

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TESIS

**EFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE BIOL SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y MORFOLÓGICAS DE
MARALFALFA (*Pennisetum sp.*)**

PRESENTADA POR:

**Bach. WALDYR ANIBAL TARIFA
HUILLCA**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

ASESORES:

M. Sc. MISAEL RODRIGUEZ CAPCHA

Ph.D. YSAI PAUCAR SULLCA

Ing. DARWIN HUAMAN LIZANA

ANDAHUAYLAS – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "Efecto de diferentes Tipos de biol sobre las características agronómicas y morfológicas de marallalla (*Pennisetum sp.*)"

presentado por: Waldyr Snibal Tarija Huilca con DNI Nro.: 72027802 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Agropecuario

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

| Porcentaje | Evaluación y Acciones | Marque con una (X) |
|----------------|---|--------------------|
| Del 1 al 10% | No se considera plagio. | X |
| Del 11 al 30 % | Devolver al usuario para las correcciones. | |
| Mayor a 31% | El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley. | |

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 20 de enero de 2025

Firma

Post firma M. Sc. Misael Rodríguez Capcha

Nro. de DNI 44682791

ORCID del Asesor 0000-0002-5342-7067
ORCID 2do Asesor 0000-0001-5998-1729 DNI: 45368828
ORCID 3er Asesor 0000-0002-0876-1571 DNI: 43483459

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259 : 422139502

WALDYR ANIBAL TARIFA HUILLCA

EFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE BIOL SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y MORFOLÓGICAS DE M...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:422139502

Fecha de entrega

20 ene 2025, 10:15 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

20 ene 2025, 10:32 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS_WALDYR_100%.pdf

Tamaño de archivo

4.8 MB

116 Páginas

25,302 Palabras

132,436 Caracteres

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Con mucho cariño y amor a mi madre Clotilde Huillca Huillca y a mi padre Víctor Martínez Tarifa Laucata por haberme formado un hombre de carácter y valores, por haberme inculcado principios con ejemplo, el cual quedó en mí para conseguir este objetivo.

A mi hermana Yoly Yaneth Tarifa Huillca por su ejemplo de lucha, por su apoyo absoluto y por ser una madre más en toda esta etapa.

A mis hermanos; Bartor Lenin, Elvis Williams, Henry Yonatan, Victor Abimael y Evo Martínez y hermanita Celia Raquel por su aprecio, aliento y apoyo en los momentos más difíciles.

Waldyr Aníbal Tarifa Huillca

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso por darme vida, salud, saber, fuerza y guiar todo el camino que recorrí hasta culminar este proceso de mi formación profesional.

A mi alma mater, prestigiosa tricentenaria Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por acogerme en sus aulas lleno de ciencia agropecuaria a través de la Facultad de Agronomía y Zootecnia - Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria.

Mi gratitud a los docentes quienes con su sapiencia formaron un profesional más para aportar al desarrollo de la región y el país.

Mi profundo reconocimiento y aprecio a mis asesores M. Sc. Misael Rodríguez Capcha, Ph.D. Ysai Paucar Sullca e Ing. Darwin Huamán Lizana por su motivación, orientación y por apoyarme a conducir este trabajo de investigación hasta la culminación de ella.

Mi eterno agradecimiento a mis progenitores quienes fueron mi motor para cumplir este objetivo. También, agradecer infinitamente a mis hermanas y hermanos por su apoyo incondicional en todo este proceso.

De manera muy especial agradezco por su enorme apoyo en esta etapa culminada a mi amiga y compañera Sayda Tecsi Taipe. Del mismo modo, a mis compañeros que formaron parte del grupo del Centro de Investigación Fundo Choccepuquio.

Finalmente agradecer a todos mis amigos, compañeros, personal administrativo y personal de guardianía de la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria por su amistad, aliento, motivación y apoyo durante toda la etapa de mi formación académica y la realización de este trabajo de investigación.

Waldyr Aníbal Tarifa Huillca

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE CONTENIDO | iv |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | viii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | ix |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT..... | xii |
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN | 16 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 16 |
| 1.1.1. Problema general | 16 |
| 1.1.2. Problemas específicos..... | 17 |
| II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN | 18 |
| 2.1. Objetivos | 18 |
| 2.1.1. Objetivo general | 18 |
| 2.1.2. Objetivos específicos..... | 18 |
| 2.2. Justificación de la investigación..... | 18 |
| III. HIPÓTESIS..... | 20 |
| 3.1. Hipótesis general | 20 |
| 3.2. Hipótesis específicas | 20 |
| IV. MARCO TEÓRICO..... | 21 |
| 4.1. Antecedentes | 21 |
| 4.1.1. Antecedentes internacionales..... | 21 |
| 4.1.2. Antecedentes nacionales | 26 |
| 4.2. Generalidades de la maralfalfa (<i>Pennisetum sp.</i>)..... | 30 |
| 4.2.1. Origen de la maralfalfa | 30 |
| 4.2.2. Taxonomía de la maralfalfa | 31 |
| 4.2.3. Órganos vegetativos de la maralfalfa..... | 32 |
| 4.2.4. Órganos reproductivos de la maralfalfa | 32 |
| 4.2.5. Características nutritivas de la maralfalfa..... | 33 |
| 4.2.6. Sistemas de propagación de la maralfalfa..... | 36 |
| 4.2.7. Ficha técnica de la maralfalfa | 37 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.2.8. | Labores culturales | 38 |
| 4.3. | Métodos de abonamiento del cultivo de maralfalfa (<i>Pennisetum sp.</i>) | 39 |
| 4.4. | Biofertilizante liquido o biol | 40 |
| 4.4.1. | Ventajas y desventajas del uso de biol..... | 41 |
| 4.4.2. | Método de aplicación..... | 41 |
| 4.5. | Uso de fertilizantes foliares..... | 42 |
| 4.5.1. | Efectos de una fertilización foliar..... | 42 |
| 4.5.2. | Absorción de nutrientes mediante las hojas..... | 42 |
| 4.5.3. | Factores que afectan la absorción foliar..... | 43 |
| 4.5.4. | Ventajas de la absorción de fertilización liquida sobre los solidos | 44 |
| 4.6. | Características agronómicas y morfológicas..... | 45 |
| V. | METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 46 |
| 5.1. | Lugar de ejecución de la investigación | 46 |
| 5.1.1. | Características de la zona de estudio | 47 |
| 5.2. | Parcela y diseño experimental de la investigación..... | 48 |
| 5.2.1. | Análisis de suelo | 48 |
| 5.2.2. | Parcela experimental..... | 49 |
| 5.2.3. | Diseño experimental de la investigación | 50 |
| 5.3. | Instalación y equipos..... | 52 |
| 5.4. | Manejo del campo experimental | 54 |
| 5.4.1. | Riego del campo experimental..... | 54 |
| 5.4.2. | Control de malezas y enfermedades | 55 |
| 5.4.3. | Corte de uniformización | 55 |
| 5.4.4. | Identificación de parcelas y plantas en evaluación por tratamiento | 55 |
| 5.4.5. | Aplicación de fertilizantes experimentales | 56 |
| 5.5. | Evaluación de las características agronómicas de la maralfalfa | 58 |
| 5.5.1. | Producción de materia verde (g/planta)..... | 58 |
| 5.5.2. | Producción de materia seca (g/planta) | 58 |
| 5.5.3. | Relación hoja:tallo | 58 |
| 5.5.4. | Determinación del porcentaje de materia seca..... | 59 |
| 5.6. | Evaluación de las características morfológicas de la maralfalfa..... | 59 |
| 5.6.1. | Altura de la planta (cm) | 59 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.6.2. | Número de macollos (unid) | 59 |
| 5.6.3. | Diámetro del tallo (mm)..... | 60 |
| 5.6.4. | Largo de la hoja (cm)..... | 60 |
| 5.6.5. | Ancho de la hoja (mm) | 60 |
| 5.7. | Análisis estadístico..... | 61 |
| VI. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 62 |
| 6.1. | Porcentaje de prendimiento de la maralfalfa..... | 62 |
| 6.2. | Características agronómicas de maralfalfa (<i>Pennisetum sp.</i>)..... | 63 |
| 6.2.1. | Producción de materia verde..... | 63 |
| 6.2.2. | Producción de materia seca..... | 65 |
| 6.2.3. | Relación hoja:tallo | 67 |
| 6.2.4. | Porcentaje de materia seca | 69 |
| 6.3. | Características morfológicas de maralfalfa (<i>Pennisetum sp.</i>) | 71 |
| 6.3.1. | Altura de la planta..... | 71 |
| 6.3.2. | Número de macollos | 74 |
| 6.3.3. | Diámetro del tallo | 75 |
| 6.3.4. | Largo de hoja | 78 |
| 6.3.5. | Ancho de hoja | 80 |
| VII. | CONCLUSIONES | 82 |
| VIII. | RECOMENDACIONES | 83 |
| IX. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 84 |
| X. | ANEXOS | 92 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1. | Órganos reproductivos del pasto maralfalfa | 33 |
| Figura 2. | Rutas de absorción foliar de nutrientes | 43 |
| Figura 3 | Ubicación del Centro de Investigación Fundo Choccepuquio | 46 |
| Figura 4 | Esquema del diseño experimental de la investigación | 50 |
| Figura 5 | Croquis de la parcela experimental | 51 |
| Figura 6 | Punto de medición del ancho de la hoja de maralfalfa | 60 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1 | Taxonomía de Pennisetum Sp..... | 31 |
| Tabla 2 | Clasificación del contenido de proteína del forraje | 34 |
| Tabla 3 | Clasificación de los valores de digestibilidad en forrajes | 35 |
| Tabla 4. | Condiciones agroclimáticas | 38 |
| Tabla 5 | Precipitación pluvial en Andahuaylas..... | 47 |
| Tabla 6 | Resultados del análisis de suelo..... | 49 |
| Tabla 7 | Características de la parcela experimental..... | 53 |
| Tabla 8 | Composición nutricional de Bio Chumbinia y biol tradicional | 56 |
| Tabla 9 | Porcentaje de prendimiento de maralfalfa | 63 |
| Tabla 10 | Producción de materia verde (g/planta) por corte de maralfalfa..... | 64 |
| Tabla 11 | Producción de materia seca (g/planta) por corte de maralfalfa..... | 66 |
| Tabla 12 | Relación hoja:tallo por corte de maralfalfa..... | 68 |
| Tabla 13 | Porcentaje de materia seca (%) por corte de maralfalfa..... | 71 |
| Tabla 14 | Altura de planta (cm) por corte de maralfalfa..... | 73 |
| Tabla 15 | Número de macollos de plantas (unid) por corte de maralfalfa..... | 75 |
| Tabla 16 | Diámetro del tallo de plantas (mm) por corte de maralfalfa | 77 |
| Tabla 17 | Largo de hoja de plantas (cm) por corte de maralfalfa | 79 |
| Tabla 18 | Ancho de hoja de plantas (mm) por corte de maralfalfa..... | 81 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Anexo A. | Análisis de suelo | 93 |
| Anexo B. | Análisis de biol tradicional | 95 |
| Anexo C. | Ficha técnica de biol tradicional | 97 |
| Anexo D. | Ficha técnica de Bio Chumbinia | 98 |
| Anexo E. | Condiciones Climáticas durante el Trabajo Experimental: Agosto 2023 a Abril 2024 | 99 |
| Anexo F. | Base de datos de características agronómicas de maralfalfa (Pennisetum sp)..... | 100 |
| Anexo G. | Base de datos de características morfológicas de maralfalfa (Pennisetum sp.)..... | 101 |
| Anexo H. | Promedio general de variables evaluadas en la investigación | 103 |
| Anexo I. | Test de normalidad, homogeneidad, Análisis de varianza y prueba de medias..... | 104 |
| Anexo J. | Panel fotográfico | 110 |

RESUMEN

La maralfalfa (*Pennisetum sp.*) es una especie forrajera utilizada para la alimentación en sistemas de producción animal, por su alta producción, buen contenido nutricional y una alta digestibilidad; sin embargo, requiere de un adecuado abonamiento. El biol es un fertilizante orgánico que está tomando mayor aceptación, ya que posee ventajas y atributos que impacta positivamente en la producción de pastos, conservación de suelos y cuidado del medio ambiente. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes tipos de biol sobre las características agronómicas y morfológicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*). El estudio fue de tipo experimental, aplicando tres tratamientos: Bio Chumbinia, biol tradicional y un control (agua). Se obtuvieron semillas vegetativas inocuas y se instaló en un área experimental de 304.75 m² en el Centro de Investigación Fundo Choccepuquio (CIFUNCH) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria. Se empleó un diseño de bloques completo al azar, con 9 unidades experimentales y 3 repeticiones por tratamiento. La evaluación de las características agronómicas (producción de materia verde, producción de materia seca, relación hoja:tallo y porcentaje de materia seca) y las características morfológicas (altura de planta, número de macollos, diámetro del tallo, largo y ancho de la hoja) se realizó en tres oportunidades (3 ciclos sucesivos de corte de 42 días de frecuencia). La evaluación de las características agronómicas en el segundo corte mostró que: Bio Chumbinia destacó con una producción de materia verde promedio de 563.07 g/planta superando al tratamiento testigo ($P < 0.05$), por otro lado, se obtuvo una relación hoja:tallo promedio de 2.11 y producción de materia seca promedio de 69.72g/planta, sin diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$), mientras que el testigo superó ($P < 0.05$) en el porcentaje de materia seca con un valor promedio de 14.84 % a Bio Chumbinia. Por otra parte, en las características morfológicas: El Bio Chumbinia también favoreció una mayor altura de planta, diámetro del tallo,

largo y ancho de hoja en comparación con los otros tratamientos, mientras que el número de macollos resultó similar para todos los tratamientos, aunque el Bio Chumbinia mostró una ligera superioridad. En conclusión, Bio Chumbinia mostró un mejor equilibrio entre las variables agronómicas y morfológicas, superando al biol tradicional y al control. No obstante, el biol tradicional también demostró resultados consistentes y competitivos.

