS 105 (g/g): coeficiente de materia seca a 105 °C

T1 (g): peso de la tara de la bolsa

T + FDA (g): peso final de la bolsa con la fibra

Tbco1 (g): promedio de peso de bolsas para blanco inicial (previo a la digestión con detergente)

Tbco2 (g): promedio de peso de bolsas para blanco final (luego de la digestión con detergente)



3.8.4. Determinación de materia seca

Determinada en el laboratorio de aguas y suelos de la FCA-UNA-Puno; considerado importante esta determinación porque permite conocer la cantidad total de nutrientes que potencialmente pueden ser aprovechados por el animal, iniciando con el pesado de muestras para introducir a la estufa a una temperatura de 60 °C por 48 horas, concluido ese tiempo se retira para realizar molido de muestra y nuevamente el pesaje para determinar el contenido de materia seca del forraje expresado en porcentaje, con la siguiente formula:

$$\% H = (PMH - PMD) / PMH \times 100$$

$$\% MS = 100 - \% H^{\circ}$$

Dónde:

H° = Humedad

PMH = Peso de la muestra húmeda

PMD = peso de la muestra desecada

MS = Materia seca

3.8.5. Determinación de materia verde

Su rendimiento se determinó en cada parcela experimental y por unidades de producción, cosechando en el estado fenológico de grano lechoso; forma de pesaje utilizando una balanza manual (romana), posteriormente se calculó el rendimiento promedio de materia verde de 15 m² y realizando su proximidad a hectárea.

3.9. Costos y beneficio económico

3.9.1. Costos de producción

La determinación fue para cada tratamiento en estudio, agrupados en costos fijos y costos variables.



3.9.2. Relación beneficio / costos (B/C)

Se estimó la relación beneficio / costo a través de la siguiente ecuación matemáticas:

$$B/C = UB/CT$$

Donde:

B/C = Beneficio/costo

UB = Utilidad bruta o ingreso total

CT = Costo total de producción

3.9.3. Rentabilidad económica

Se estimó es base a la siguiente ecuación matemática

$$RE = \frac{IN}{CT} \times 100$$

Donde:

RE = Rentabilidad económica

IN = Ingreso neto

CT = Costo total de producción

CAPÍTULO IV

RESUSLTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características químicas

4.1.1. Proteína cruda

Realizada el análisis de varianza ANDEVA (Tabla 4) para proteína cruda (PC) indica que el factor humus (H) y factor dosis (D) resulta altamente significativo, por lo que, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a , al tener diferencia altamente significativa. Para determinar qué tipos de humus de lombriz (ovino, vacuno y alpaca) y, que niveles de dosis de humus (0 t/ha, 2 t/ha y 3 t/ha) se aplicara la prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$). (anexo 3 y 4)

Para la interacción de proteína cruda (PC) entre humus y dosis, se encontró una diferencia altamente significativa, en este caso se rechaza también la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a , por lo que, se tendrá que realizar la prueba de efectos simples (PES) por existir interacción entre ambos factores. El coeficiente de variabilidad (CV) obtenido fue de 5.53 % el cual se considera como muy eficiente.

Tabla 4. Análisis de varianza para proteína cruda (% PC) (datos transformados)

FV	GL	SC	CM	Fc	SIG
Tratamiento combinado	8	54.56	6.82	48.71	* *
Factor H	2	15.62	7.81	55.49	* *
Factor D	2	33.77	16.89	120.64	* *
Interacción H x D	4	5.17	1.26	9.21	* *
Error experimental	18	2.47	0.14		
Total	26	57.03			

CV = 5.53 %



Tabla 5, muestra la prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A1, se encontró una diferencia altamente significativa en los tipos de humus de lombriz de ovino (HLO), humus de lombriz de vacuno (HLV) y humus de lombriz de alpaca (HLA), bajo la dosis de dos toneladas por hectárea (A1), indicando que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A2, en esta interacción se encontró una diferencia altamente significativa entre los tipos de humus de lombriz (ovino, vacuno y alpaca) bajo el nivel de dos toneladas por hectárea (A2), lo que indica que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLO muestra una diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2) bajo el humus de lombriz de ovino (HLO), indicando que existe diferencia significativa en los niveles de dosis de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLV se encontró diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2), bajo el humus de lombriz de vacuno (HLV).

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLA se encontró diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2) bajo el humus de lombriz de alpaca (HLA).

Tabla 5. ANDEVA de efectos simples para la interacción “HxD”

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
H dentro de A0	2	0.75	0.38	2.71	3.56 - 6.02	NS
H dentro de A1	2	15.39	7.70	55.00	3.56 - 6.02	* *
H dentro de A2	2	4.66	2.33	16.64	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLO	2	19.40	9.70	69.29	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLV	2	11.63	5.82	41.57	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLA	2	7.91	3.96	28.29	3.56 - 6.02	* *
Error experimental	18	2.47	0.14			

Tabla 6. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para los efectos simples de la interacción tipo de humus x dosis para el contenido de proteína cruda (% PC)

Tipo	Dosis	Promedio	Significancia
HLO	3 t/ha (A2)	9.15	a
HLA	3 t/ha (A2)	7.64	b
HLV	3 t/ha (A2)	7.62	b
HLO	2 t/ha (A1)	8.53	a
HLA	2 t/ha (A1)	6.53	b
HLV	2 t/ha (A1)	5.36	c
HLO	0 t/ha (A0)	5.77	a
HLA	0 t/ha (A0)	5.34	b
HLV	0 t/ha (A0)	5.08	b

La prueba de Tukey $Pr \leq 0.05$ (Tabla 6) establece que existe diferencia significativa, en el caso del humus de lombriz de ovino con los tres niveles de dosis (3 t/ha, 2 t/ha y 0 t/ha) con un valor de 9.15, 8.53 y 5.77 % PC respectivamente, suficientemente superior al humus de lombriz de alpaca y vacuno, para 2 t/ha con un valor de 7.64 y 6.53 % PC y para 0 t/ha con un valor de 5.36 y 5.08 % PC respectivamente.



Flores (2019), aplico humus de lombriz fraccionado y no fraccionada, donde observo que la fraccionada tuvo mayor contenido con 8.60 % PC, al contrario que la no fraccionada 6.67 % PC. El presente estudio presenta resultados ligeramente superiores y demostrando el efecto del humus, a mayor dosis, mejor el contenido de proteína.

4.1.2. Fibra cruda

Tabla 7; Ejecutada el análisis de varianza ANDEVA para fibra cruda (FC) encontramos que, así como el factor humus (H) y el factor dosis (D) resulto altamente significativo, por lo que, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a al tener diferencia altamente significativa. Para determinar qué tipos de humus (ovino, vacuno y alpaca), y que niveles de dosis de humus (0 t/ha, 2 t/ha y 3 t/ha) se aplicara la prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$). (anexo 7 y 8)

Para la interacción de fibra cruda (FC) entre humus (H) y dosis (D) se encontró una diferencia altamente significativa, para esta interacción se rechaza también la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a , por lo que, se tendrá que realizar la prueba de efectos simples (PES) por existir interacción entre ambos factores. El coeficiente de variabilidad (CV) encontrado fue de 1.24 % el cual es considera como muy eficiente.

Tabla 7. Análisis de varianza para fibra cruda (% FC) (datos transformados)

FV	GL	SC	CM	Fc	SIG
Tratamiento combinado	8	321.41	40.18	574.00	* *
Factor H	2	88.92	44.46	635.14	* *
Factor D	2	83.27	41.64	594.86	* *
Interacciona H x D	4	149.22	37.31	53.00	* *
Error experimental	18	1.25	0.07		
Total	26	322.66			

CV = 1.24 %

Tabla 8, Prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A0, se encontró diferencia altamente significativa en los tipos de humus de lombriz de ovino (HLO), humus de lombriz de vacuno (HLV) y humus de lombriz de alpaca (HLA), bajo la dosis del testigo (A1), indicando que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A1, se encontró diferencia altamente significativa en los tipos de humus de lombriz de ovino (HLO), humus de lombriz de vacuno (HLV) y humus de lombriz de alpaca (HLA), bajo la dosis de dos toneladas por hectárea (A1), indicando que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A2 en esta interacción se encontró una diferencia altamente significativa entre los tipos de humus de lombriz (ovino, vacuno y alpaca) bajo el nivel de dos toneladas por hectárea (A2), lo que indica que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLO muestra una diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2) bajo el humus de lombriz de ovino (HLO) indicando que existe diferencia significativa en los niveles de dosis de humus.



Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLV se encontró diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2), bajo el humus de lombriz de vacuno (HLV).

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLA se encontró diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2) bajo el humus de lombriz de alpaca (HLA).

Tabla 8. ANDEVA de efectos simples para la interacción “HxD”

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
H dentro de A0	2	181.31	90.66	1295.14	3.56 - 6.02	* *
H dentro de A1	2	23.96	11.98	171.14	3.56 - 6.02	* *
H dentro de A2	2	33.86	18.43	263.27	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLO	2	20.85	10.43	149.00	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLV	2	149.04	74.52	1064.57	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLA	2	62.62	31.13	444.71	3.56 - 6.02	* *
Error experimental	18	1.25	0.07			

Tabla 9. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para los efectos simples de la interacción tipo de humus x dosis para el contenido de fibra cruda (% FC)

Tipo	Dosis	Promedio	Significancia
HLV	3 t/ha (A2)	17.82	a
HLO	3 t/ha (A2)	19.88	b
HLA	3 t/ha (A2)	22.49	c
HLV	2 t/ha (A1)	17.95	a
HLO	2 t/ha (A1)	21.25	a
HLA	2 t/ha (A1)	21.56	b
HLO	0 t/ha (A0)	17.59	a
HLV	0 t/ha (A0)	26.52	b
HLA	0 t/ha (A0)	27.56	c

La prueba de Tukey $Pr \leq 0.05$ (Tabla 9) muestra que existe diferencias significativas, en el caso del humus de lombriz de vacuno con 3 t/ha y humus de lombriz de ovino con 0 t/ha con un contenido de 17.82 y 17.59 % FC respectivamente, suficientemente superiores al humus de lombriz de ovino con 3 t/ha y humus de lombriz de vacuno con 0 t/ha con un valor de 19.88 y 26.52 % FC respectivamente; así mismo superiores al humus de lombriz de alpaca con 3 t/ha y 0 t/ha con un valor de 22.49 y 27.56 % FC respectivamente.