Palabras clave: Biol, *Pennisetum sp.*, sostenibilidad agrícola, morfología, materia seca, biomasa

ABSTRACT

Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) is a forage species used for feeding in animal production systems, due to its high production, good nutritional content and high digestibility; however, it requires adequate fertilization. Bioslurry is an organic fertilizer that is gaining greater acceptance, since it has advantages and attributes that positively impact pasture production, soil conservation and environmental care. The objective of this study was to evaluate the effect of different types of bioslurry on the agronomic and morphological characteristics of maralfalfa (*Pennisetum* sp.). The study was experimental, applying three treatments: Bio Chumbinia, traditional bioslurry and a control (water). Safe vegetative seeds were obtained and installed in an experimental area of 304.75 m² at the Centro de Investigación Fundo Choccepuquio (CIFUNCH) of the Professional School of Agricultural Engineering. A randomized complete block design was used, with 9 experimental units and 3 replicates per treatment. The evaluation of the agronomic characteristics (green matter production, dry matter production, leaf:stem ratio and percentage of dry matter) and the morphological characteristics (plant height, number of tillers, stem diameter, leaf length and width) was carried out on three occasions (3 successive cutting cycles of 42 days frequency). The evaluation of the agronomic characteristics in the second cut showed that: Bio Chumbinia stood out with an average green matter production of 563.07 g/plant, surpassing the control treatment ($P < 0.05$), on the other hand, an average leaf:stem ratio of 2.11 and average dry matter production of 69.72 g/plant were obtained, with no significant differences between treatments ($P > 0.05$), while the control surpassed ($P < 0.05$) in the percentage of dry matter with an average value of 14.84 % to Bio Chumbinia. On the other hand, in the morphological characteristics: Bio Chumbinia also favored a greater plant height, stem diameter, leaf length and width compared to the other treatments, while the number of tillers was similar for all treatments, although Bio Chumbinia

showed a slight superiority. In conclusion, Bio Chumbinia showed a better balance between agronomic and morphological variables, outperforming traditional bioslurry and the control. However, traditional bioslurry also demonstrated consistent and competitive results.

Keywords: Biol, *Pennisetum sp.*, agricultural sustainability, morphology, dry matter, biomass

INTRODUCCIÓN

La producción continua de forraje es la finalidad más apremiante para satisfacer las insuficiencias de alimentación en los sistemas de producción animal. En este sentido, la especie forrajera maralfalfa (*Pennisetum sp.*), es un cultivo perenne con alta productividad que está siendo introducido por los productores en numerosos países de Latinoamérica (Colombia, Brasil, Venezuela y Perú) debido a que, la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) es un recurso forrajero que presenta altos rendimientos, que puede llegar a producir de 200 a 400 ton/ha anualmente (Arce et al, 2013). Además, tiene un contenido elevado de proteínas (17%) y un buen coeficiente de digestibilidad que va desde los 55% a 70%. Estas características hacen que el *Pennisetum sp.* sea considerada una buena alternativa forrajera para la alimentación y así mejorar en los sistemas de producción animal (vacunos, ovinos, cuyes, etc.) (Correa, 2006).

Para la producción satisfactoria de los forrajes se debe corregir las deficiencias de nutrientes del suelo y satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas, por ende, se debe fertilizar. Sin embargo, por los altos costos de los fertilizantes, esta práctica no se logra realizar por todos los productores de forrajes (Cerdas, 2011). No obstante, la maralfalfa requiere de suelos con elevado contenido de materia orgánica; por lo cual, los abonos orgánicos serían una buena opción para el mantenimiento y buena producción forrajera. Por otro lado, la rápida absorción de los biofertilizantes de aplicación foliar por parte de la planta hace que las deficiencias nutricionales puedan contrarrestarse de forma positiva (Restrepo et al., 2017).

El aumento de la producción forrajera y la conservación de suelos, puede darse con la utilización de biofertilizantes como el biol que contribuyen en la fijación de fósforo, población de microorganismos, porosidad, retención del agua y la estructura que son algunas propiedades del suelo, además son una fuente de nitrógeno, fósforo y azufre. Del mismo modo, el costo de

producción es notoriamente bajo por la utilización de insumos netamente del lugar, estableciendo sinergias funcionales idóneos de optimizar el contexto productivo (López et al., 2015).

En este contexto, el análisis de características agronómicas y morfológicas resulta esencial para evaluar el impacto real de los tratamientos en la productividad de la maralfalfa permitiendo comprender su viabilidad de los fertilizantes como alternativas para mejorar la producción forrajera (Alvarado & Medal, 2018).

Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes tipos de biol sobre las características agronómicas y morfológicas de la maralfalfa (*Pennisetum sp.*), ya que este biofertilizante ayuda a desarrollar a la planta apropiadamente.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En muchos países del mundo la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) tiene un gran impacto en la alimentación de animales rumiantes. En Latinoamérica principalmente en Colombia, Brasil y Venezuela tiende a convertirse en la mejor opción en la alimentación de bovinos, equinos, caprinos y ovinos por sus elevados contenidos nutricionales (Sevilla, 2011).

Para cubrir los requerimientos nutricionales de las plantas y corregir deficiencias de nutrientes en el suelo, es necesario aplicar fertilizantes, especialmente aquellos con alto contenido de materia orgánica. Sin embargo, debido a los altos costos de los fertilizantes, esta práctica no se logra realizar por todos los productores de forrajes (Cerdas, 2011).

El biol se ha convertido en uno de los fertilizantes orgánicos de mayor aceptación entre los productores, ya que se elabora principalmente con insumos disponibles localmente, es fácil de producir y aporta nutrientes esenciales a las plantas, mejorando tanto las propiedades físicas como químicas del suelo. Sin embargo, es importante señalar que aún son limitadas las investigaciones y reportes sobre su impacto productivo en la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en condiciones de valles interandinos. Por ende, es sumamente importante evaluar el efecto que tiene los diferentes tipos de biol sobre sus características agronómicas y morfológicas de la especie forrajera en la zona, teniendo en cuenta que este biofertilizante es una gran alternativa de fertilización orgánica.

1.1.1. Problema general

- ¿Qué efecto tendrá la incorporación de diferentes tipos de biol sobre las características agronómicas y morfológicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*)?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Qué efecto tendrá la incorporación de los diferentes tipos de biol sobre las características agronómicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*)?
- ¿Qué efecto tendrá la incorporación de los diferentes tipos de biol sobre las características morfológicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*)?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes tipos de biol sobre las características agronómicas y morfológicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) bajo condiciones edafoclimáticas del fundo Choccepuquio en la provincia de Andahuaylas – región Apurímac.

2.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de diferentes tipos de biol sobre las características agronómicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en tres cortes sucesivos.
- Evaluar el efecto de diferentes tipos de biol sobre las características morfológicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en tres cortes sucesivos.

2.2. Justificación de la investigación

La maralfalfa es una especie perenne con alta productividad, alto valor nutritivo y produce desde el nivel del mar hasta 3000 m s.n.m. (Benítez, 1980); además se adecúa bien a suelos con fertilidad media a alta, su mejor desarrollo se da en suelos con buena composición de materia orgánica y buen drenaje.

La fertilización de los cultivos busca satisfacer sus necesidades nutricionales para asegurar un desarrollo óptimo. En este sentido, el uso de biol resulta especialmente valioso, ya que es un fertilizante orgánico de bajo costo y fácil elaboración. Además, aporta nutrientes esenciales a las plantas y mejora positivamente las propiedades físicas y químicas del suelo.

Esta investigación fue sumamente importante para conocer los efectos que tiene la adición de diferentes tipos de biol sobre las características agronómicas y morfológicas de la maralfalfa (*Pennisetum sp.*). Los resultados obtenidos pueden tener un impacto positivo en la sociedad al

promover la siembra y aumentar la producción de este cultivo con fertilización orgánica, permitiendo el aprovechamiento en los sistemas de producción animal. También, sirve para aportar al conocimiento científico sobre esta especie en los valles interandinos, del mismo modo, es útil como fuente para futuras investigaciones en este campo.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

- La adición de diferentes tipos de biol en la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) tendrán efectos positivos en sus características agronómicas y morfológicas.

3.2. Hipótesis específicas

- La incorporación de los diferentes tipos de biol tendrán efectos positivos en sus características agronómicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*).
- La incorporación de los diferentes tipos de biol tendrán efectos positivos en sus características morfológicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*).

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

4.1.1. Antecedentes internacionales

Martínez & Leiva (2019), en su estudio cuantitativo titulado “Efecto del biol sobre la producción de biomasa y calidad de maralfalfa (*Pennisetum sp.*), en un segundo rebrote, Centro Experimental El Plantel, 2018” en la ciudad de Managua - Nicaragua tuvieron como objetivo determinar el efecto del biol y la fertilización sintética, individual y combinada sobre la producción de biomasa y calidad del pasto de corte maralfalfa. Para ello, implementaron un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro réplicas. En este trabajo, se aplicaron los siguientes tratamientos: T1: Testigo; T2: 155 kg de N, 70 kg de P₂O₅ y 23 kg de K₂O; T3: 77.5 kg de N, 35 kg de P₂O₅, 11.5 kg de K₂O y 7000 litros de biol; T4: 10000 litros de biol; T5: 14000 litros de biol; T6: 18000 litros de biol. Estos tratamientos se aplicaron en el segundo corte de uniformización, a los 20 y 45 días después de dicho corte (DDCU). Las variables analizadas incluyeron: altura de tallos (cm), diámetro de tallos (cm), número de hojas, número de macollos por planta, plantas por metro lineal, materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra ácida detergente (FAD), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DVIMS), peso fresco de la planta (PFP) y relación hoja-tallo (RHT). Los resultados indicaron que la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) mostró una mejor respuesta a la aplicación de fertilizantes sintéticos (T2) y 14000 L de biol (T5) en las variables morfoestructurales, alcanzando alturas de planta de 177.65 cm y 131.05 cm, respectivamente, y un número de hojas de 6.18 y 5.40, valores que fueron significativamente superiores en comparación con los otros tratamientos. La mayor producción de materia seca se obtuvo con el uso de fertilizantes sintéticos (T2) a los 60 días DDCU, con un total de 16741.31 kg/ha, siendo este valor estadísticamente superior al de los demás tratamientos. En cuanto a la comparación de los

porcentajes de PC, el tratamiento T2 a los 30 días DDCU mostró niveles notablemente superiores al 14%, seguido por los tratamientos T1 y T3, que presentaron valores cercanos al 10%, ubicándose dentro del rango de calidad media. Finalmente, el análisis económico reveló que el tratamiento T4 ofreció la mejor relación costo-beneficio, con un valor de 16.80. En conclusión, *Pennisetum sp.* respondió mejor en crecimiento y materia seca con T2 y T5, y con T4 mostró la mayor relación beneficio-costo.

Calzada et al. (2014) evaluaron la maralfalfa a diferentes estadios de crecimiento (30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 y 180 días, después de la siembra) en México, para realizar un análisis de crecimiento de la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) desde la siembra hasta determinar el momento óptimo de cosecha. La morfología de la planta (MP), tasa de crecimiento (TC), altura, radiación interceptada (RI), relación hoja/tallo (H:T), hoja/no hoja (H:NH) y la acumulación de biomasa aérea se evaluaron cada 15 días durante un período de 180 días, excepto en los dos primeros muestreos, que se realizaron mensualmente. Se observó una variación significativa en la MP ($p < 0.01$) a través de los distintos estados fisiológicos. La mayor producción de biomasa aérea y la TC se alcanzaron 151 días después de la siembra, con valores de 37,297 kg de materia seca por hectárea (MS/ha) y 247 kg de MS/ha/d, respectivamente. En ese momento, se registró también el porcentaje más alto de radiación interceptada (97.4%) y una altura aproximada de 2.3 metros. Se constató una correlación positiva entre la producción de biomasa de tallos y el material muerto de la maralfalfa, relacionada con el aumento en la edad de la planta. La máxima tasa de crecimiento coincidió con la mayor producción de hojas, tallos y la producción total de biomasa. Durante las etapas iniciales después de la siembra (75 días), las hojas representaron más del 50% del rendimiento total. Posteriormente, aumentó el porcentaje de tallo y material muerto, lo que llevó a

una disminución de la contribución de las hojas al rendimiento total. El promedio de la relación H: T durante el período de evaluación fue de 0.73.