Por otra parte, el humus de lombriz de vacuno y ovino con 2 t/ha con valores de 17.95 y 21.25 % FC respectivamente, presentan igualdad, a su vez superioridad frente al humus de lombriz de alpaca con un valor de 21.56 % FC. Valores que indican la porción digestible del forraje, de manera parcial por microorganismos en el rumen del ganado. El presente estudio presenta valores con bajo contenido en fibra, indicador de contenido energético bueno.

4.1.3. Fibra detergente neutra

Tabla 10; Realizada el análisis de varianza ANDEVA para fibra detergente neutra (FDN) se obtuvo que, en ambos factores tanto como el factor humus (H) y el factor dosis (D) resulto altamente significativo, por lo que, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a al tener diferencia altamente significativa. Para determinar qué tipos de humus (ovino, vacuno y alpaca), y que niveles de dosis de humus (0 t/ha, 2 t/ha y 3 t/ha) se aplicara la prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$). (anexo 11 y 12)

Para la interacción de fibra detergente neutra (FDN) entre humus (H) y dosis (D) se encontró una diferencia altamente significativa, para esta interacción se rechaza también la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a , por lo que, se tendrá que realizar la prueba de efectos simples (PES) por existir interacción entre ambos factores. El coeficiente de variabilidad (CV) obtenido fue de 1.65 % el cual es considera como muy eficiente.

Tabla 10. Análisis de varianza para fibra detergente neutra (% FDN) (datos transformados)

FV	GL	SC	CM	Fc	SIG
Tratamiento combinado	8	476.34	59.94	297.70	* *
Factor H	2	218.92	109.46	547.30	* *
Factor D	2	158.58	79.29	396.45	* *
Interacciona H x D	4	98.84	24.71	123.55	* *
Error experimental	18	3.59	0.20		
Total	26	479.93			

CV = 1.65 %



Tabla 11, prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A0, se encontró diferencia altamente significativa en los tipos de humus de lombriz de ovino (HLO), humus de lombriz de vacuno (HLV) y humus de lombriz de alpaca (HLA), bajo la dosis del testigo (A1), indicando que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A1, se encontró diferencia altamente significativa en los tipos de humus de lombriz de ovino (HLO), humus de lombriz de vacuno (HLV) y humus de lombriz de alpaca (HLA), bajo la dosis de dos toneladas por hectárea (A1), indicando que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A2 en esta interacción se encontró una diferencia altamente significativa entre los tipos de humus de lombriz (ovino, vacuno y alpaca) bajo el nivel de dos toneladas por hectárea (A2), lo que indica que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLO muestra una diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2) bajo el humus de lombriz de ovino (HLO) indicando que existe diferencia significativa en los niveles de dosis de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLV se encontró diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2), bajo el humus de lombriz de vacuno (HLV).

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLA se encontró diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2) bajo el humus de lombriz de alpaca (HLA).

Tabla 11. ANDEVA de efectos simples para la interacción “HxD”

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
H dentro de A0	2	99.87	49.94	249.70	3.56 - 6.02	* *
H dentro de A1	2	104.65	52.33	261.65	3.56 - 6.02	* *
H dentro de A2	2	113.26	56.63	283.15	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLO	2	124.43	62.22	311.10	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLV	2	8.96	4.48	22.40	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLA	2	124.03	62.02	310.10	3.56 - 6.02	* *
Error experimental	18	3.59	0.20			

Tabla 12. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para los efectos simples de la interacción tipo de humus x dosis para el contenido de fibra detergente neutra (% FDN)

Tipo	Dosis	Promedio	Significancia
HLA	3 t/ha (A2)	25.96	a
HLV	3 t/ha (A2)	27.17	b
HLO	3 t/ha (A2)	34.02	c
HLV	2 t/ha (A1)	24.75	a
HLA	2 t/ha (A1)	27.40	b
HLO	2 t/ha (A1)	32.94	c
HLA	0 t/ha (A0)	19.09	a
HLO	0 t/ha (A0)	25.65	b
HLV	0 t/ha (A0)	26.25	c

La prueba de Tukey $Pr \leq 0.05$ (Tabla 12) muestra que existe diferencias significativas, en el caso del humus de lombriz de alpaca con 3 t/ha, de vacuno con 2 t/ha y de alpaca con 0 t/ha, con contenidos de 25.96, 24.75 y 19.09 % FDN respectivamente, suficientemente superiores al humus de lombriz de vacuno con 2 t/ha, humus de lombriz de alpaca con 2 t/ha y humus de lombriz de ovino con 0 t/ha con valores de 27.17, 27.40



y 25.65 % FDN respectivamente; así mismo superiores frente al humus de lombriz de ovino con 3 t/ha y 2 t/ha y el humus de lombriz de vacuno con 0 t/ha con valores de 34.02, 32.9 y 26.25 % FDN respectivamente. En el presente estudio se muestran valores aceptables, de acuerdo a Van Soest (1991), indica los forrajes con un contenido de $\text{FDN} < 40\%$ pueden ser considerados de buena calidad, mientras que aquellos con $\text{FDN} > 60\%$, pueden interferir con la digestión y el consumo.

4.1.4. Fibra detergente ácida

Tabla 13, Ejecutada el análisis de varianza ANDEVA para fibra detergente acida (FDA) se encontró que, tanto el factor humus (H) como el factor dosis (D) resulto altamente significativo, por lo que, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a al tener diferencia altamente significativa. Para determinar qué tipos de humus (ovino, vacuno y alpaca), y que niveles de dosis de humus (0 t/ha, 2 t/ha y 3 t/ha) se aplicara la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\text{Pr} \leq 0.05$). (anexos 15 y 16)

Para la interacción de fibra detergente acida (FDA) entre humus (H) y dosis (D) se encontró una diferencia altamente significativa, para esta interacción se rechaza también la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a , por lo tanto, se tendrá que realizar la prueba de efectos simples (PES) por existir interacción entre ambos factores. El coeficiente de variabilidad (CV) obtenido fue de 1.32 % el cual es considera como muy eficiente.

Tabla 13. Análisis de varianza para fibra detergente ácida (% FDA) (datos transformados)

FV	GL	SC	CM	Fc	SIG
Tratamiento combinado	8	532.34	66.54	415.88	* *
Factor H	2	304.86	152.43	952.67	* *
Factor D	2	44.25	22.13	138.31	* *
Interacciona H x D	4	183.23	45.81	28.31	* *
Error experimental	18	2.81	0.16		
Total	26	535.15			

CV = 1.32 %

Tabla 14, prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A0, se encontró diferencia altamente significativa en los tipos de humus de lombriz de ovino (HLO), humus de lombriz de vacuno (HLV) y humus de lombriz de alpaca (HLA), bajo la dosis del testigo (A1), indicando que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A1, se encontró diferencia altamente significativa en los tipos de humus de lombriz de ovino (HLO), humus de lombriz de vacuno (HLV) y humus de lombriz de alpaca (HLA), bajo la dosis de dos toneladas por hectárea (A1), indicando que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A2 en esta interacción se encontró una diferencia altamente significativa entre los tipos de humus de lombriz (ovino, vacuno y alpaca) bajo el nivel de dos toneladas por hectárea (A2), indicando que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLO muestra una diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea

(A1) y tres toneladas por hectárea (A2) bajo el humus de lombriz de ovino (HLO) indicando que existe diferencia significativa en los niveles de dosis de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLV se encontró diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2), bajo el humus de lombriz de vacuno (HLV).

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLA se encontró diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2) bajo el humus de lombriz de alpaca (HLA).

Tabla 14. ANDEVA de efectos simples para la interacción “HxD”

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
H dentro de A0	2	393.57	196.79	129.44	3.56 - 6.02	* *
H dentro de A1	2	8.81	4.41	27.56	3.56 - 6.02	* *
H dentro de A2	2	85.70	42.85	267.81	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLO	2	37.75	18.88	118.00	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLV	2	51.71	25.86	367.88	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLA	2	138.00	69.00	431.25	3.56 - 6.02	* *
Error experimental	18	2.81	0.16			

Tabla 15. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para los efectos simples de la interacción tipo de humus x dosis para el contenido de fibra detergente ácida (% FDA)

Tipo	Dosis	Promedio	Significancia
HLA	3 t/ha (A2)	25.58	a
HLV	3 t/ha (A2)	31.81	b
HLO	3 t/ha (A2)	32.89	c
HLA	2 t/ha (A1)	30.52	a
HLV	2 t/ha (A1)	32.27	b
HLO	2 t/ha (A1)	32.85	c
HLA	0 t/ha (A0)	20.93	a
HLO	0 t/ha (A0)	28.30	b
HLV	0 t/ha (A0)	37.11	c

La prueba de Tukey $Pr \leq 0.05$ (Tabla 15) muestra que existe diferencias significativas, en el caso del humus de lombriz de alpaca con 3 t/ha, 2 t/ha y 0 t/ha, con valores de 25.58, 30.52 y 20.93 % FDA respectivamente, suficientemente superiores al humus de lombriz de vacuno con 3 t/ha y 2 t/ha, y al humus de lombriz de ovino con valore de 31.81, 32.27 y 28.30 % FDA respectivamente; así mismo superiores frente al humus de ovino con 3 t/ha y 2 t/ha, y al humus de lombriz de vacuno con valores 32.89, 32.85 y 37.11 % FDA respectivamente. Los valores del presente estudio se corroboran con, Van Soest (1978) indica, conforme aumenta el contenido de FDA en los forrajes de avena, estos se vuelven menos digestibles y menos energéticos.