Alvarado & Medal (2018) llevaron a cabo una investigación titulada “Efecto del biol como fertilizante orgánico en tres cultivares de *Pennisetum purpureum*” en Juigalpa, Chontales, Nicaragua, entre 2015 y 2016. Utilizaron los cultivares maralfalfa, King grass y CT115 en un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cinco tratamientos: T1 (control, sin fertilización), T2 (100% urea), T3 (50% biol/urea), T4 (75% biol/25% urea) y T5 (solo biol). Se realizaron dos ensayos con tres repeticiones para evaluar el establecimiento y el rendimiento productivo. Las variables medidas fueron altura, grosor de tallo, número de tallos, relación hoja-tallo, materia seca, composición química y rendimiento de biomasa. Los datos se analizaron mediante un Modelo Lineal General (MLG) y análisis de varianza (ANOVA) con comparaciones de medias de Duncan. Los resultados indicaron que el cultivar King grass alcanzó la mayor altura (114 cm), siendo T3 el tratamiento más alto con 111 cm. CT115 tuvo el tallo más grueso (2.71 cm), mientras que el tratamiento T4 sobresalió con 2.36 cm. En número de tallos, King grass obtuvo 33.5 tallos/m lineal, con T5 mostrando el mejor desempeño (26 tallos/m lineal). Los tratamientos T1 y T3 lograron la mayor relación hoja-tallo (81%), y King grass tuvo el porcentaje de materia seca más alto (30.13%), con T3 destacando entre los tratamientos (27.66%). La maralfalfa alcanzó el mayor rendimiento de materia verde (20,528 kg/ha), mientras que T4 sobresalió en tratamientos (17,145 kg/ha). Aunque no hubo diferencias significativas en proteína cruda entre cultivares, T5 mostró el valor más alto (6.69%). Concluyeron que el uso de biol en proporciones 50% y 75-25% con urea mejora las características estructurales y el rendimiento de pastos de corte.

Cunuhay & Choloquina (2011) llevaron a cabo un estudio para evaluar la adaptación del maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en dos pisos altitudinales: el campus Juan Lunardi y Naste, ubicados

en el cantón Paute, Ecuador. El experimento consideró tres distancias de siembra (0.50 m x 0.50 m, 0.50 m x 0.75 m y 0.50 m x 1.00 m) y se aplicó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial y cuatro repeticiones, para analizar la interacción entre el factor altitudinal y la densidad de siembra. Las variables estudiadas incluyeron altura de planta, número de macollos, rendimiento de forraje verde y rendimiento de materia seca. Los resultados revelaron diferencias significativas entre los dos pisos altitudinales, donde el sitio de Naste mostró un mejor desempeño en las variables evaluadas, alcanzando alturas promedio más elevadas y un mayor rendimiento de biomasa en comparación con el campus Juan Lunardi. En cuanto a las distancias de siembra, la separación de 0.50 m x 0.75 m resultó ser la más eficiente, ofreciendo un equilibrio entre el rendimiento de biomasa y el manejo agronómico del cultivo, mientras que las distancias de 0.50 m x 0.50 m y 0.50 m x 1.00 m mostraron menor eficiencia en términos de productividad y aprovechamiento del espacio. El estudio concluyó que la altitud y la distancia de siembra son factores determinantes en el desarrollo y productividad del maralfalfa. Recomienda implementar el cultivo en sitios similares a Naste y utilizar la distancia de siembra de 0.50 m x 0.75 m para maximizar el rendimiento, destacando la capacidad adaptativa del maralfalfa a diferentes condiciones agroecológicas.

Rojas & Bermúdez (2011) realizaron un estudio sobre el pasto cubano (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) cv. CT-115 en la finca Santa Rosa, perteneciente a la Universidad Nacional Agraria (UNA) en Managua, Nicaragua. Para la investigación, se trabajó con una superficie de 33 m², dividida en tres parcelas de 10 m² cada una, donde se hicieron cortes cada 15 días hasta los 75 días. En este ensayo, se midieron variables como la altura de las plantas, biomasa fresca y seca por hectárea, contenido de materia seca y concentraciones de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso y zinc. La

producción de biomasa se calculó siguiendo las pautas establecidas por la Red Internacional de Evaluación de Pasturas Tropicales (CIAT, 1982), mientras que el porcentaje de materia seca se obtuvo mediante el análisis proximal de Weende (AOAC, 1990). Las correlaciones entre variables se analizaron con el software SAS versión 9, y las curvas de ajuste se generaron utilizando el programa CVXP32. No se aplicaron tratamientos agronómicos adicionales, como fertilización o riego, durante el desarrollo del experimento. El estudio reveló que las plantas alcanzaron una altura promedio de 220 cm, con una producción de biomasa fresca de 31,764 kg/ha y un contenido de materia seca del 24 %, lo que equivale a 7,529 kg/ha de biomasa seca. En términos de composición nutricional, las concentraciones más altas incluyeron 3.21 % de nitrógeno, 0.38 % de fósforo, 4.94 % de potasio, 0.24 % de calcio, 0.18 % de magnesio, 105 ppm de hierro, 53.33 ppm de manganeso y 50 ppm de zinc. Entre los modelos estadísticos utilizados para describir los datos, destacaron el Modelo Múltiple Multiplicativo, el Modelo Richards, el Modelo Harris, la Función Rotacional, el Polinomio de Tercer Grado y la Asociación Exponencial. En conclusión, la producción de biomasa verde del pasto CT115 aumenta a medida que la frecuencia de corte es de mayor tiempo, y la concentración de nutrientes disminuye cuando el tiempo de la frecuencia de corte es más prolongado.

Guerrero (2012) llevó a cabo un estudio para analizar el comportamiento agronómico y el valor nutricional de tres especies de pastos de corte: king grass (*Pennisetum typhoides*), king grass morado (*Pennisetum purpureum*) y maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en el recinto La Independencia, cantón Ponce Enríquez, Azuay, Ecuador. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables estudiadas fueron altura de planta, peso de planta, número de hojas, longitud y ancho de hoja, diámetro de tallo, peso de hoja, peso de tallo, relación hoja y producción de biomasa. Los resultados demostraron diferencias significativas entre las

especies, con maralfalfa destacándose por su superioridad en diversos parámetros agronómicos y nutricionales, consolidándola como una opción prometedora en sistemas forrajeros.

Uvidia et al. (2014) desarrollaron un estudio con el propósito de analizar cómo la distancia entre surcos y el número de estacas influyen en el desarrollo del *Pennisetum purpureum* y *Pennisetum sp.* (Maralfalfa) bajo condiciones de la Amazonía ecuatoriana. El experimento se diseñó bajo un modelo factorial en bloques completamente al azar, con tres repeticiones y parcelas de 30 m² sobre un suelo clasificado como inceptisol. Luego del establecimiento, se realizó un corte de homogeneidad a 20 cm de altura, y tras 120 días de rebrote se evaluaron el rendimiento de biomasa, las características estructurales del pasto y su composición química. El análisis estadístico se efectuó mediante ANOVA utilizando el software Statistica 8.1. Los resultados indicaron que la interacción entre la distancia de siembra y el número de estacas mostró significancia estadística ($p < 0.05$) en variables como porcentaje de germinación, rendimiento de materia seca, diámetro y longitud de hojas, y grosor del tallo. Asimismo, se observaron efectos significativos de la distancia entre surcos y la edad de rebrote en las proporciones de materia seca y el ancho de hojas y tallos. Además, factores como la altura de la planta, el número de hojas por tallo, el área foliar y el diámetro de las macollas estuvieron influenciados por el grado de madurez de la planta. El estudio concluyó que, para optimizar el establecimiento del *Pennisetum purpureum* y *Pennisetum sp.* en la Amazonía, se recomienda una distancia de siembra de un metro entre surcos y el uso de una sola estaca sembrada a chorrillo.

4.1.2. Antecedentes nacionales

Muñoz (2015), menciona “el objetivo de determinar la respuesta bioeconómica del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) por efecto de diferentes tipos de biol (cerdasa, cuyasa y vacasa), en la etapa de producción, para ello realizaron un experimento en la Granja Ganadera Calzada –

Moyobamba, ubicada en el distrito de Calzada, provincia de Moyobamba, región San Martín, Perú. El diseño utilizado fue de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones donde las medias se compararon con la prueba de Tukey. Los bioles se aplicaron a razón de 25 L/ha/corte a los diferentes tratamientos. En este análisis, el tratamiento con biol de cerdasa tuvo un comportamiento similar a los demás bioles (vacasa y cuyasa) generando una altura de planta de 212.53 cm, un 51.44% de cobertura y una producción de 39,278 kg/ha de materia verde, así como 7,691.30 kg/ha de materia seca y con el costo por kg de materia verde (S/. 0.020). El biol de vacasa favoreció el mayor número de macollos por m² (13.15). En conclusión, no se encontraron diferencias significativas entre los bioles (cerdasa, cuyasa y vacasa) en los parámetros evaluados.

Ruíz (2016) investigó las diferencias entre los pastos maralfalfa (*Pennisetum sp.*) y camerún (*Pennisetum purpureum Schum. cv. Cameroon*) en términos de establecimiento y productividad bajo distintas frecuencias de corte en Contamana, Loreto. Durante la etapa de establecimiento, se evaluaron parámetros como el porcentaje de prendimiento, altura, número de macollos y rendimiento forrajero mediante un diseño experimental de bloques completos al azar con parcelas divididas. En la fase de producción, se analizaron características como altura, macollamiento, relación hoja, rendimiento forrajero y calidad nutritiva (proteína cruda, fibra detergente neutro, digestibilidad de la materia seca, calcio y fósforo) bajo frecuencias de corte de 30, 45 y 60 días. El diseño experimental incluyó un arreglo factorial 2x3, con parcelas divididas en el tiempo y seis tratamientos en dos repeticiones, empleando pruebas ANOVA y DLS mediante el software SAS. En la etapa inicial, la maralfalfa mostró un desarrollo más rápido que el camerún, aunque con menor producción de macollos. Las diferencias en prendimiento y rendimiento forrajero no fueron estadísticamente significativas, con porcentajes de prendimiento de 90.36 % y 86.76 %, respectivamente. Las alturas promedio de maralfalfa fueron de 46.50, 171.33 y 282.43

cm, mientras que camerún alcanzó 50.45, 144.38 y 230.62 cm a los 30, 60 y 90 días. En cuanto a macollos por planta, maralfalfa registró valores de 8.22, 10.12 y 13.28, mientras que camerún presentó 7.95, 11.38 y 14.80. Los rendimientos finales fueron similares: 62.35 ton.FV/ha y 9.83 ton.MS/ha para maralfalfa, frente a 62.92 ton.FV/ha y 9.95 ton.MS/ha para camerún. En la etapa productiva, maralfalfa destacó por mayor altura, mientras que camerún mostró más macollamiento y relación hoja, aunque el rendimiento forrajero no presentó diferencias significativas. Las alturas de maralfalfa a 30, 45 y 60 días fueron de 164.80, 232.90 y 277.45 cm, frente a 140.50, 190.85 y 253.45 cm en camerún. Los valores de proteína cruda, digestibilidad de la materia seca, calcio y fósforo disminuyeron con cortes menos frecuentes, mientras que la fibra detergente neutro aumentó. Maralfalfa presentó 12.38 %, 10.69 % y 6.66 % de proteína cruda, mientras que camerún alcanzó 14.41 %, 11.16 % y 8.83 %. En fibra detergente neutro, maralfalfa registró 66.05 %, 69.09 % y 73.32 %, mientras que camerún tuvo 63.04 %, 67.24 % y 71.04 %.

Castro (2022) desarrolló un estudio titulado abonamiento foliar del *Pennisetum sp.* “Maralfalfa” y su efecto en el rendimiento del forraje, Zungarococha – Loreto, 2021, realizado en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, en la Facultad de Agronomía, en el proyecto vacunos, en el Fundo Zungarococha. El experimento fue llevado a cabo en parcelas de 3.0 m x 1.2 m, dentro de un área experimental de 141.1 m², evaluándose a las nueve semanas posteriores a la siembra con semilla vegetativa (matas). Se empleó un diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos mostraron que, con el tratamiento T3 (60% de biofertilizante), las plantas de *Pennisetum sp.* "Maralfalfa" a los 60 días alcanzaron una altura de 1.57 m, con 2.60 kg/m² de biomasa verde, 0.54 kg/m² de materia seca y una cobertura del 92.20%. Este tratamiento también produjo un rendimiento de 26,000 kg/ha. El análisis de varianza indicó que no hubo diferencias significativas entre los bloques, pero sí una

diferencia importante entre los tratamientos, lo que sugiere que una mayor concentración de biofertilizante mejora la absorción de nutrientes, favoreciendo el desarrollo de las raíces y hojas, esenciales para el crecimiento y rendimiento de la planta.