4.2. Rendimiento materia seca y materia verde

4.2.1. Materia seca

Tabla 16, efectuada el análisis de varianza ANDEVA para materia seca (MS) se halló que el factor humus (H) resulto significativo y el factor dosis (D) altamente

significativo por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a , al tener diferencia significativa y altamente significativa respectivamente. Para determinar qué tipos de humus de lombriz (ovino, vacuno y alpaca) y, que niveles de dosis de humus (0 t/ha, 2 t/ha y 3 t/ha) se aplicara la prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$).

Para la interacción de materia seca (MS) entre humus y dosis no se encontró una diferencia significativa, para este caso se rechaza la hipótesis alterna H_a y se acepta la hipótesis nula H_0 por lo que no es necesario realizar una prueba de efectos simples (PES) por no existir interacción entre ambos factores. El coeficiente de variabilidad (CV) encontrado fue de 1.91 % el cual se considera como muy eficiente.

Tabla 16. Análisis de varianza para materia seca (% MS) (datos transformados)

FV	GL	SC	CM	Fc	SIG
Tratamiento combinado	8	39.28	4.91	11.16	* *
Factor H	2	4.38	2.19	4.97	*
Factor D	2	33.23	16.62	37.77	* *
Interacciona H x D	4	1.67	0.42	0.95	NS
Error experimental	18	7.97	0.44		
Total	26	47.25			

CV = 1.91 %

Tabla 17; Realizada la prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para factor humus (H) de ovino, vacuno y alpaca, se encontró que el humus de lombriz de ovino (HLO) con un valor de 35.16 %, presenta el mayor rendimiento frente al humus de lombriz de alpaca (HLA) con un valor de 34.61 % y a su vez frente al humus de lombriz

de vacuno (HLV) con un valor de 34.17 %, estas dos últimas no presentan diferencia significativa entre sí; prueba realizada al 95 % de probabilidad.

Tabla 17. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para tipos de humus en el rendimiento de materia seca (% MS)

Humus de lombriz de ovino (HLO) 35.16	a
Humus de lombriz de alpaca (HLA) 34.61	b
Humus de lombriz de vacuno (HLV) 34.17	b

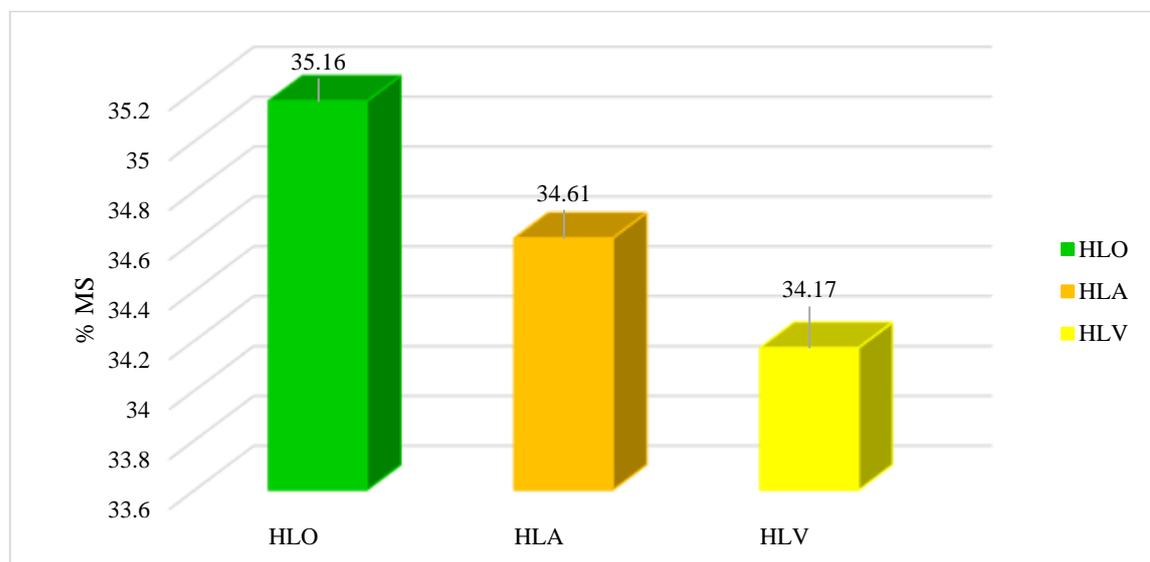


Figura 4. Rendimiento de materia seca (% MS) del forraje de avena en relación al tipo de humus.

La figura 4, muestra el comportamiento de la avena forrajera a diferentes tipos de humus, donde se aprecia que el humus de lombriz de ovino (HLO) muestra el mejor valor de materia seca con 35.16 % en relación a las de más. Al respecto Mamani (2016) reporta un promedio de $27.95 \pm 1.58\%$ de materia seca realiza en diferentes provincias de la región de Puno, valor que se aproxima al encontrado en el estudio.

Tabla 18; Ejecutada la prueba de comparación múltiple de TUKEY ($Pr \leq 0.05$) se determinó que la dosis tres toneladas por hectárea (A2) con valor de 36.11 %, presenta una diferencia significativa con respecto a la dosis dos toneladas por hectárea (A1) con valor de 34.41 %, y frente al testigo (A0) con valor de 33.43 %, así mismo existe diferencia significativa entre las dos últimas dosis; prueba realizada al 95 % de probabilidad.

Tabla 18. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para dosis de humus en el rendimiento de materia seca (% MS)

Tratamiento A2 (3 t/ha) 36.11	a
Tratamiento A1 (2 t/ha) 34.41	b
Tratamiento A0 (0 t/ha) 33.43	c

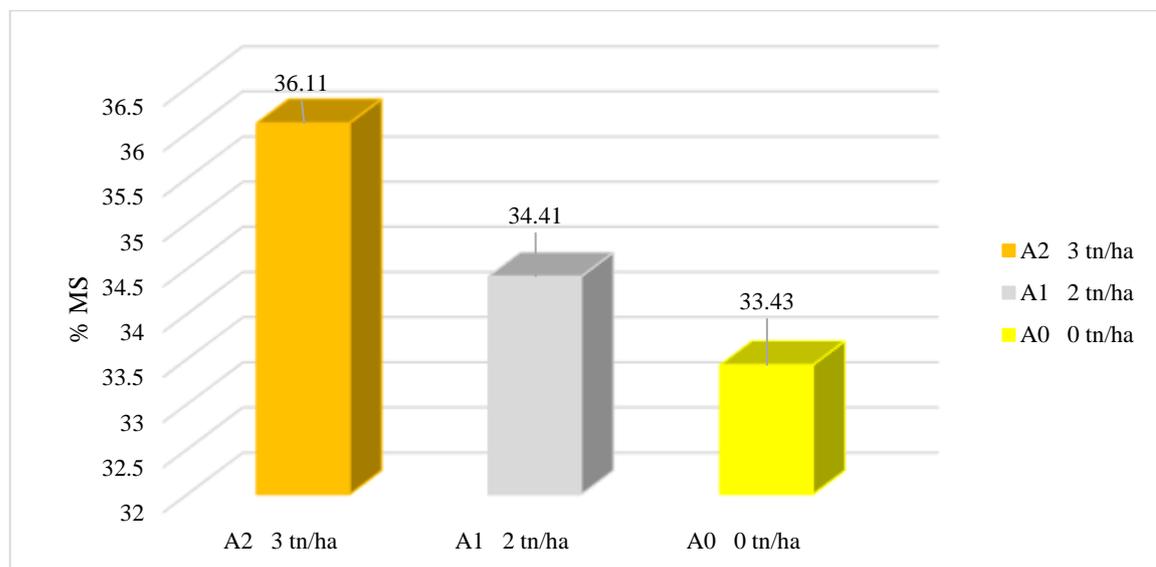


Figura 5. Contenido de materia seca (% MS) del forraje de avena en relación a niveles de dosis de humus

La figura 5, muestra el comportamiento de la avena forrajera a diferentes niveles de dosis de humus, se aprecia que la dosis tres toneladas por hectárea (A2) muestra el mejor valor de materia seca con 36.11 % MS en relación a las de más. Al respecto Flores

(2019) reporta para avena forrajera con dosis de humus de lombriz fraccionada 39.4 % MS, valor al que se aproxima, lo encontrado en el estudio.

4.2.2. Materia verde

Tabla 19, realizado el ANDEVA para materia verde (MV) se encontró que tanto el factor humus (H) como el factor dosis (D) resulto altamente significativo, por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a al tener diferencia altamente significativa. Para determinar qué tipos de humus (ovino, vacuno y alpaca), y que niveles de dosis de humus (0 t/ha, 2 t/ha y 3 t/ha) se aplicara la prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$). (anexo 21 y 22)

Para la interacción de materia verde (MV) entre humus (H) y dosis (D) se encontró una diferencia altamente significativa, en cuyo caso se rechaza también la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_a por lo que se tendrá que realizar la prueba de efectos simple (PES) por existir interacción entre ambos factores. El coeficiente de variabilidad (CV) encontrado fue de 2.73 % el cual se considera como muy eficiente.

Tabla 19. Análisis de varianza para materia verde (% MV) (datos transformados)

FV	GL	SC	CM	Fc	SIG
Tratamiento combinado	8	26.52	3.32	66.44	* *
Factor H	2	1.51	0.76	15.20	* *
Factor D	2	22.99	11.50	230.00	* *
Interacciona H x D	4	2.02	0.51	10.20	* *
Error experimental	18	0.87	0.05		
Total	26	27.39			

CV = 2.73 %



Tabla 20, prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A0, se encontró diferencia altamente significativa en los tipos de humus de lombriz de ovino (HLO), humus de lombriz de vacuno (HLV) y humus de lombriz de alpaca (HLA), bajo la dosis del testigo (A1), indicando que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A1, se encontró diferencia altamente significativa en los tipos de humus de lombriz de ovino (HLO), humus de lombriz de vacuno (HLV) y humus de lombriz de alpaca (HLA), bajo la dosis de dos toneladas por hectárea (A1), indicando que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para H dentro de A2 en esta interacción se encontró una diferencia altamente significativa entre los tipos de humus de lombriz (ovino, vacuno y alpaca) bajo el nivel de dos toneladas por hectárea (A2), lo que indica que existe diferencia significativa entre los tipos de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLO muestra una diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2) bajo el humus de lombriz de ovino (HLO) indicando que existe diferencia significativa en los niveles de dosis de humus.

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLV se encontró diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2), bajo el humus de lombriz de vacuno (HLV).

Prueba de efectos simples (PES) para D dentro de HLA se encontró diferencia altamente significativa entre los niveles de dosis, testigo (A0), dos toneladas por hectárea (A1) y tres toneladas por hectárea (A2) bajo el humus de lombriz de alpaca (HLA).

Tabla 20. ANDEVA de efectos simples para la interacción “HxD”

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	SIG
H dentro de A0	2	1.11	0.56	11.20	3.56 - 6.02	* *
H dentro de A1	2	1.09	0.55	11.00	3.56 - 6.02	* *
H dentro de A2	2	1.32	0.66	13.20	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLO	2	6.70	3.35	67.00	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLV	2	13.71	6.86	137.20	3.56 - 6.02	* *
D dentro de HLA	2	4.59	2.30	46.20	3.56 - 6.02	* *
Error experimental	18	0.87	0.05			

Tabla 21. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($Pr \leq 0.05$) para los efectos simples de la interacción tipo de humus x dosis para el contenido de materia verde (kg/m²)

Tipo	Dosis	Promedio	Significancia
HLV	3 t/ha (A2)	5.87	a
HLA	3 t/ha (A2)	5.50	b
HLO	3 t/ha (A2)	4.77	c
HLV	2 t/ha (A1)	5.47	a
HLO	2 t/ha (A1)	4.65	b
HLA	2 t/ha (A1)	4.57	b
HLA	0 t/ha (A0)	3.24	a
HLV	0 t/ha (A0)	2.90	b
HLO	0 t/ha (A0)	2.87	b

La prueba de Tukey $Pr \leq 0.05$ (Tabla 21) muestra que existe diferencias significativas, en el caso del humus de lombriz de vacuno y humus de lombriz de alpaca con 3 t/ha con un rendimiento de 5.87 y 5.50 kg/m² (58 700 y 55 000 kg/ha) MV respectivamente, suficientemente superior al humus de lombriz de ovino con 3 t/ha con un valor de 4.77 kg/m² (47 700 kg/ha) MV.



Por otra parte, el humus de lombriz de vacuno con 2 t/ha y el humus de lombriz de alpaca con 0 t/ha presentan superioridad con valores de 5.47 y 3.27 kg/m² (54 700 y 32 700 kg/ha) MV respectivamente, frente al humus de lombriz de ovino y alpaca con 2 t/ha con valores de 4.65 y 4.57 kg/m² (46 500 y 45 700 kg/ha) MV respectivamente, así mismo frente al humus de lombriz de vacuno y ovino con 0 t/ha con valores de 2.90 y 2.87 kg/m² (29 000 y 28 700 kg/ha) MV respectivamente. Al respecto, Mamani, (2016), reporta el rendimiento de biomasa, en la variedad “INIA 904 Vilcanota I” 4.60 kg/m² (46 000 kg/ha), seguido de la variedad “INIA 902 La Africana” con 4.40 kg/m² (44 000 kg/ha). El presente estudio muestra valores similares, considerados buenos para la producción de forraje.

4.3. Costos de producción y rentabilidad económica

4.3.1. Costos de producción

Se calcularon desde inicio del trabajo de investigación en base a una parcela experimental por cada tratamiento, tomando como referencia económica los costos del mercado local, para tal efecto, se proyectaron los cálculos para una hectárea de superficie, de tal forma, se estimaron en función a costos fijos y costos variables, por lo que se detalla la tabla del anexo para los tratamientos (HLOA2), (HLOA1), (HLOA0), (HLVA2), (HLVA1), (HLVA0), (HLAA2), (HLAA1) y (HLAA0), respectivamente.

4.3.2. Costos variables

Los costos variables se obtuvo de la siguiente manera: en la preparación de terreno que consta de aradura, rastrado, y nivelado del terreno , cuyo monto asciende a S/.370.00, estimado para todo los tratamientos; los insumos que están compuesto por



semilla de avena, estiércol de vacuno, ovino, alpaca y lombriz roja californiana asciende a S/.4680.00 dependiendo al tratamiento; las labores abonado, siembra manual y tapado de semilla, también labores culturales y la cosecha de forraje verde, estimado en jornales, cuyo costo promedio es de S/. 650.00, los costos varían dependiendo a los jornales de abonamiento de los tratamientos en estudio.

4.3.3. Costo fijo

Los costos fijos se determinaron de la siguiente manera: se ha tomado en cuenta los gastos sobre el uso de terreno y gastos administrativos, cuyo monto asciende a S/. 2500.00, que representa el 5% del costo del cultivo de avena forrajera para cada tratamiento.

4.3.4. Costo total

El costo total fue determinado de la siguiente forma: se realizó la sumatoria de costos variables y costos fijos, que se muestran en los anexos 23 al 31 se puede visualizar los costos totales de producción por tratamientos en estudio; donde los resultados muestran lo siguiente:

- Tratamiento con mayor costo: la dosis tres toneladas por hectárea (A2) cuyo monto es de S/. 6105.00
- Tratamiento con menor costo: el testigo con dosis cero toneladas por hectárea (A0) cuyo monto haciende a S/. 4605.00

El costo de producción en el presente estudio es ligeramente superior a lo reportado por, Zea, 2017, en cultivo de avena variedad “Africana INIA 902” con un costo



total de producción de S/. 4646.87y la menor inversión con un menor S/. 3402.24 en la variedad “Africana INIA 902”.

Por otro lado, Flores (2019) reporta los costos de producción como el mayor costo de producción con un monto de S/. 7773.94, y con un mínimo costo con S/. 3069.94 realizadas con corte de cegador manual en el cultivo de avena forrajera variedad INIA902 – Africana, con fertilización fraccionada de nitrógeno y abonos orgánicos; resultados que son superiores encontrados en el presente estudio.

4.3.5. Análisis económico

4.3.5.1. Ingreso total

Los resultados del ingreso total de producción de avena forrajera, se estimó en base a la materia verde por hectárea del cultivo y la venta del forraje verde. El costo de venta se relacionó con los costos vigentes en el mercado y considerando el precio en chacra, de tal forma el ingreso neto presenta los siguientes resultados:

- Tratamiento con mayor ingreso neto: humus de lombriz de vacuno (HLV) con una dosis de dos toneladas por hectárea (A2), con un monto de S/ 9,145.00.
- Tratamiento con menor ingreso neto: humus de lombriz de alpaca (HLA) el testigo con dosis cero toneladas por hectárea (A0), con un monto de S/ 2,395.00.

Los resultados en el presente trabajo fueron superiores en el ingreso total respecto a, Flores, (2019), que tuvo un ingreso total en producción de avena forrajera variedad INIA902 – Africana, con fertilización fraccionada de nitrógeno y abonos orgánicos quien obtuvo ingreso del tratamiento A1B2 con S/. 686.06 nuevos soles y un bajo ingreso fue A1B0 con S/. – 2531.69 con la aplicación de nitrógeno y estiércol de lombriz; el cual es inferior a los valores obtenidos en costo más bajo del estudio.



4.3.5.2. Rentabilidad económica

Los resultados de rentabilidad económica se muestran de la siguiente manera:

- Tratamiento con rentabilidad alta: humus de lombriz de vacuno (HLV) con dos toneladas por hectárea (A1) que presenta una rentabilidad de 154.24 %, y una relación de B/C de S/. 2.54.
- Tratamiento con rentabilidad media: humus de lombriz de ovino (HLO) con una dosis de dos toneladas por hectárea (A1) que presenta una rentabilidad de 111.86 % y una relación B/C de S/. 2.12
- Tratamiento con rentabilidad baja: humus de lombriz de alpaca (HLA) con cero toneladas por hectárea (A0) que presenta una rentabilidad de 52.00. % y una relación de B/C de S/. 1.52.

La rentabilidad obtenida por, Zea, (2017), evidencia que el tratamiento conformado por el sistema mecanizado con segadora rotativa de tambor con la variedad “Africana INIA 902” tuvo mayor rentabilidad con 173.12% y Relación B/C de 2.73, seguido del semi mecanizado con moto guadaña y variedad africana con 126.03% y R B/C de 2.26 y en último lugar el sistema tradicional con segadera manual con 99.96% y R B/C de 1.99 con la variedad “Africana INIA 902” cuyos valores de rentabilidad son ligeramente superiores frente a lo obtenido en el estudio.