Burga (2023) llevó a cabo un estudio para comparar el desempeño productivo y la composición química de dos especies de pasto, la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) y el King grass morado (*Pennisetum purpureum*), en distintos estados de madurez en la región de San Bernardino, San Pablo-Cajamarca-Perú. Las parcelas fueron sembradas con esquejes vegetativos de 120 días de edad, colocados a 40 cm entre ellos y a 90 cm entre surcos. Se realizó un corte de uniformidad a los 105 días después de la siembra, y las variables evaluadas incluyeron la altura de la planta, el macollamiento, la longitud y el ancho de las hojas, la relación hoja, y los rendimientos de forraje verde, materia seca y semilla vegetativa, junto con la composición química de ambos pastos. Se empleó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 2x5, considerando dos especies de pasto y cinco diferentes edades de corte, con cuatro repeticiones, sumando un total de 40 unidades experimentales. La maralfalfa mostró un mejor desempeño en términos de altura a los 45 días (140.75 cm frente a 128 cm para el king grass morado) y en rendimiento de forraje verde a los 45 días (52,000 kg vs 46,000 kg) y 60 días (60,000 kg vs 57,000 kg). También fue superior en materia seca a lo largo de todas las edades de corte evaluadas. No obstante, el King grass morado presentó una mayor longitud de hoja y ancho de hoja en las edades más tardías (75 y 90 días). En cuanto a otras variables como la relación hoja y la capacidad de macollamiento, no se encontraron diferencias significativas entre las especies. Ambas especies lograron su mayor altura y mejor relación hoja a los 90 días, mientras que la maralfalfa alcanzó el mejor macollamiento a los 30 y 45 días, y el King grass morado lo hizo a los 30 días. En términos de calidad nutricional, el King grass morado mostró mayores niveles de proteína, mientras que la

maralfalfa tuvo un contenido más alto de fibra. El estudio concluye que ambas especies son aptas para cultivo en la zona, recomendando su uso según el tipo de rendimiento deseado: uno para mayor cantidad de forraje y otro para un mejor contenido proteico. Además, se sugiere que el corte en edades de 30 y 45 días es el más adecuado para maximizar la proteína sin comprometer el rendimiento forrajero.

4.2. Generalidades de la maralfalfa (*Pennisetum sp.*)

4.2.1. Origen de la maralfalfa

El origen de la maralfalfa (*Pennisetum sp*) es aún muy incierto (Sevilla, 2011). Existen varias hipótesis al respecto entre las que son más notables mencionamos a continuación.

Correa et al. (2004) indican que el sacerdote Jesuita José Bernal Restrepo (1979) afirmó que fue el resultado de la composición de diferentes recursos forrajeros entre los cuales están: una grama nativa (*Paspalum macrophyllum*), el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), la alfalfa peruana (*Medicago sativa*), el gramalote (*Paspalum fasciculatum*) y el pasto brasilero (*Phalaris arundinacea*). Asimismo, los autores mencionan que Bernal Restrepo afirmaba haber creado este pasto mediante la aplicación del Sistema Químico Biológico (SQB), un método desarrollado por él mismo y propiedad de la Universidad Javeriana cuya sede central se encuentra en Bogotá, en la localidad de Chapinero.

Por otro lado, Hajduk (2004) afirma que dicho pasto podría corresponder a un *Pennisetum hybridum* comercializado en Brasil como elefante paraíso Matsuda. En otro contexto, Correa et al. (2004) señalan que estudios preliminares realizados en el Herbario Gabriel Gutiérrez Villegas “MEDEL” de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, sugieren que podría tratarse de *Pennisetum violaceum* (Lam.) Rich. ex Pers. o de un híbrido (*Pennisetum hybridum*) entre *Pennisetum americanum* L. y *Pennisetum purpureum* Schum., conocido en Brasil como pasto

elefante paraíso. No obstante, se requieren estudios más detallados para confirmar su clasificación taxonómica, por lo que se recomienda identificarlo provisionalmente como *Pennisetum sp.*

4.2.2. Taxonomía de la maralfalfa

Häfliger & Scholz (1980) mencionan que la identificación y clasificación taxonómica de las gramíneas, como en el caso de la maralfalfa (*Pennisetum sp.*), resulta complicada. Esto se debe a que la mayoría de las gramíneas carece de perianto, o lo presenta de forma muy reducida, además de poseer un ovario extremadamente simple. Así, mientras que estas dos características son fundamentales en las dicotiledóneas, en las gramíneas están prácticamente ausentes, y aunque otras características las compensan, estas no son igualmente evidentes.

Según Dawson & Hatch (2002) la familia Poaceae, la más grande del reino vegetal se divide en cinco subfamilias que muestran una gran variabilidad, de modo que la clasificación de una especie en una subfamilia específica se basa en el número de características comunes con otros miembros del grupo, más que en uno o pocos rasgos clave.

Andrade (2009) describe la clasificación taxonómica del pasto maralfalfa, detallando su posición dentro de la jerarquía botánica tal como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1

Taxonomía de Pennisetum Sp.

| | |
|--------------------------|-------------------|
| Reino | Gramínea |
| Clase | Angiospermae |
| Familia | Poaceae |
| Sub-familia | Panicoideae |
| Género | <i>Pennisetum</i> |
| Especie | Sp. |
| Nombre común; Maralfalfa | |

FUENTE: Adaptado de Andrade (2009).

4.2.3. Órganos vegetativos de la maralfalfa

La maralfalfa (*Pennisetum sp.*) es una planta herbácea que tiene tallos rollizos, fistulados y articulados, se identifica por su crecimiento erecto de tallos muy largos y delgados. Esta especie, crece en manojos donde las plantas alcanzan de 2 a 3 centímetros de diámetro y alturas de 2, 3 y hasta 4 metros si se le deja mayor tiempo (Benítez, 1980).

La raíz de *Pennisetum sp.* es fibrosa y desarrolla raíces adventicias que emergen de los nudos inferiores de las cañas (Torres, 2008). Estas cañas conforman el tallo superficial, el cual presenta entrenudos separados por nudos; en la base del tallo, los entrenudos son muy cortos, mientras que en la parte superior se alargan, y los tallos no presentan vellosidades. Las ramificaciones se ocasionan a partir de los nudos y salen siempre a partir de una yema situada entre la vaina y la caña (Häfliger & Scholz, 1980).

La vaina de la hoja emerge de un nudo de la caña, ajustándose de manera ceñida, con los bordes siempre libres y superpuestos. Los bordes pilosos son comunes y representan una característica clave para su clasificación. La lígula se localiza en la unión entre la vaina y el limbo de la hoja, presentándose como una corona de pelos. Las hojas muestran nervaduras paralelas y, por lo general, son planas, estrechas y se adhieren directamente al tallo, sin pedúnculo (Torres, 2008).

4.2.4. Órganos reproductivos de la maralfalfa

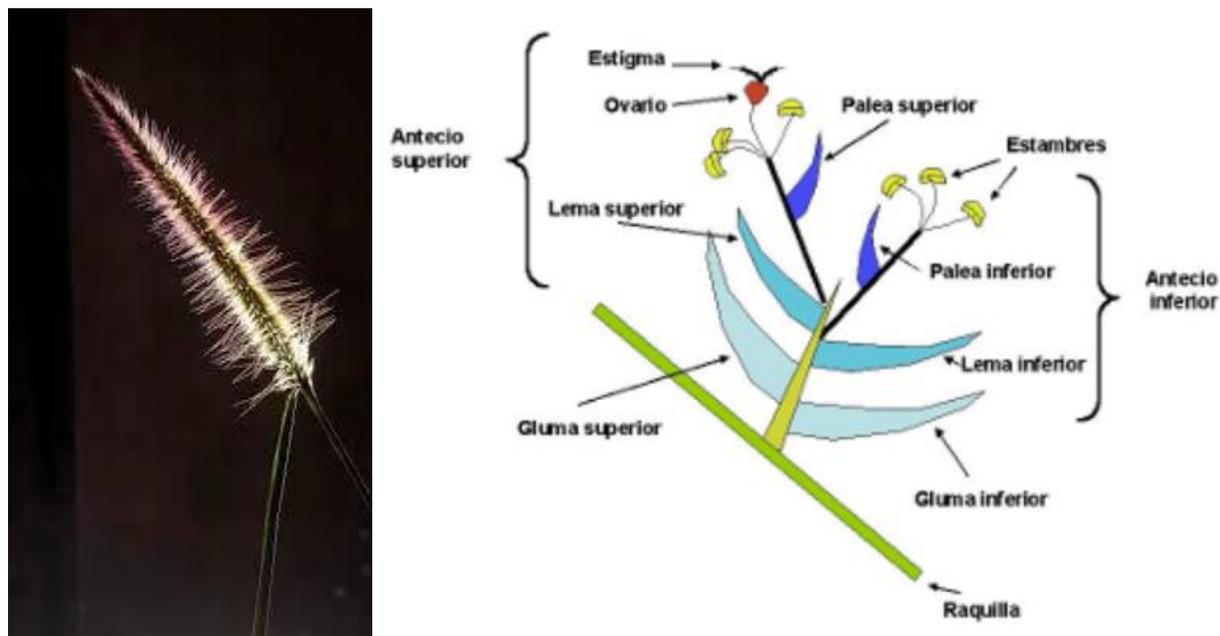
En el caso específico de la maralfalfa (*Pennisetum sp.*), sus inflorescencias adoptan la forma de espiga, característica distintiva del género *Pennisetum*. Las espiguillas en maralfalfa es típica del género *Pennisetum*, esto es, presenta seis brácteas: dos glumas, dos lemas y dos paleas (Häfliger & Scholz, 1980)(ver Figura 1).

El número de estambres puede variar de uno a varios, aunque lo más habitual es encontrar tres. El pistilo es único, con un ovario de una sola célula que contiene un óvulo. Además, siempre presenta dos estilos, cada uno con un estigma plumoso (Benítez, 1980).

El fruto de la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) es un tipo de grano conocido como cariósipide, en el cual una única semilla se forma rápidamente dentro de la pared del ovario. Este fruto adquiere la apariencia de una semilla completa, aunque técnicamente es un grano, ya que la semilla y el pericarpio están fusionados en una única estructura (Farrás, 1981).

Figura 1.

Órganos reproductivos del pasto maralfalfa



FUENTE: Adaptado de Correa et al. (2004)

4.2.5. Características nutritivas de la maralfalfa

- **Proteína cruda**

Molina (2005) reportó niveles de proteína cruda en maralfalfa (*Pennisetum sp.*) de 12.46%, 10.80% y 7.12% a los 35, 45 y 60 días, respectivamente. En estudios similares, Pinto (2006) indicó niveles de proteína cruda para el mismo *Pennisetum sp.* de 14.67%, 9.87% y 6.57% a los 30, 45 y

60 días de corte, respectivamente. Por otro lado, Porras & Castellanos (2006) citado por Márquez et al. (2007), reportaron valores más bajos para este cultivar (9.75%, 8.69% y 5.35% para 30, 45 y 60 días respectivamente). Y Correa (2006) en su trabajo sobre la caracterización nutricional de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) obtuvo un promedio para la proteína cruda de 20.30% entre los días 40 y 110.

Se ha clasificado valores de proteína de los forrajes para analizar su calidad, los cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Clasificación del contenido de proteína del forraje

| % Proteína Cruda (Base Seca) | Calificación |
|-------------------------------------|---------------------|
| < 6.9 | Baja |
| 7.0 - 9.9 | Media |
| 10.0 - 12.9 | Buena |
| 13.0 - 17.9 | Muy buena |
| > 18.0 | Elevada |

FUENTE: Vonesch & De Riverós (1968)

- **Fibra cruda**

Según Andrade (2009), los niveles de fibra cruda alcanzan el 42.10% a los 70 días de corte y el 44.03% a los 90 días. Por otro lado, Hinojosa et al. (2014) mencionan que a mayor edad de corte aumenta el porcentaje de fibra cruda, reportando valores de 34.5%, 32.7%, 29.6% y 27.1%, a los 70, 60, 45 y 30 días de corte, respectivamente. También, Vásquez (2018) reportó valores de fibra bruta en maralfalfa (*Pennisetum sp.*) a los 90 y 60 días de 42.00% y 35.70% respectivamente.

- **Digestibilidad de materia seca**

La digestibilidad se puede evaluar mediante ensayos realizados en animales (in vivo o in situ) o utilizando métodos de laboratorio conocidos como in vitro, así como a partir del análisis de la composición química del alimento. Sin embargo, estas técnicas no pretenden sustituir directamente la medición del consumo voluntario del animal, el cual es el parámetro que proporciona la respuesta definitiva (Pezo, 1969).

Investigaciones llevadas a cabo en Brasil indican valores de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) de 65.5%, 56.5% y 46% a los 30, 60 y 90 días, respectivamente, según Azevedo (1985). Por otro lado, Silveira et al. (1973) reportaron valores de DIVMS de 71.6%, 68.6% y 56.6% para edades de 45, 75 y 105 días. Estos resultados evidencian una disminución progresiva en la digestibilidad conforme aumenta la edad del forraje.

Se ha definido una categorización para los valores de digestibilidad del forraje, los cuales se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Clasificación de los valores de digestibilidad en forrajes

| Digestibilidad de la Materia Seca (%) | Calificación |
|--|---------------------|
| < 30.0 | Baja |
| 30.0 - 45.0 | Mediana |
| 45.0 - 60.0 | Buena |
| 60.0 - 70.0 | Muy Buena |
| > 70.0 | Elevada |

FUENTE: Vonesch & De Riverós (1968)

- **Calcio y fósforo**

En general, la concentración de los minerales en los forrajes se reduce a medida que estos maduran (McDowell & Valle, 2000).

En un estudio, Correa (2006) analizó los niveles de Ca, P, Mg y K en maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cosechada a los 56 y 105 días, concluyendo que la concentración de estos minerales varía con la edad de corte. A los 56 días, las concentraciones de Ca, P y K fueron superiores a las observadas a los 105 días, mientras que el contenido de Mg fue menor en la cosecha de 56 días.

4.2.6. Sistemas de propagación de la maralfalfa

Toda planta ha sido compuesta al inicio de su vida por una célula única, desprendida de un vegetal preexistente, esta célula antigua puede producirse de dos formas diferentes sobre la planta madre y llamarse por el caso esporo o célula huevo, de donde se diferencia dos maneras de reproducción: sexual y asexual (Vidal, 1984).

- **Multiplicación asexual**

Al introducir una rama o parte del tallo con yemas en la tierra, el calor y la humedad favorecen la proliferación de los tejidos enterrados y la formación de una pequeña raíz, que aporta nutrientes hasta que se consumen las reservas iniciales. A la vez, las yemas generan nuevas ramas y hojas, cuya actividad fotosintética permite el desarrollo pleno de la planta. Este tipo de reproducción es poco común en la naturaleza, pero tiene gran valor en agricultura, donde se conoce como esquejes, acodo, o estacas, y se extiende también a métodos como la propagación por tubérculos y bulbos (Farrás, 1981).

La propagación asexual es clave en plantas que no producen semillas viables, como las higueras, bananos, vides y ciertos naranjos, entre otras. Este tipo de propagación evita los largos

períodos juveniles que atraviesan las plantas provenientes de semillas, las cuales requieren un tiempo extenso antes de poder florecer; en algunas especies leñosas y herbáceas perennes, esta fase juvenil puede extenderse de 5 a 10 años. En cambio, la propagación vegetativa asexual omite esta fase, facilitando el desarrollo de la planta (Montoya, 2009).

La producción asexual puede ocurrir a través de la formación de raíces y tallos adventicios o mediante la unión de partes vegetativas, como en el caso de los injertos. Este tipo de reproducción es posible ya que cada célula vegetal posee la información genética requerida para generar una nueva planta. Asimismo, tanto las estacas como los acodos tienen la capacidad de desarrollar raíces, permitiendo así la formación de un nuevo sistema de brotes (Montoya, 2009).

4.2.7. Ficha técnica de la maralfalfa

- **Adaptación de *Pennisetum sp.***

Carreño (2009) menciona que esta gramínea se desarrolla adecuadamente desde el nivel del mar hasta los 3000 m s.n.m., adaptándose a suelos de fertilidad media a alta y con pH bajo. Su crecimiento óptimo se encuentra en suelos que cuentan con una buena cantidad de materia orgánica y un adecuado drenaje. No soporta el encharcamiento, y en altitudes superiores a los 2200 metros, su desarrollo es más lento y la producción tiende a ser un poco menor.

- **Hábitos de crecimiento**

Carreño (2009) describe esta especie como una planta perenne de gran tamaño que crece en matorros. Sus tallos pueden alcanzar un diámetro de entre 2 y 3 centímetros, y pueden llegar a alturas de 2, 3 e incluso 4 metros si se permite que envejeczan. Las hojas de la maralfalfa tienen una longitud de 30 a 70 cm y un ancho de 2 a 4 cm; además, presentan una superficie lisa a partir de los 900 m s.n.m., mientras que por debajo de esta altitud muestran pubescencia.

- **Condiciones agroclimáticas**

Según Benítez (1980), se describe en la Tabla 4 las siguientes condiciones:

Tabla 4.

Condiciones agroclimáticas

| Temperatura | Altitud | Humedad relativa | Suelos (pH) |
|--------------------|----------------|---|--------------------|
| (°C) | (m s.n.m.) | | |
| 25 - 30 | 1500 - 3000 | Es resistente durante las épocas de sequía y muestra tolerancia a condiciones de exceso de humedad. | 6 - 7 |

FUENTE: Adaptado de Benitez (1980)

- **Producción de forraje**

Carreño (2009) menciona que en cultivos de maralfalfa ubicados en suelos con escasa materia orgánica, que oscilan entre franco-arcilloso y franco-arenoso, en condiciones de clima relativamente seco, pH de 4.5 a 5 y a una altitud aproximada de 1750 m s.n.m., se puede cosechar 11 kilos por metro lineal en lotes de segundo corte sembrados a 1 metro de distancia entre surcos. Esto se traduce en una producción de 110000 kilos por hectárea, equivalente a 110 toneladas.

4.2.8. Labores culturales

Bravo (2015) sugiere la propagación vegetativa para esta especie, recomendando una distancia de siembra de 50 a 70 cm entre surcos, colocando preferiblemente dos cañas en paralelo a una profundidad máxima de tres centímetros (3 cm). Antes de la siembra, es esencial seleccionar estacas inocuas, es decir, resistentes a enfermedades, virus y plagas. La cantidad sugerida de tallos para sembrar es de 3000 kilos por hectárea. Según Chávez (2016), a una altitud de 1400 m s.n.m., el número de macollos aumenta progresivamente con el tiempo, incrementando en un promedio

de 9.8 macollos. Además, una planta puede llegar a aumentar hasta 13 hojas por semana, aunque no presenta hojas durante los primeros 15 días. Los riegos pueden efectuarse por inundación, y las necesidades de agua varían a lo largo del ciclo del cultivo. Al inicio del crecimiento de las plantas, se requiere menos agua para mantener una humedad constante. Sin embargo, durante la etapa de crecimiento vegetativo, la demanda de agua es mayor, y se recomienda regar de 10 a 15 días antes de la floración. Por lo tanto, el forraje para corte necesita un alto porcentaje de agua, aplicando láminas de 7 a 12 mm/m² a lo largo del cultivo (Cunuhay & Choloquina, 2011).

El control de malezas se realiza durante toda la etapa del cultivo, se puede realizar control manual y mecánica. La presencia de plagas y enfermedades que causen daños severos en *Pennisetum sp.* no se ha descrito por ser una especie con escasa investigación. No obstante, la abundancia de humedad y la insuficiencia de macro y micro elementos pueden mostrar hongos patógenos que causan daños (Cunuhay & Choloquina, 2011).

El primer corte se realiza cuando todo el cultivo ha espigado y para los cortes posteriores, se debe esperar hasta que la planta alcance un 10% de espigamiento, lo cual ocurre aproximadamente 40 días después.

La aplicación de materia orgánica junto con un adecuado nivel de humedad, evitando el encharcamiento, es muy efectiva para un buen desarrollo de la maralfalfa. Después de cada corte, se recomienda aplicar por hectárea: 1 saco de urea y 1 saco de cloruro de potasio (Cunuhay & Choloquina, 2011).

4.3. Métodos de abonamiento del cultivo de maralfalfa (*Pennisetum sp.*)

La aplicación de fertilizantes en las pasturas ofrece varios beneficios, como el incremento en la producción por área, un aumento en el contenido de proteínas y minerales, así como una

prolongación de la vida útil del forraje. La fertilización nitrogenada es la más comúnmente utilizada debido a los beneficios que proporciona (Pinzón, 1976).

Para mejorar los rendimientos productivos de los pastos, se evidencia que la mayoría de los productores utiliza los fertilizantes químicos, aplicándolos directamente a las plantas en forma de nutrientes químicos sintéticos solubles en agua mediante ósmosis forzada. Estas sustancias se emplean para complementar los recursos disponibles en el suelo. Sin embargo, uno de los inconvenientes de esta fertilización es que provoca problemas de contaminación a los suelos y a las fuentes de agua subterránea (Chavarría, 2002).

Los fertilizantes orgánicos, son una alternativa viable para la fertilización de las pasturas, entre ellos encontramos; compost, humus, bocashi, biol, etc. Estos fertilizantes orgánicos son de gran relevancia, ya que proporcionan una fuente de vida bacteriana para el suelo y son esenciales para la nutrición de las plantas. Además, no solo aumentan las condiciones nutritivas de la tierra, también mejoran su condición física (estructura), incrementan la absorción del agua y mantienen la humedad del suelo (Mosquera, 2010).

4.4. Biofertilizante líquido o biol

Es un abono orgánico líquido que se produce a través de la desintegración o fermentación anaeróbica, resultando en un residuo tanto líquido como sólido. La fracción líquida es conocida como biol, y se utiliza como fertilizante foliar (Estrada, 2007).

El biol es un fertilizante natural, conocido igualmente como biofertilizante líquido, que se puede aplicar a varios cultivos, especialmente en hortalizas y plantas de ciclo corto. Es más, en plantas que ha sufrido perjuicios por granizadas, heladas, bajas temperaturas, en plantas desnutridas y quemaduras de diferente naturaleza, los efectos del biol son muy veloces y verificables (Estrada, 2007).

4.4.1. Ventajas y desventajas del uso de biol

Arana et al. (2011) destacan varias ventajas del uso de biol, entre las cuales se incluyen que no es tóxico ni contamina el medio ambiente, lo que lo convierte en una opción segura para su uso agrícola. Además, su costo de producción es bajo y su elaboración resulta sencilla. El biol contribuye al vigor de los cultivos, permitiéndoles enfrentar de manera más efectiva a plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas como heladas, sequías y granizadas. También se caracteriza por su rápida absorción por parte de las plantas, gracias a su elevada concentración de hormonas de crecimiento vegetal, vitaminas y aminoácidos.

En cuanto a las desventajas Arana et al. (2011) mencionan que el proceso de elaboración del biol es prolongado, con una duración de 3 a 4 meses. Por lo tanto, es necesario planificar su producción con antelación a lo largo del año para asegurar la disponibilidad de follaje verde como insumo y poder utilizarlo durante la campaña agrícola.

4.4.2. Método de aplicación

López & Olivera (2017) señalan que el biol puede aplicarse mediante tres métodos: de forma foliar, directamente al suelo o con una combinación de ambos. Usualmente, la aplicación directa al suelo se emplea para cultivos perennes, mientras que los cultivos anuales suelen recibir biol a través de la aplicación foliar. Sin embargo, algunos productores también aplican biol directamente al suelo en cultivos anuales, ya sea en las calles o en los surcos de plantación. Las dosis y los momentos de aplicación dependen del tipo de cultivo y su etapa de desarrollo.

Cuando se aplica al follaje este abono líquido debe efectuarse en momentos de mayor actividad fisiológica mediante la aplicación con mochilas fumigadoras (Goytia, 2007).

Colque et al. (2005) señalan que su aplicación con parte efluente puede ser dirigidos al follaje, y el lodo se puede aplicar a la semilla, al suelo y/o a la raíz.

4.5. Uso de fertilizantes foliares.

Hay casos en que las plantas no satisfacen sus necesidades nutritivas por absorción radicular por múltiples sucesos tal como carencia de elementos nutritivos en el suelo, lesiones en las raíces, efectos antagónicos de nutrientes, elementos de poca solubilidad, sequias muy prolongadas, etc., que implican en el desarrollo de la planta, notándose en algunos casos en manera acentuada, síntomas de deficiencia, en estas circunstancias, lo más provechoso para corregir estas insuficiencias es mediante la fertilización foliar (Chilón., 1991).

4.5.1. Efectos de una fertilización foliar

Primavesi (1984) señala que el impacto de la fertilización foliar no solo está determinado por la absorción de nutrientes, sino también por su capacidad de movilidad hacia las raíces. Si el transporte basipétalo es ineficiente, el efecto en las hojas será limitado. Además, esta fertilización no tendrá un impacto positivo en la producción si el metabolismo de la planta es deficiente. Por lo tanto, el efecto sobre la producción está vinculado a un suelo bien aireado y con una buena estructura, ya que en suelos compactados es poco probable que se incremente el rendimiento. Por estas razones, la fertilización foliar debería considerarse más como un estímulo para la nutrición de las plantas que como un recurso nutricional fundamental.