4.3.6. Cuadro resumen del costo de producción

Tabla 22. Cuadro resumen del costo de producción

RUBRO	TRATAMIENTO											
	HLO			HLV			HLA					
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2			
Rendimiento t/ha	29 t	47.5 t	49 t	28 t	57 t	61 t	28 t	46 t	55 t			
Costo de Producción	S/. 4605.00	S/. 5605.00	S/. 6105.00	S/. 4,605.00	S/. 5605.00	S/. 6105.00	S/. 4,605.00	S/. 5,605.00	S/. 6,105.00			
Rentabilidad Económica	57.44 %	111.86 %	100.65 %	52.00 %	154.24 %	149.78 %	52.00 %	105.17 %	125.23 %			
Costo Beneficio	S/. 1.57	S/. 2.12	S/. 2.00	S/. 1.52	S/. 2.54	S/. 2.50	S/. 1.05	S/. 2.05	S/. 2.25			



V. CONCLUSIONES

- a. Para la variable proteína cruda (PC) en relación al tipo de humus, el humus de lombriz de ovino (HLO) con una dosis de 3 t/ha (A2) alcanzó un valor de 9.15 % PC; fibra cruda (FC) con respecto a tipos de humus (HLO, HLV y HLW), los valores se encuentra en un intervalo de 17.82 a 27.52 % FC; fibra detergente neutra (FDN) con respecto a tipos de humus (HLO, HLV y HLW), se muestra valores en un rango de 19.09 a 32.94 % FDN; fibra detergente ácida (FDA) con respecto a tipos de humus (HLO, HLV y HLW), los valores se muestran en un rango de 20.93 a 32.89 % FDA; los valores del estudio indican, que la avena forrajera es de buena calidad.

- b. Materia seca (MS) con respecto a tipo de humus, el humus de lombriz de ovino (HLO) con una dosis de 3 t/ha (A2) alcanzó un valor de 63.11 % MS; materia verde (MV) en relación a tipo de humus, el humus de lombriz de vacuno (HLV) con una dosis de 3 t/ha (A2) alcanzó 6.10 kg/m² (61 000 kg/ha) MV.

- c. La dosis tres toneladas por hectárea (A2) alcanzó S/. 6105.00, tratamiento con el mayor costo; el testigo con dosis cero toneladas por hectárea (A0) alcanzó S/. 4605.00 tratamiento con el menor costo. Rentabilidad económica, ha obtenido el humus de lombriz de vacuno (HLV) con dos toneladas por hectárea (A1) logrando alcanzar 154.24 % de rentabilidad, y una relación de B/C de S/. 2.54.



VI. RECOMENDACIONES

- a. Aplicar humus de lombriz de ovino con 3 t/ha para incrementar el contenido de proteína cruda, y obtener contenidos óptimos y aceptables, de fibra cruda, fibra detergente neutra y ácida.
- b. Efectuar humus de lombriz de ovino y vacuno con una dosis de tres toneladas por hectárea para incrementar rendimientos de materia seca y materia verde respectivamente.
- c. Para rentabilidad económica, aplicar, humus de lombriz de vacuno con una dosis de dos toneladas por hectárea, debido a la rentabilidad generados en el presente estudio; así mismo los insumos presentan precios accesibles en el mercado.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anwar, A.; Ansar, M.; Nadeem, M.; Ahmad, G.; Khan, S. and Hussain, A. (2010). *Performance of nontraditional winter legumes with oats for forage yield under rainfed conditions*. J. Agric. Res. 48(2): 171-180.
- Agropuno. (2015). *Síntesis agraria*. Recuperado el 18 de 09 de 2019, de Dirección Estadística Agraria e Informática Puno, Perú: <http://www.agropuno.gob.pe>.
- BERATTO, E. 2002. *Avena, Calidad del Grano, Comercialización Agroindustria y Exportación*. Boletín divulgativo N° 87. Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, Chile. 40 p
- Bollo E. 2001. *Lombricultura: una alternativa de reciclaje*. Editorial Oboc Grafic. Tercera edición. Quito. Ecuador. 150 p.
- CALDERON C. J., 1981 “*Cultivo de avena*” Folleto UNCP. Puno
- CARHUANCHO, L. (2012). *Aprovechamiento del estiércol de gallina para elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola*. Tesis de Ingeniero Ambiental. Biblioteca Agrícola Nacional, código: P06 C375-T. UNALM. Lima – Perú. 143 p.
- Cherney, J. H., and Cherney, D. J. R. (2005). *Agronomic response of cool season grasses to low-intensity harvest management and low potassium fertility*. Agron. J. 97:1216–1221.
- Choque, J. M. (2005). *Producción y manejo de especies forrajeras*. 1ra Edición. Editorial Universitaria UNA Puno, Perú. 306 pp.
- Coblentz, W. K. and Walgenbach, R. P. (2010). *Fall growth, nutritive value, and estimation of total digestible nutrients for cereal-grain forages in the north-central United States*. J. Anim. Sci. 88:383-399.



- Cotacallapa, F. H. (1998). *Retos y oportunidades del sistema de producción de leche*. 1ra Edición. Editorial FMVZ UNA Puno, Perú. 226 pp.
- Dumont, L. J. C.; Anrique, R. G. y Alomar, C. D. (2005). *Efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos*. *Agric. Téc.* 65(4):388-396.
- Durán L. y Henríquez C. 2007. *Caracterización física, química y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco substratos orgánicos*. *Agronomía Costarricense*. Costa Rica. 41-51 p.
- Escobar C. 2001. *Bioabonos agricultura para desarrollar una agricultura sostenible. Programa nacional de tecnología agropecuaria*. Edit. Graficas Florencia. Primera edición. Caquetá. Colombia. 96-104 p.
- Espitia R. E.; Villaseñor H. E.; Tovar, R. G., De la Olán O. M. y Limón, O. A. (2012). *Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera*. *Rev. Méx. Cienc. Agr.* 3(4):771-783.
- FAO (2012). *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fodder Oats; a World Overview*. Agriculture Department. Plant Production and Protection, Series No. 33. J M Suttle, S G Reynolds (eds.). Disponible en: www.fao.org/docrep/008/y5765e/y5765e00.
- Flores (2019). *Producción de avena forrajera (avena sativa L.) con fertilización fraccionada de nitrógeno y abonos orgánicos en el C.I.P. camacani*. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Fuentes J. 2007. *La crianza de lombriz roja. Servicio de extensión agraria*. Editorial Acriba. 2da edición. Madrid. España. 76 p.



- García M. 2013. *Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana*. Certamen Nacional Universitarios por el Desarrollo. México. 217-225 p.
- Gonzales R. 2009. *Apuntes sobre lombricultura*. Instituto para la producción e investigación de la agricultura tropical (IPIAT). 91 p.
- Huallata, R. A. (2010). *Composición química de los forrajes de la época seca en el altiplano*. Tesis de MVZ. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- INIA Cusco (2010). *Avena forrajera INIA-903 Tayko Andenes*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación Experimental Agraria Andenes. Cusco, Perú. 26 pp.
- JUÁREZ Uribe, Raquel. *Reciclaje de lodos residuales de la industria del papel mediante lombricultura utilizando la especie "Lombriz roja californiana" Eisenia foétida*. Tesis (Magister Scientiae). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2010.
- López A., Hernández M. y Elorza P. 2003. *Evaluación de la densidad de población de la lombriz compostera (Eisenia andrei)*. Revista Udo agrícola. 12-16 p.
- López, V. A.; Morales, S.; Cabrera, C. R. y Arias, M. (2001). *Ingestión y digestibilidad aparente de forrajes por la llama (Lama glama)*. II. heno de trébol rosado (*Trifolium pratense*), heno de ballica (*Lolium multiflorum*), paja de poroto (*Phaseolus vulgaris*) y paja de avena (*Avena sativa*).
- Lupin, H. (1998). *Ingeniería Económica Aplicada a la Industria*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina.
- Mamani E. 2011. *Materia orgánica y producción de abonos orgánicos para la agricultura ecológica*. Unidad de publicaciones UNA-Puno. Primera edición. Puno, Perú. 223 p.