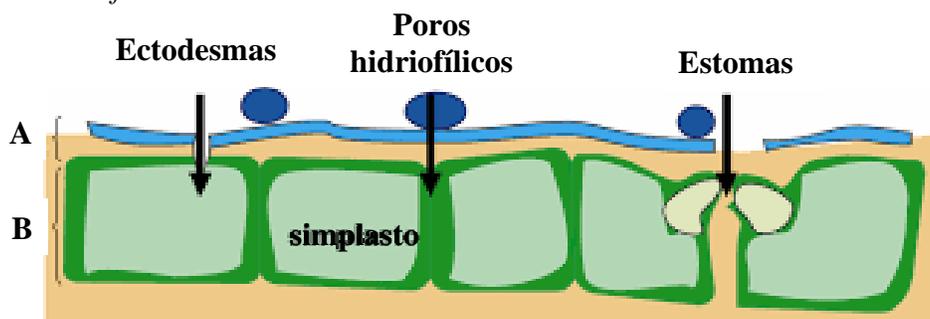
4.5.2. Absorción de nutrientes mediante las hojas

Los nutrientes que se aplican sobre las hojas pueden infiltrarse en la cutícula a través de un proceso de difusión, estos nutrientes atraviesan la cutícula y entran en la hoja mediante las células de la epidermis a través de estructuras submicroscópicas delgadas que se extienden desde la superficie interna de la cutícula hasta la membrana citoplasmática a través de las paredes celulares de la epidermis (ver Figura 2). Una vez que el nutriente está en contacto con la membrana

citoplasmática de la célula, el mecanismo de entrada es similar al que se presenta en las células de las raíces (Armas, 1988).

Figura 2.

Rutas de absorción foliar de nutrientes



A: Capa externa de la epidermis, cutícula con estructura cerosa

B: Epidermis

FUENTE: Adaptado de Armas (1988)

Vásquez & Torres (1985) señalan que la absorción de los elementos minerales de parte de las plantas a través de las raíces necesita en la gran parte de los casos un gasto de energía metabólica para que estos penetren, en contra del gradiente de concentración, en las células.

4.5.3. Factores que afectan la absorción foliar

Rodríguez (1989) indica que los factores que perturban la absorción foliar son las siguientes:

a) Temperatura

Con el aumento de la temperatura, por ejemplo, al pasar de 20 °C a 26 °C, la cutícula se vuelve más flexible y el agua se torna más fluida, lo que favorece la absorción de la solución nutritiva aplicada. Sin embargo, al alcanzar los 28 °C, comienza a producirse un secado superficial, lo que disminuye la capacidad de absorción de dicha solución.

b) Humedad Relativa

Un aumento en la humedad relativa del entorno mejora la estabilidad de las gotas de solución en la superficie de las hojas, lo que a su vez aumenta la probabilidad de que estas sean absorbidas.

c) Edad de la hoja

Las hojas nuevas presentan una capacidad de absorción superior a la de las hojas envejecidas.

d) Características de la solución aplicada

Los fosfatos y nitratos de potasio se propagan a nivel foliar en mayor medida que los cloruros y nitratos de potasio.

e) Luz

Este aspecto es fundamental para lograr una fotosíntesis óptima, lo que a su vez genera energía disponible para la absorción activa de nutrientes.

4.5.4. Ventajas de la absorción de fertilización líquida sobre los sólidos

Simpson (1991) diferencia que las ventajas de los fertilizantes líquidos en comparación con los sólidos incluyen una absorción inmediata en el suelo, incluso durante períodos de sequía, una distribución más uniforme de los nutrientes y la posibilidad de incrementar la efectividad de ciertos pesticidas y fungicidas.

Rodríguez (1989) señala que la fertilización foliar, confrontada con la clásica, muestra las siguientes características: las dosis empleadas son menores; más rápida utilización de los nutrientes por parte de la planta; no se presentan los problemas de suelo; es flexible en el número de aplicaciones.

4.6. Características agronómicas y morfológicas

Las características agronómicas de las plantas son aquellos aspectos que influyen en el rendimiento, adaptabilidad y producción de un cultivo en condiciones de campo. Estas incluyen factores como la productividad, el comportamiento de crecimiento, y la respuesta a prácticas de manejo agrícola y fertilización, así como su resiliencia ante factores ambientales. Las características agronómicas son fundamentales en la evaluación del potencial productivo de las plantas y en la optimización de las prácticas agrícolas para mejorar la eficiencia de producción (Euston96, 2023). Por otro lado, las características morfológicas de las plantas están relacionadas con los atributos físicos y estructurales que definen su forma externa. Estas incluyen la altura, el grosor del tallo, el tamaño de las hojas, y el número de macollos, entre otros (Villego, 1987).

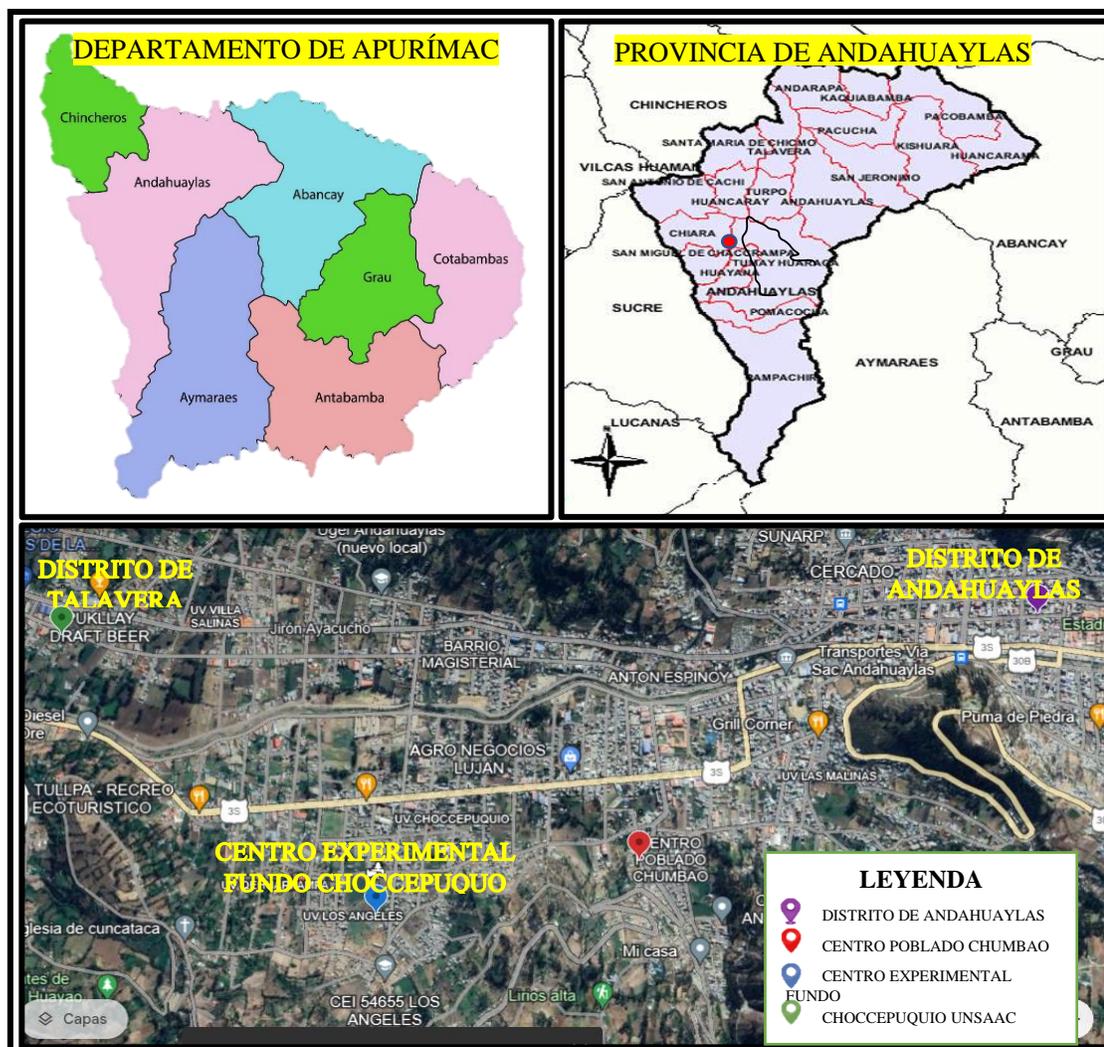
V. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Lugar de ejecución de la investigación

La presente investigación se realizó en el Centro de Investigación Fundo Choccepuquio (CIFUNCH) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, ubicado en la urbanización Choccepuquio del Centro Poblado de Chumbao, distrito de Andahuaylas, provincia de Andahuaylas, región Apurímac, situado a una altitud de 2853 m s.n.m., con coordenadas 13° 40' 07.4" de latitud sur y 73° 24' 28.5" de longitud oeste (ver Figura 3).

Figura 3

Ubicación del Centro de Investigación Fundo Choccepuquio



FUENTE: Google Maps (Google, 2024).

5.1.1. Características de la zona de estudio

- **Clima**

En la provincia de Andahuaylas, el clima es característico de la región andina, con áreas ubicadas entre los 2000 y 3000 que tienen un clima templado, con moderadas lluvias; el mismo que caracteriza al valle del Chumbao, que debido a los vientos procedentes de los ríos que bordean el distrito por encontrarse a menor altitud, presenta inviernos secos de bajas temperaturas, y durante el mes más lluvioso, la cantidad total de agua precipitada es de 488mm (Suel, 2008).

En la provincia de Andahuaylas, hay una precipitación que diferencia el año en dos épocas: temporada de lluvias que comienza desde mediados de noviembre hasta fines de marzo; con un promedio de 560 mm, acompañados de fenómenos eléctricos (rayos y truenos) y la temporada seca a partir de abril hasta noviembre (Suel, 2008). La época de escasas precipitaciones entre septiembre y octubre, son aprovechadas para la preparación de suelos y las primeras siembras (Suel, 2008), y la precipitación varía de acuerdo a la altitud (ver Tabla 5).

Tabla 5

Precipitación pluvial en Andahuaylas

| Altitud (M S.N.M) | Precipitación pluvial (anual) |
|--------------------------|--------------------------------------|
| De 1200 a 1800 | 250 a 500 mm |
| De 1800 a 2500 | 250 a 500 mm |
| De 2500 a 3000 | 500 a 1000 mm |
| De 3000 a 4000 | 1000 a 2000 mm |

FUENTE: Información FODA, Sub Región Agraria Andahuaylas (2006)

El mes con alta humedad relativa es marzo (87.02 %). El mes con baja humedad relativa es agosto (68.93 %) (Suel, 2008).

En Andahuaylas, el mes de agosto tiene más horas de sol diarias con un promedio de 7.44 horas de sol. En total hay 230.61 horas de sol en todo el mes de agosto. El mes de enero tiene menos horas diarias de sol en Andahuaylas con un promedio de 6.31 horas de sol al día. En total suma 195.49 horas de sol en enero. Se cuentan cerca de 2312.21 horas de sol en todo el año. La media de sol al mes, se aproxima a 75.93 horas (Suel, 2008).

La diferenciación de la temperatura es muy significativa y aumenta con la altitud, la temperatura de día llega hasta 25°C y en las noches disminuye hasta 3°C y en el mes de junio, invierno austral, la temperatura máxima de día llega a 20.2°C y en las noches desciende a 0.5°C (Suel, 2008).

5.2. Parcela y diseño experimental de la investigación

5.2.1. *Análisis de suelo*

Previo al inicio del experimento se realizó un análisis de suelo luego se precedió a la preparación de la parcela. Para el análisis se envió tres muestras hacia el laboratorio de suelos, aguas y foliares del Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Canaán (LABSAF-INIA-EEA-CANAÁN), es decir, se envió 1 muestra por bloque con un peso de 1 kg de cada una de ellas. Para extraer cada muestra de cada área de los bloques se siguió los siguientes pasos (se trazó un patrón sistemático en forma de una “X”, se extrajo 5 porciones de tierra desde la superficie hasta 25 cm de profundidad utilizando una pala y luego se prosiguió a mezclar homogéneamente, de ahí se pasó a separar la cantidad de 1 kg en una bolsa plástica transparente debidamente etiquetada con su identificación). Los resultados del análisis del suelo se pueden observar en la Tabla 6, así mismo en el Anexo A (documento emitido por el laboratorio).

Tabla 6*Resultados del análisis de suelo*

| Propiedades | Unidad | Bloque 1 | Bloque II | Bloque III |
|----------------------------|---------------|-----------------|------------------|-------------------|
| pH | unid. pH | 7.8 | 7.8 | 7.8 |
| Conductividad Eléctrica | mS/m | 17.3 | 16.2 | 14.7 |
| Materia Orgánica | % | 4.30 | 4.20 | 4.30 |
| Nitrógeno | % | 0.22 | 0.21 | 0.22 |
| Fosforo | ppm | 10.70 | 9.33 | 10.48 |
| Potasio | ppm | 291.98 | 281.01 | 300.88 |
| Textura | | | | |
| Arena | % | 36 | 36 | 36 |
| Limo | % | 56 | 58 | 56 |
| Arcilla | % | 8 | 6 | 8 |
| Clase Textural | --- | Franco Limoso | Franco Limoso | Franco Limoso |

FUENTE: Propio del autor (2023)

5.2.2. Parcela experimental

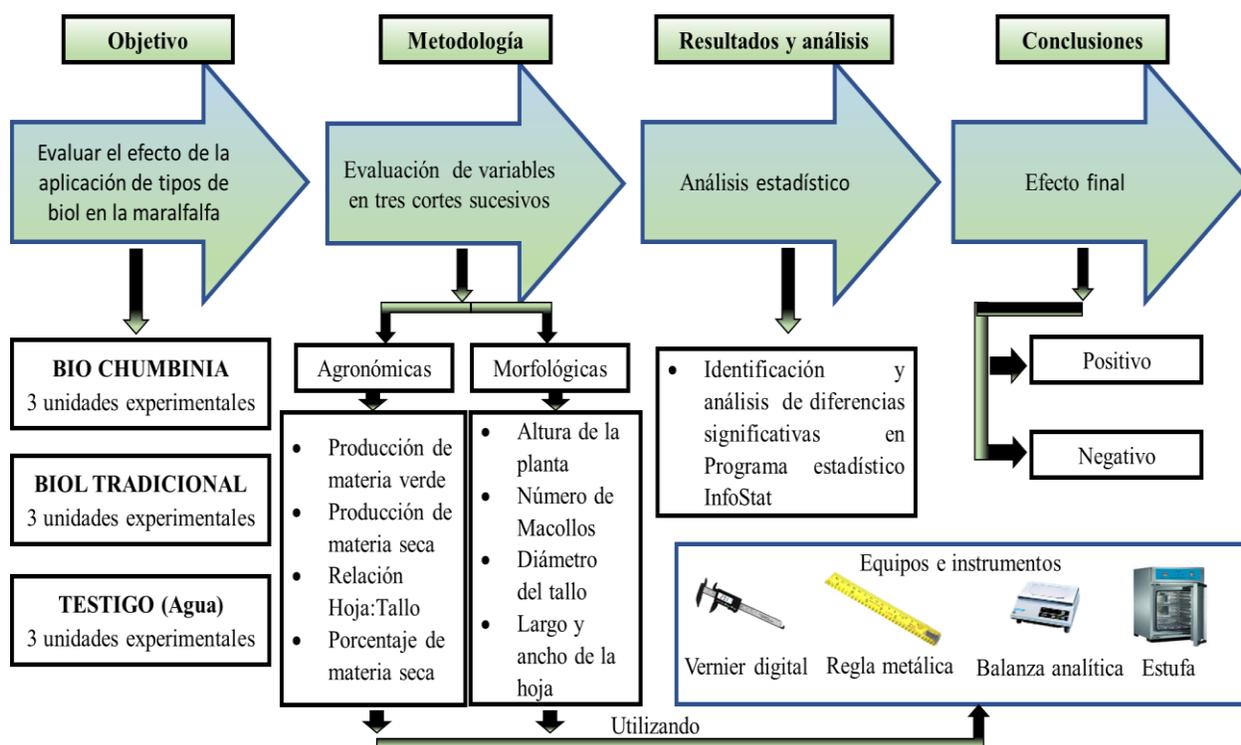
Se preparó un espacio de terreno de 304.75 m², en el cual se inició con el roturado y desmenuzado con la ayuda de un tractor agrícola, después se pasó a realizar el marcado de bloques con cada unidad experimental debidamente medido, esto se realizó utilizando; cinta métrica, rafia, yeso y estacas.

5.2.3. Diseño experimental de la investigación

El experimento tuvo tres tratamientos; la aplicación de dos tipos de biol (Bio Chumbinia y biol tradicional) y el testigo (agua) en la maralfalfa (*Pennisetum sp*). A los tratamientos se evaluó las características agronómicas y morfológicas después del corte de uniformización (126 días después de la siembra), evaluando la producción de materia verde (g/planta/corte), producción de materia seca (g/planta/corte), relación hoja:tallo, porcentaje de materia seca (%) y altura de la planta (cm), número de macollos (unidad), diámetro del tallo (mm), largo de la hoja (cm), ancho de la hoja (mm) respectivamente. Las evaluaciones y el corte general se hicieron en el día 42 contado a partir del corte de uniformización, en toda la etapa de evaluación se hizo 3 cortes. (ver figura 4).

Figura 4

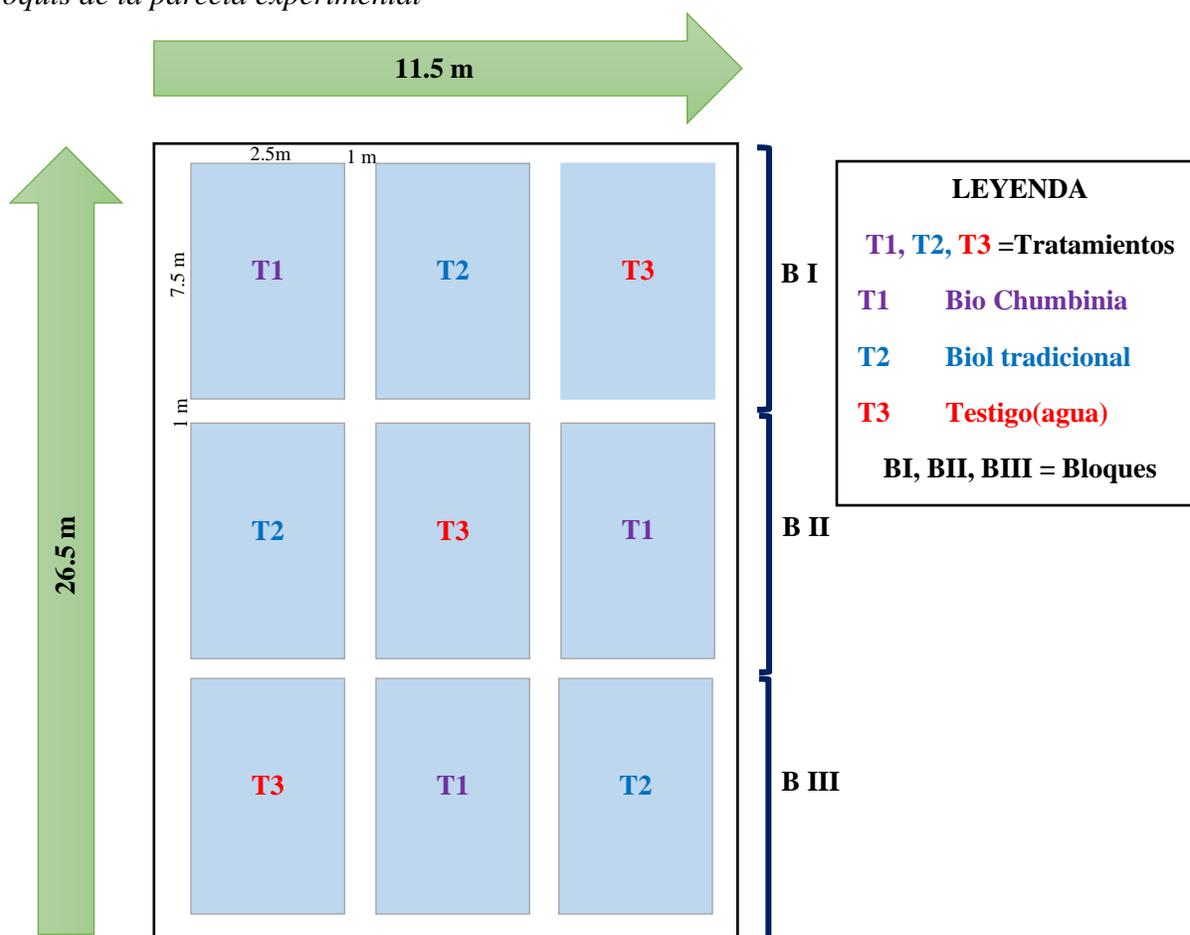
Esquema del diseño experimental de la investigación



El experimento se ha distribuido en un diseño de bloques completos al azar (DBCA) teniendo 9 unidades experimentales, tres repeticiones ($r=3$) por tratamiento y cada unidad experimental tuvo una extensión de 18.75m^2 (ver Figura 5). Por cada unidad experimental se sembró 96 estacas vegetales, 288 por cada bloque, del mismo modo, 288 por tratamiento y en todo el campo experimental fueron sembradas 864 estacas vegetales. La evaluación de las variables de estudio se realizó en 8 plantas por unidad experimental, teniendo un total de 24 plantas en evaluación por tratamiento y 72 en todo el experimento. Primero se determinó el porcentaje de prendimiento en condiciones de la zona en evaluación, lo cual se tomó en el día 30 y día 45 después de la siembra considerando la cantidad total de estacas vegetales sembradas: En segundo lugar, se evaluó las características agronómicas y morfológicas.

Figura 5

Croquis de la parcela experimental



5.3. Instalación y equipos

Las estacas vegetales de maralfalfa se obtuvieron del Centro Poblado de Ccompicancha que está ubicado a 3300 m s.n.m., donde se tomó estacas vegetales que habían madurado durante un período de 5 a 6 meses, seleccionando de manera uniforme de 2 a 3 cm de diámetro medido en la parte media de la estaca y se cortó a un tamaño de 20 a 28 cm de largo; estas estacas tuvieron 2 nudos las cuales se instalaron a 50 cm de planta a planta y 50 cm surco a surco en forma horizontal (ver Tabla 7), las estacas vegetales se colocaron a una profundidad de 5cm. Antes de la instalación se ha tenido un proceso de remojo de 10 minutos con la aplicación de un producto que estimula al enraizado, prosiguiendo con un remojo de 48 horas solo en agua.

Para completar los espacios donde las semillas vegetativas no prendieron, se realizó una resiembra a los 45 días después de la plantación inicial.

La determinación del porcentaje de prendimiento fue registrada en el cuaderno de campo del cual se calculó con una operación matemática de regla de tres simple con los siguientes datos: total de plantas trasplantadas y plantas que hayan prendido. Para evaluar las características agronómicas y morfológicas se utilizó vernier digital, regla metálica, balanza analítica, estufa, tijeras, bolsa de papel kraft, lapicero, fichas de evaluación y cuaderno de campo donde se tomaron nota los datos, en el caso de producción de materia verde y seca se utilizó una balanza analítica para el pesado. Asimismo, se utilizó una laptop con programas de paquetes estadísticos para el análisis y la obtención de resultados.

Tabla 7*Características de la parcela experimental*

| PARCELA EXPERIMENTAL | |
|---|-----------------------|
| Ancho | 11.5 m |
| Largo | 26.5 m |
| Área neta sin calles | 168.75 m ² |
| Área total con calles | 304.75 m ² |
| BLOQUES | |
| Número de bloques | 3 |
| Ancho | 11.5 m |
| Largo | 7.5 m |
| Área | 56.25 m ² |
| TRATAMIENTO | |
| Número de unidades experimentales | 9 |
| Número de tratamientos por bloque | 3 |
| Ancho | 2.5 m |
| Largo | 7.5 m |
| Área | 18.75 |
| HILERAS | |
| Número de hileras por unidad experimental | 6 |
| Número de hileras por bloque | 18 |
| Número de hileras por tratamiento consideradas para plantas evaluadas | 4 |
| Número de hileras en el campo experimental | 54 |
| CALLES | |
| Número de calles entre bloques | 2 |
| Largo de calle | 24.5 m |
| Ancho de calle | 1 m |
| Área total de calles entre bloques | 49 m ² |
| Número de calles entre tratamientos | 2 |
| Largo de calle | 1 m |

| | |
|---|--------------------|
| Ancho de calle | 9.5 m |
| Área total de calles entre tratamientos | 19 m ² |
| Área total de borde de 1 m de la parcela experimental | 72 m ² |
| Área total de calles (bloques y tratamientos) | 136 m ² |
| DENSIDAD DE SIEMBRA | |
| Distancia entre hileras | 0.5 m |
| Distanciamiento entre plantas | 0.5 m |
| Plantas por unidad experimental | 96 |
| Plantas en la parcela experimental | 864 |
| Plantas por hectárea | 40000 |

5.4. Manejo del campo experimental

La investigación se llevó a cabo en dos etapas principales: la fase de establecimiento y la fase experimental. Durante la primera fase, se realizó la siembra de la maralfalfa y se mantuvo hasta que se llevó a cabo el corte de uniformización, lo cual ocurrió después de 18 semanas, equivalentes a 126 días. Posteriormente, comenzó la fase experimental y de manejo, que comenzó inmediatamente después del corte de uniformización (DDCU) y se extendió hasta la conclusión del experimento (126 días DDCU).