- Mamani, J. (2016). *Rendimiento, valor nutricional, ventaja comparativa y competitiva en la región Puno*. Recuperado el 11 de junio de 2019. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3733>
- Martínez C. 2000. *Lombricultura. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación*. Ed. Texcoco. 11va edición. México. 68 p.
- Mirabelli E. 2008. *El compostaje proyectado a la lombricultura*. Ed. Hemisferio Sur. 1ra edición. Buenos Aires. Argentina. 324 p.
- Montoya, k. (2017). *Características agronómicas y valor nutricional de 7 cultivos forrajeros bajo secano en la sierra central*. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Navarro, J. (2017). *Relación costo beneficio*. Recuperado el 18 de septiembre de 2019, de ABC Finanzas.com. Recuperado de: <https://www.abcf Finanzas.com/administracion-financiera/relacion-costo-beneficio>
- NOLI, C., ORDOÑEZ, J. y PERALTA, E. 2008. *Caracterización agronómica de la producción de forraje de líneas promisorias de avena forrajera en campo de productores en la sierra central*. En: XXXI Reunión científica anual de la asociación peruana de producción animal. Libro de resúmenes y programa oficial. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Núñez, G.; Payán, J. A.; Peña, A.; González, F.; Ruiz, O. y Arzola, C. (2010). *Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México*. *Téc Pecu Méx*; 1(2):85-98.
- Nuño, P. (2017). *Costos fijos*. Recuperado el 18 de septiembre de 2019, de Endrende Pyme.net. Recuperado de: <https://www.emprendepyme.net/costes-fijos.html>



- Obando R. 2008. *Lomibricultura alternativa para el manejo racional de los desechos del banano*. Dirección de protección ambiental. Editorial Corbana. San José, Costa Rica. 17-19 p.
- Pineda R. 2006. *Lombricultura. Humus de lombriz, preparación y uso*. Centro de investigación y promoción del campesinado (CIPCA). Piura. Perú. 97 p.
- Ramírez, S.; Domínguez, D.; Salmerón, J. J.; Villalobos, G. y Ortega, J. A. (2015). *Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte*. Rev Arch. Zootec, 64(247): 237-244.
- Riquelme, M. (2019). *Costos Variables – Definición Y Ejemplos*. Recuperado el 18 de septiembre de 2019, de Web y Empresas. Recuperado de: <https://www.webyempresas.com/costos-variables>
- Rodríguez, A. 2005. *Producción y calidad de abono producido por medio de Eisenia Foetida (lombriz Roja Californiana) su capacidad reproductiva en tres densidades y seis substratos*. Memoria XVIII Simposio Latinoamericano de caficultura, IICA /Promecafe, San José. Costa Rica. 109-113 p.
- Romero L. 2010. *Influencias de la lombriz roja en la fertilidad del suelo y propiedades químicas que actúan en ella*. Vol.4, N°1. Madrid. España. 50 p.
- Ruiz A. 2005. *Manual de producción de humus*. Proyecto manejo sostenible de residuos sólidos en la ciudad de Carhuaz e impulso de planificación y gestión ambiental municipal. Ancash. Perú. p 32.
- Salmerón, Z. J. J.; Meda, F. J. y Barcena, J. R. (2003). *Variedades de avena y calidad nutricional del forraje*. Folleto Técnico N° 17. CESICH- CIRNOCINIFAP-SAGARPA. Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. 43 p.



- Sánchez J., Heald J., Kingston A., Winters A., Rubiales D., Sanz M., Mur L. y Prats E. 2015. *A metabolic study in oats (Avena sativa) highlights a drought tolerance mechanism based upon salicylate signaling pathways and the modulation of carbon antioxidant and photooxidative metabolism*. Plant, Cell & Environment. 38, 1434-1452.
- SENAMHI (2016). *Información meteorológica*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Puno. Disponible en <http://puno.senamhi.gob.pe/web/>.
- Tapia, M. (2007). *La Ganadería en el Altiplano de Puno. Una visión, técnica, económica social y ambiental*. El problema agrario en debate SEPIA XII, Tarapoto, San Martín, Perú. 23 p.
- Tarqui, J. (2014). *Determinación de tres niveles de orina humana y densidad de siembra en el cultivo de avena (Avena sativa L.) en la comunidad Villandrani, la Paz*. Universidad Mayor de San Andres. La Paz, Bolivia.
- Tineo B. 1996. *Estudio preliminar de algunos aspectos reproductivos de tres especies de lombrices de tierra*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho. Perú. 24-25 p.
- Tortosa, G., Alburquerque, J., Ait-Baddi, G., Cegarra, J. (2012). *The production of commercial organic amendments and fertilisers by composting of two-phase olive mill waste ("alperujo")*. Journal of Cleaner Production, 26, 48-55 DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.12.008.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. and Lewis, B. A. (1991). *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition*. J. Dairy Sci. 74:3583-3589.
- Wadhwa, M.; Kaur, K. and Sukhchain, N. (2010). *Nutritional evaluation of new oats variety as fodder*. Indian Journal of Animal Sciences. 80(10): 1011-1013.



Yzarra, W. (2011). *Manual de observaciones fenológicas*. servicio nacional de meteorología e hidrología. Lambayeque, Perú.

Zea, E. (2017). *Evaluación de sistemas de corte de avena forrajera (Avena sativa L.) en el C.I.P. Illpa, Puno*. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.



ANEXOS

Anexo 1: Datos crudos de proteína cruda (% PC)

REPETICIÓN	HLO			HLV			OLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
I	0.94	2.23	2.26	0.81	0.89	1.93	0.86	1.61	1.83
II	1.18	2.32	2.78	0.79	0.90	2.07	0.91	1.14	1.78
III	1.05	2.18	2.31	0.75	0.83	1.42	0.83	1.22	1.81

Anexo 2: Datos transformado con transformación angular de arco seno de proteína cruda (PC)

REPETICIÓN	HLO			HLV			HLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
I	5.56	8.53	9.28	5.16	5.41	7.92	5.32	7.27	7.71
II	6.02	8.72	9.46	5.10	5.44	8.13	5.47	6.02	7.49
III	5.74	8.33	8.72	4.97	5.23	6.80	5.23	6.29	7.71
TOTAL	17.32	25.58	27.46	15.23	16.08	22.85	16.02	19.58	22.91
PROMEDIO	5.77	8.53	9.15	5.08	5.36	7.62	5.34	6.53	7.64

Anexo 3: Prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para tipos de humus en el contenido de proteína cruda (% PC)

Humus de lombriz de ovino (HLO) 7.82	a
Humus de lombriz de alpaca (HLA) 6.50	b
Humus de lombriz de vacuno (HLV) 6.02	c



Anexo 4: Prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para dosis de humus en el contenido de proteína cruda (% PC)

Tratamiento A2 (3 t/ha) 8.14	a
Tratamiento A1 (2 t/ha) 6.80	b
Tratamiento A0 (0 t/ha) 5.40	c

Anexo 5: Datos crudos de fibra cruda (% FC)

REPETICIÓN	HLO			HLV			HLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
I	9.08	13.37	11.72	20.20	9.16	9.77	21.46	13.89	14.89
II	9.15	13.09	11.20	19.73	10.01	9.45	21.37	13.59	14.66
III	9.26	13.19	11.89	19.92	9.43	9.09	21.59	13.19	14.43

Anexo 6: Datos transformado con transformación angular de arco seno de fibra cruda (FC)

REPETICIÓN	HLO			HLV			HLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
I	17.46	21.39	20.00	26.71	17.56	18.15	27.56	21.89	22.71
II	17.56	21.13	19.55	26.35	18.44	17.85	27.49	21.56	22.46
III	17.66	21.22	20.09	26.49	17.85	17.46	27.63	21.22	22.30
TOTAL	52.68	63.74	59.04	79.5	53.85	53.46	82.68	64.07	67.47
PROMEDIO	17.56	21.25	19.88	26.52	17.95	17.82	27.56	21.56	22.49

Anexo 7: Prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para tipos de humus en el contenido de fibra cruda (% FC)

Humus de lombriz de alpaca (HLA) 23.87	a
Humus de lombriz de vacuno (HLV) 20.76	b
Humus de lombriz de ovino (HLO) 20.05	c

Anexo 8: Prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para dosis de humus en el contenido de fibra cruda (% FC)

Tratamiento A0 (0 t/ha) 23.88	a
Tratamiento A1 (2 t/ha) 20.25	b
Tratamiento A2 (3 t/ha) 20.05	c

Anexo 9: Datos crudos de fibra detergente neutra (% FDN)

REPETICIÓN	HLO			HLV			HLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
I	18.49	29.68	31.34	19.44	17.91	21.00	10.43	21.19	19.08
II	19.59	29.67	31.91	19.85	17.33	22.43	10.42	21.35	19.27
III	18.35	29.41	30.78	19.52	17.42	19.20	10.71	21.17	19.36

Anexo 10: Datos transformado con transformación angular de arco seno de fibra detergente neutra (FDN)

REPETICIÓN	HLO			HLV			HLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
I	25.40	32.96	34.02	26.13	25.03	27.28	18.81	27.35	25.84
II	62.21	33.02	34.39	26.42	24.58	28.25	18.81	27.49	25.99
III	25.33	32.83	33.65	26.21	24.65	25.99	19.09	27.35	26.06
TOTAL	76.94	98.81	102.06	78.76	74.26	81.52	57.71	82.19	77.89
PROMEDIO	25.65	32.94	34.02	26.25	24.75	27.17	19.09	27.40	25.96

Anexo 11: Prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para tipos de humus en el contenido de fibra detergente neutra (% FDN)

Humus de lombriz de ovino (HLO) 30.87	a
Humus de lombriz de vacuno (HLV) 26.06	b
Humus de lombriz de alpaca (HLA) 24.09	c

Anexo 12: Prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para dosis de humus en el contenido de fibra detergente neutra (% FDN)

Tratamiento A2 (3 t/ha) 29.05	a
Tratamiento A1 (2 t/ha) 28.36	b
Tratamiento A0 (0 t/ha) 23.60	c

Anexo 13: Datos crudos de fibra detergente ácida (% FDA)

REPETICIÓN	HLO			HLV			HLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
I	9.08	13.37	11.72	20.20	9.16	9.77	21.46	13.89	14.89
II	9.15	13.09	11.20	19.73	10.01	9.45	21.37	13.59	14.66
III	9.26	13.19	11.89	19.92	9.43	9.09	21.59	13.19	14.43

Anexo 14: Datos transformado con transformación angular de arco seno de fibra detergente ácida (FDA)

REPETICIÓN	HLO			HLV			HLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
I	28.52	32.96	32.08	36.99	32.39	32.20	20.79	30.00	25.55
II	28.33	32.83	32.27	36.93	32.46	32.39	20.96	30.46	25.48
III	28.04	32.77	32.83	37.41	31.65	30.85	21.05	31.11	25.70
TOTAL	84.89	98.56	97.18	111.33	96.80	95.44	62.80	91.57	76.73
PROMEDIO	28.30	32.85	32.39	37.11	32.27	31.81	20.93	30.52	25.58



Anexo 15: Prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para tipos de humus en el contenido de fibra detergente ácida (% FDA)

Humus de lombriz de vacuno (HLV) 33.73	a
Humus de lombriz de ovino (HLO) 31.18	b
Humus de lombriz de alpaca (HLA) 25.68	c

Anexo 16: Prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para dosis de humus en el contenido de fibra detergente ácida (% FDA)

Tratamiento A2 (3 t/ha) 29.05	a
Tratamiento A1 (2 t/ha) 28.36	b
Tratamiento A0 (0 t/ha) 23.60	c

Anexo 17: Datos crudos de materia seca (% MS)

REPETICIÓN	HLO			HLV			HLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
I	32.38	31.62	36.44	31.10	29.66	33.51	32.52	32.37	33.25
II	30.09	32.91	36.83	29.83	32.45	34.29	29.55	32.22	34.93
III	29.72	33.16	35.93	29.14	31.33	33.19	29.21	32.17	34.79

Anexo 18: Datos transformado con trasformación angular de arco seno de materia seca (MS)

REPETICIÓN N	HLO			HLV			HLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
				33.8					
I	34.63	34.20	37.11	9	32.96	35.37	34.76	34.63	35.18
II	33.21	35.00	37.35	33.0	34.70	35.79	32.90	34.57	36.21
III	33.02	35.12	36.81	5	34.02	35.12	32.71	34.51	36.09
TOTAL	100.8 6	104.3 2	111.2 7	99.63	101.6 8	106.2 8	100.3 7	103.7 1	107.4 8
PROMEDIO	33.62	34.77	37.09	33.2 1	33.89	35.43	33.46	34.57	35.83

Anexo 19: Datos crudos de materia verde (kg/ha) en 15 m²

REPETICIÓN	HLO			HLV			HLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
I	43.50	71.25	73.50	42.00	85.50	91.50	42.00	69.00	82.50
II	43.50	70.50	69.00	40.05	76.50	84.00	48.50	73.50	81.00
III	42.00	6.50	72.00	48.00	84.00	88.50	55.50	63.00	84.00

Anexo 20: Datos transformados de materia seca con $\sqrt{x + 1}$

REPETICIÓN	HLO			HLV			HLA		
	A0	A1	A2	A0	A1	A2	A0	A1	A2
I	6.67	8.50	8.63	6.56	9.30	9.62	7.62	8.37	9.14
II	6.67	8.46	8.37	6.44	8.80	9.22	7.04	8.63	9.06
III	6.56	8.27	8.54	7.00	9.22	9.46	7.52	8.00	9.22
TOTAL	19.90	25.23	25.54	20.00	27.32	28.30	22.08	25.00	27.42
PROMEDIO	6.63	8.41	8.51	6.67	9.11	9.43	7.39	8.33	9.14



Anexo 21: Prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para tipos de humus en el rendimiento de materia verde (% MV)

Humus de lombriz de vacuno (HLV) 8.40	a
Humus de lombriz de ovino (HLO) 8.29	a
Humus de lombriz de alpaca (HLA) 7.85	c

Anexo 22: Prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para dosis de humus en el rendimiento de materia verde (% MV)

Tratamiento A2 (3 t/ha) 9.03	a
Tratamiento A1 (2 t/ha) 8.62	b
Tratamiento A0 (0 t/ha) 6.89	c



Anexo 23: Costo de producción y análisis económico para el tratamiento HLO A2 (3 t/ha)

RUBRO	UNID	CANT	PRECIO UNI (S/.)	C. TOTAL (S/.)
I. COSTOS VARIABLES				S/. 5,730.00
1. Preparación Del Terreno				
Arado	hr/maq	4	S/. 45.00	S/. 180.00
Rastra	hr/maq	2	S/. 55.00	S/. 110.00
Nivelado	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
2. INSUMOS				
Semilla De Avena	kg	120	S/. 4.50	S/. 540.00
Estiércol De Ovino	kg	3000	S/. 0.50	S/. 1,500.00
Lombriz Roja Californiana	kg	66	S/. 40.00	S/. 2,640.00
3. ABONAMIENTO Y SIEMBRA				
Abonamiento	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Siembra Manual	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Tapado De Semilla	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
4. LABORES CULTURALES				
Deshierbo	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Drenaje	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
5. COSECHA				
Corte: Ciega Manual	jornal	5	S/. 50.00	S/. 250.00
Transporte				
Insumos Agrícolas	pasaje	1	S/. 30.00	S/. 30.00
COSTOS FIJO				
Terreno	ha	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Gastos Administrativos	%	5	S/. 2,500.00	S/. 125.00
TOTAL				S/. 6,105.00

Análisis económico (hectárea)

Rendimiento de MV	kg/ha	49,000.00
Costo Total Cultivo	S/.	6,105.00
Precio	S/.	0.25
Ingreso Bruto	S/.	12,250.00
Ingreso Neto	S/.	6,146.00
Índice De Rentabilidad	%	100.65
Relación Beneficio Costo	S/.	2.00



Anexo 24: Costo de producción y análisis económico para el tratamiento HLO A1 (2 t/ha)

RUBRO	UNID	CANT	PRECIO UNI (S/.)	C. TOTAL (S/.)
I. COSTOS VARIABLES				S/. 5,230.00
1. Preparación Del Terreno				
Arado	hr/maq	4	S/. 45.00	S/. 180.00
Rastra	hr/maq	2	S/. 55.00	S/. 110.00
Nivelado	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
2. INSUMOS				
Semilla De Avena	kg	120	S/. 4.50	S/. 540.00
Estiércol De Ovino	kg	2000	S/. 0.50	S/. 1,000.00
Lombriz Roja Californiana	kg	66	S/. 40.00	S/. 2,640.00
3. ABONAMIENTO Y SIEMBRA				
Abonamiento	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Siembra Manual	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Tapado De Semilla	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
4. LABORES CULTURALES				
Deshierbo	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Drenaje	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
5. COSECHA				
Corte: Ciega Manual	jornal	5	S/. 50.00	S/. 250.00
Transporte				
Insumos Agrícolas	pasaje	1	S/. 30.00	S/. 30.00
COSTOS FIJO				
Terreno	ha	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Gastos Administrativos	%	5	S/. 2,500.00	S/. 125.00
TOTAL				S/. 5,605.00

Análisis económico (hectárea)

Rendimiento de MV	kg/ha	47,500.00
Costo Total Cultivo	S/.	5,605.00
Precio	S/.	0.25
Ingreso Bruto	S/.	11,875.00
Ingreso Neto	S/.	6,270.00
Índice De Rentabilidad	%	111.86
Relación Beneficio Costo	S/.	2.12



Anexo 25: Costo de producción y análisis económico para el tratamiento HLO A0 (0 t/ha)

RUBRO	UNID	CANT	PRECIO UNI (S/.)	C. TOTAL (S/.)
I. COSTOS VARIABLES				S/. 4,230.00
1. Preparación Del Terreno				
Arado	hr/maq	4	S/. 45.00	S/. 180.00
Rastra	hr/maq	2	S/. 55.00	S/. 110.00
Nivelado	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
2. INSUMOS				
Semilla De Avena	kg	120	S/. 4.50	S/. 540.00
Estiércol De Ovino	kg	0	-	-
Lombriz Roja Californiana	kg	66	S/. 40.00	S/. 2,640.00
3. ABONAMIENTO Y SIEMBRA				
Abonamiento	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Siembra Manual	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Tapado De Semilla	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
4. LABORES CULTURALES				
Deshierbo	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Drenaje	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
5. COSECHA				
Corte: Ciega Manual	jornal	5	S/. 50.00	S/. 250.00
Transporte				
Insumos Agrícolas	pasaje	1	S/. 30.00	S/. 30.00
COSTOS FIJO				
Terreno	ha	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Gastos Administrativos	%	5	S/. 2,500.00	S/. 125.00
TOTAL				S/. 4,605.00

Análisis económico (hectárea)

Rendimiento de MV	kg/ha	29,000.00
Costo Total Cultivo	S/.	4,605.00
Precio	S/.	0.25
Ingreso Bruto	S/.	7,250.00
Ingreso Neto	S/.	2,645.00
Índice De Rentabilidad	%	57.44
Relación Beneficio Costo	S/.	1.57



Anexo 26: Costo de producción y análisis económico para el tratamiento HLV A2 (3 t/ha)

RUBRO	UNID	CANT	PRECIO UNI (S/.)	C. TOTAL (S/.)
I. COSTOS VARIABLES				S/. 5,730.00
1. Preparación Del Terreno				
Arado	hr/maq	4	S/. 45.00	S/. 180.00
Rastra	hr/maq	2	S/. 55.00	S/. 110.00
Nivelado	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
2. INSUMOS				
Semilla De Avena	kg	120	S/. 4.50	S/. 540.00
Estiércol De Vacuno	kg	3000	S/. 0.50	S/. 1,500.00
Lombriz Roja Californiana	kg	66	S/. 40.00	S/. 2,640.00
3. ABONAMIENTO Y SIEMBRA				
Abonamiento	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Siembra Manual	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Tapado De Semilla	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
4. LABORES CULTURALES				
Deshierbo	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Drenaje	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
5. COSECHA				
Corte: Ciega Manual	jornal	5	S/. 50.00	S/. 250.00
Transporte				
Insumos Agrícolas	pasaje	1	S/. 30.00	S/. 30.00
COSTOS FIJO				
Terreno	ha	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Gastos Administrativos	%	5	S/. 2,500.00	S/. 125.00
TOTAL				S/. 6,105.00

Análisis económico (hectárea)

Rendimiento de MV	kg/ha	61,000.00
Costo Total Cultivo	S/.	6,105.00
Precio	S/.	0.25
Ingreso Bruto	S/.	15,250.00
Ingreso Neto	S/.	9,145.00
Índice De Rentabilidad	%	149.78
Relación Beneficio Costo	S/.	2.50



Anexo 27: Costo de producción y análisis económico para el tratamiento HLV A1 (2 t/ha)

RUBRO	UNID	CANT	PRECIO UNI (S/.)	C. TOTAL (S/.)
I. COSTOS VARIABLES				S/. 5,230.00
1. Preparación Del Terreno				
Arado	hr/maq	4	S/. 45.00	S/. 180.00
Rastra	hr/maq	2	S/. 55.00	S/. 110.00
Nivelado	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
2. INSUMOS				
Semilla De Avena	kg	120	S/. 4.50	S/. 540.00
Estiércol De Vacuno	kg	2000	S/. 0.50	S/. 1,000.00
Lombriz Roja Californiana	kg	66	S/. 40.00	S/. 2,640.00
3. ABONAMIENTO Y SIEMBRA				
Abonamiento	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Siembra Manual	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Tapado De Semilla	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
4. LABORES CULTURALES				
Deshierbo	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Drenaje	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
5. COSECHA				
Corte: Ciega Manual	jornal	5	S/. 50.00	S/. 250.00
Transporte				
Insumos Agrícolas	pasaje	1	S/. 30.00	S/. 30.00
COSTOS FIJO				
Terreno	ha	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Gastos Administrativos	%	5	S/. 2,500.00	S/. 125.00
TOTAL				S/. 5,605.00

Análisis económico (hectárea)

Rendimiento de MV	kg/ha	57,000.00
Costo Total Cultivo	S/.	5,605.00
Precio	S/.	0.25
Ingreso Bruto	S/.	14,250.00
Ingreso Neto	S/.	8,645.00
Índice De Rentabilidad	%	154.24
Relación Beneficio Costo	S/.	2.54



Anexo 28: Costo de producción y análisis económico para el tratamiento HLV A0 (0 t/ha)

RUBRO	UNID	CANT	PRECIO UNI (S/.)	C. TOTAL (S/.)
I. COSTOS VARIABLES				S/. 4,230.00
1. Preparación Del Terreno				
Arado	hr/maq	4	S/. 45.00	S/. 180.00
Rastra	hr/maq	2	S/. 55.00	S/. 110.00
Nivelado	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
2. INSUMOS				
Semilla De Avena	kg	120	S/. 4.50	S/. 540.00
Estiércol De Vacuno	kg	0	-	-
Lombriz Roja Californiana	kg	66	S/. 40.00	S/. 2,640.00
3. ABONAMIENTO Y SIEMBRA				
Abonamiento	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Siembra Manual	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Tapado De Semilla	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
4. LABORES CULTURALES				
Deshierbo	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Drenaje	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
5. COSECHA				
Corte: Ciega Manual	jornal	5	S/. 50.00	S/. 250.00
Transporte				
Insumos Agrícolas	pasaje	1	S/. 30.00	S/. 30.00
COSTOS FIJO				
Terreno	ha	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Gastos Administrativos	%	5	S/. 2,500.00	S/. 125.00
TOTAL				S/. 4,605.00

Análisis económico (hectárea)

Rendimiento de MV	kg/ha	28,000.00
Costo Total Cultivo	S/.	4,605.00
Precio	S/.	0.25
Ingreso Bruto	S/.	7,000.00
Ingreso Neto	S/.	2,395.00
Índice De Rentabilidad	%	52.00
Relación Beneficio Costo	S/.	1.52



Anexo 29: Costo de producción y análisis económico para el tratamiento HLA A2 (3 t/ha)

RUBRO	UNID	CANT	PRECIO UNI (S/.)	C. TOTAL (S/.)
I. COSTOS VARIABLES				S/. 5,730.00
1. Preparación Del Terreno				
Arado	hr/maq	4	S/. 45.00	S/. 180.00
Rastra	hr/maq	2	S/. 55.00	S/. 110.00
Nivelado	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
2. INSUMOS				
Semilla De Avena	kg	120	S/. 4.50	S/. 540.00
Estiércol De Alpaca	kg	3000	S/. 0.50	S/. 1,500.00
Lombriz Roja Californiana	kg	66	S/. 40.00	S/. 2,640.00
3. ABONAMIENTO Y SIEMBRA				
Abonamiento	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Siembra Manual	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Tapado De Semilla	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
4. LABORES CULTURALES				
Deshierbo	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Drenaje	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
5. COSECHA				
Corte: Ciega Manual	jornal	5	S/. 50.00	S/. 250.00
Transporte				
Insumos Agrícolas	pasaje	1	S/. 30.00	S/. 30.00
COSTOS FIJO				
Terreno	ha	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Gastos Administrativos	%	5	S/. 2,500.00	S/. 125.00
TOTAL				S/. 6,105.00

Análisis económico (hectárea)

Rendimiento de MV	kg/ha	55,000.00
Costo Total Cultivo	S/.	6,105.00
Precio	S/.	0.25
Ingreso Bruto	S/.	13,750.00
Ingreso Neto	S/.	7,645.00
Índice De Rentabilidad	%	125.23
Relación Beneficio Costo	S/.	2.25



Anexo 30: Costo de producción y análisis económico para el tratamiento HLA A1 (2 t/ha)

RUBRO	UNID	CANT	PRECIO UNI (S/.)	C. TOTAL (S/.)
I. COSTOS VARIABLES				S/. 5,230.00
1. Preparación Del Terreno				
Arado	hr/maq	4	S/. 45.00	S/. 180.00
Rastra	hr/maq	2	S/. 55.00	S/. 110.00
Nivelado	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
2. INSUMOS				
Semilla De Avena	kg	120	S/. 4.50	S/. 540.00
Estiércol De Alpaca	kg	2000	S/. 0.50	S/. 1,000.00
Lombriz Roja Californiana	kg	66	S/. 40.00	S/. 2,640.00
3. ABONAMIENTO Y SIEMBRA				
Abonamiento	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Siembra Manual	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Tapado De Semilla	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
4. LABORES CULTURALES				
Deshierbo	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Drenaje	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
5. COSECHA				
Corte: Ciega Manual	jornal	5	S/. 50.00	S/. 250.00
Transporte				
Insumos Agrícolas	pasaje	1	S/. 30.00	S/. 30.00
COSTOS FIJO				
Terreno	ha	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Gastos Administrativos	%	5	S/. 2,500.00	S/. 125.00
TOTAL				S/. 5,605.00

Análisis económico (hectárea)

Rendimiento de MV	kg/ha	46,000.00
Costo Total Cultivo	S/.	5,605.00
Precio	S/.	0.25
Ingreso Bruto	S/.	11,500.00
Ingreso Neto	S/.	5,895.00
Índice De Rentabilidad	%	105.17
Relación Beneficio Costo	S/.	2.05



Anexo 31: costo de producción y análisis económico para el tratamiento HLA A0 (0 t/ha)

RUBRO	UNID	CANT	PRECIO UNI (S/.)	C. TOTAL (S/.)
I. COSTOS VARIABLES				S/. 4,230.00
1. Preparación Del Terreno				
Arado	hr/maq	4	S/. 45.00	S/. 180.00
Rastra	hr/maq	2	S/. 55.00	S/. 110.00
Nivelado	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
2. INSUMOS				
Semilla De Avena	kg	120	S/. 4.50	S/. 540.00
Estiércol De Alpaca	kg	0	-	-
Lombriz Roja Californiana	kg	66	S/. 40.00	S/. 2,640.00
3. ABONAMIENTO Y SIEMBRA				
Abonamiento	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Siembra Manual	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Tapado De Semilla	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
4. LABORES CULTURALES				
Deshierbo	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
Drenaje	jornal	2	S/. 40.00	S/. 80.00
5. COSECHA				
Corte: Ciega Manual	jornal	5	S/. 50.00	S/. 250.00
Transporte				
Insumos Agrícolas	pasaje	1	S/. 30.00	S/. 30.00
COSTOS FIJO				
Terreno	ha	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Gastos Administrativos	%	5	S/. 2,500.00	S/. 125.00
TOTAL				S/. 4,605.00

Análisis económico (hectárea)

Rendimiento de MV	kg/ha	28,000.00
Costo Total Cultivo	S/.	4,605.00
Precio	S/.	0.25
Ingreso Bruto	S/.	7,000.00
Ingreso Neto	S/.	2,395.00
Índice De Rentabilidad	%	52.00
Relación Beneficio Costo	S/.	1.05

Panel fotográfico



Foto 1: instalación de lechos para producción de humus de lombriz.



Foto 2: cosecha de humus de lombriz.



Foto 3: preparación de terreno con tractor agrícola (arado y rastra).



Foto 4: marcado del terreno de parcelas experimentales.



Foto 5: siembra del cultivo de avena forrajera variedad Vilcanota.



Foto 6: aplicación de humus de lombriz en fase fenológica de macollamiento.



Foto 7: cosecha y pesaje de materia verde con balanza manual (romana).



Foto 8: preparación de muestras para su pesaje y análisis de características químicas.



Foto 9: preparación de reactivos y soluciones para realizar análisis de características químicas.



Foto 10: proceso de análisis de las características químicas del cultivo de avena forrajera.