5.4.1. Riego del campo experimental

El tipo de riego que se empleó fue por aspersión, el cual se inició 30 días antes de la siembra con la finalidad de lograr la germinación y emergencia de semillas de malezas. Posteriormente se realizó el preparado del terreno dejando por una semana sin riego, con el objetivo de lograr el marchitamiento de malezas que germinaron, obteniendo el control previo de plantas no deseadas en la parcela experimental. El intervalo de riego que se realizó fue de 10 días hasta los 50 días después de la siembra, continuando con intervalo de 14 días hasta el corte de uniformización. La etapa experimental se dio en la época lluviosa, por el cual el riego se empleó por secano.

5.4.2. Control de malezas y enfermedades

El manejo de las malezas se realizó manualmente, comenzando desde antes de la siembra y continuando cada 14 días hasta cumplir 45 días. Posteriormente, dependió de la capacidad de competencia del pasto con el crecimiento de las malezas, ya que la maralfalfa suprimió haciéndoles sombra y dificultando su desarrollo. Al momento del corte de uniformización se procedió a eliminar las malezas para facilitar el rebrote del pasto. Las especies más difíciles de controlar en el campo experimental fueron el nabo silvestre (*Brassica rapa L.*) y el kikuyo (*Cenchrus clandestinus*). En cuanto a la incidencia de enfermedades y plagas no se observó la presencia en este experimento.

5.4.3. Corte de uniformización

El primer corte, también llamado corte de uniformización, se realizó a las 18 semanas (126 días). Este corte se hizo a 10 cm del suelo, respetando la altura mínima necesaria para conservar la pastura (Ruíz, 2016). Se realizaron tres evaluaciones de las variables mediante cortes sucesivos, llevados a cabo cada 42 días, completando así tres ciclos de corte en total.

5.4.4. Identificación de parcelas y plantas en evaluación por tratamiento

Se identificó las parcelas para los distintos tratamientos asignados al azar, teniendo 3 parcelas por cada bloque, correspondientes a los tres tratamientos (Bio Chumbinia, biol tradicional y testigo) tal como se observó en la Figura 4. Para la asignación de plantas en evaluación, primero se codificó la totalidad de plantas del campo experimental en serpentín, prosiguiendo el descarte de las plantas para el sorteo ubicado en los bordes de las parcelas de tratamientos (unidades experimentales) para controlar el efecto borde. Posteriormente se asignó aleatoriamente 8 plantas por unidad experimental, dándose 24 plantas evaluadas por tratamiento y 72 plantas evaluadas en todo el campo experimental.

5.4.5. Aplicación de fertilizantes experimentales

La fertilización se realizó con una frecuencia de 7 días a partir del corte de uniformización correspondientes a los tratamientos respectivos (bio chumbinia, biol tradicional y testigo). No obstante, cabe señalar que no se realizó una aplicación adicional de fertilización.

a. Preparación y obtención de biol

Se tuvo dos tipos de biol como se planteó en el proyecto de investigación: el biol 1 fue adquirido del Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Chumbibamba-Andahuaylas, pues en su autoría como institución tiene el biofertilizante líquido con el nombre Bio Chumbinia con composición nutricional definida (ver Tabla 8). El biol 2 se preparó con diferentes insumos como (Estiércol fresco de vacuno (5kg), gallinaza (5kg), estiércol de cuy (3kg), azúcar rubia (2kg), ceniza (700g), cascará de huevo molido (400 g), suero de leche de vacuno (3L), orina de vacuno (2.5L), chicha de jora (2.4L), jugo de alfalfa (1.5L)) adaptado de Álvarez (2010) de su manual de preparación y uso de biol. La cantidad de insumos fue para un cilindro de tapa hermética de 80 litros de capacidad y estuvo de manera anaeróbica durante 80 días. el cual se envió un volumen de 1 litro para su análisis químico al laboratorio de suelos, aguas y foliares del Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Pichanaki (LABSAF-INIA-EEA_PICHANAKI). Los resultados del análisis de biol 2 se pueden observar en la Tabla 8 tanto en el Anexo B.

Tabla 8

Composición nutricional de Bio Chumbinia y biol tradicional

| Propiedades | Unidad | Contenido de Bio | Contenido de biol |
|----------------|--------|------------------|-------------------|
| | | Chumbinia | tradicional |
| Nitrógeno (N) | % | 0.11 | 0.5 |
| Fosforo (P) | % | 1.05 | 0.65 |
| Potasio (K) | % | 0.22 | 0.74 |
| Calcio (Ca) | % | 0.13 | 0.63 |
| Magnesio (Mg) | % | 0.07 | 0.11 |
| Zinc (Zn) | mg/L | 9.72 | 13.50 |
| Cobre (Cu) | mg/L | 2.27 | 7.45 |
| Hierro (Fe) | mg/L | 118.75 | 97.50 |
| Manganeso (Mn) | mg/L | 7.82 | 175 |
| Sodio (Na) | mg/L | 677 | 42.80 |

FUENTE: INIA-ANDAHUAYLAS (2023) (Composición química de Bio Chumbinia) y Propio del autor (2023) (Composición química de biol tradicional).

b. Métodos de aplicación de los tipos de biol (variables independientes)

La aplicación de los bioles se realizó de forma foliar cada 7 días, comenzando desde el corte de uniformización y manteniéndose durante el periodo de estudio de 126 días. Se utilizó una mochila fumigadora con capacidad de 15 litros para facilitar la incorporación.

La incorporación de los abonos foliares orgánicos al cultivo se realizó con una dosis de 500ml/mochila, una mochila de 15 litros fue para 3 unidades experimentales, es decir para 56.25 m²; para esto se disolvió el biol de manera homogénea un volumen de 500ml en 14.5 L de agua. La aplicación se realizó por las mañanas antes de las 10 am para una mayor eficiencia de la absorción del biofertilizante líquido, durante la evaluación del cultivo.

5.5. Evaluación de las características agronómicas de la maralfalfa

5.5.1. Producción de materia verde (g/planta)

Para medir la producción de materia verde se realizó el corte cada 42 días, para ello se tomó ocho plantas al azar de la zona central por unidad experimental. El corte de cada planta se hizo a 10 centímetros con respecto al suelo utilizando segadera colocándolas en una bolsa papel kraft número 12 y se tomó el peso de cada una de ellas con ayuda de una balanza analítica marca electronic balance de resolución 0.01g, capacidad de 3kg. Las bolsas papel kraft se pesaron antes de ser colocadas las plantas cortadas, esto para restar al peso total de cada muestra y obtener el peso real de materia verde de las plantas. Esta variable se expresó en gramos de materia verde por planta.

5.5.2. Producción de materia seca (g/planta)

Para la obtención de la materia seca se realizó un secado en estufa marca Samsung del laboratorio del centro de investigación donde se realizó este estudio, se hicieron secar las plantas que se han extraído para obtener la materia verde, las cuales se colocaron en una bolsa de papel kraft para el secado respectivo. Las muestras fueron mantenidas durante 24 horas a una temperatura constante de 105 °C en la estufa y posteriormente se calculó esta variable expresándola en gramos de materia seca por planta.

5.5.3. Relación hoja:tallo

Se determinó realizando la separación de hojas y tallos de las muestras obtenidas para determinar la producción de materia verde. Cada parte de la plantas se colocaron en bolsas de papel craf número 6 (las bolsas fueron pesadas antes de ser utilizadas), luego se pesó cada una de ellas en una balanza analítica marca electronic que se usó para realizar el pesado de diferentes variables de evaluación de este trabajo de investigación, el peso de las bolsas se restó al peso total

de cada muestra obteniendo los pesos reales de cada parte de las plantas, determinando así la relación existente entre hoja y tallo en g de materia verde por medio de la división:

$$\text{Relación } h:t = \frac{\text{peso de la hoja}}{\text{peso del tallo}}$$

5.5.4. Determinación del porcentaje de materia seca

Se determinó con los datos obtenidos de la producción de materia verde y materia seca, para lo cual se dividió el peso de la producción de materia verde sobre el peso de la producción de materia seca y luego multiplicando por cien. Estos resultados se expresaron en porcentajes (%) y la evaluación se realizó a los 42 días.

$$\% \text{materia seca} = \left(\frac{\text{peso de la producción de materia verde}}{\text{peso de la producción de materia seca}} \right) (100)$$

5.6. Evaluación de las características morfológicas de la maralfalfa

5.6.1. Altura de la planta (cm)

La altura de las plantas se evaluó cada 42 días, para ello se tomó ocho plantas al azar de la zona central por unidad experimental, no se consideró los extremos para evitar el efecto borde. Las mediciones se realizaron utilizando regla metálica desde el cuello de la raíz hasta la hoja más larga de la planta. A la altura del cuello de la raíz o nivel del suelo se colocó tacones para tener el punto de medición definida en las tres mediciones que se tuvo, los datos obtenidos fueron expresados en centímetros.

5.6.2. Número de macollos (unid)

Se tomó ocho plantas por unidad experimental (fue útil las mismas plantas de evaluación de la anterior variable). El número de macollos se evaluó con un conteo directo de cada material vegetativo y se realizó a los 42 días después de cada corte.

5.6.3. *Diámetro del tallo (mm)*

El diámetro del tallo también se evaluó a los 42 días de cada corte con la ayuda de un vernier digital, para ello se tomó ocho plantas por unidad experimental (fue útil las mismas plantas evaluadas de las anteriores variables). Se midió en el segundo entrenudo del nivel del suelo de la hoja representativo de la planta. Esta variable se expresó en milímetros.

5.6.4. *Largo de la hoja (cm)*

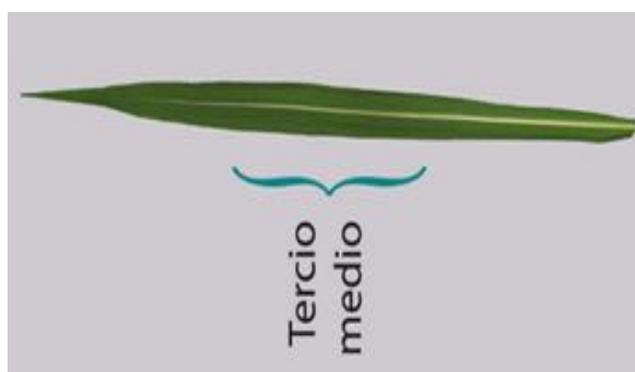
Esta variable también se evaluó en el día 42 después de cada corte y se tomaron a cada una de las plantas que fueron evaluadas en las anteriores variables. La medición se hizo con una regla metálica desde la base de la lámina foliar hasta el ápice de la hoja, para esto se tomó la hoja representativa de cada planta (se consideró la misma hoja representativa que se evaluó para la altura de la planta) y los resultados fueron expresados en centímetros.

5.6.5. *Ancho de la hoja (mm)*

Del mismo modo esta variable se midió en un tiempo de 42 días después de cada corte. Para la evaluación fue útil las mismas plantas que se evaluó en las anteriores variables, se utilizó un vernier digital colocando en el tercio medio de la hoja tal como se observa en la Figura 6 (se consideró la hoja que se evaluó en la variable largo de hoja) y los resultados se expresaron en milímetros.

Figura 6

Punto de medición del ancho de la hoja de maralfalfa



5.7. Análisis estadístico

Se efectuó un análisis exploratorio de los datos obtenidos, para detectar datos atípicos. Los estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación) se lograron para cada variable respuesta. Se efectuó el análisis de varianza (ANVA) para observar el efecto de los tratamientos (diferentes tipos de biol) sobre las características agronómicas y morfológicas de maralfalfa (*Pennisetum sp*). Preliminarmente se verificaron los supuestos de normalidad (Test de Shapiro – Wilk) y homocedasticidad (Test de Levene). La prueba de comparación de medias se efectuó con la prueba del Rango Múltiple de Duncan, con un nivel de significación del 0.05. Se utilizó el paquete estadístico InfoStat y el modelo lineal aditivo fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta (características agronómicas o morfológicas).

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (Tipo de biol).

β_j = Efecto aleatorio del j-ésimo bloque.

ε_{ijk} = Error experimental.

Tratamientos $i = 3$

Repeticiones $j = 3$

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Porcentaje de prendimiento de la maralfalfa

Los porcentajes de prendimiento promedio se presentan en la Tabla 9; donde se observa que a los 30 y 45 días después de la siembra se obtuvieron valores de 83.68 y 87.27 % respectivamente. El aumento del porcentaje de prendimiento podría ser favorecido por la edad de establecimiento, es decir, por el tiempo que ha transcurrido desde que fue sembrada hasta el momento de la evaluación.

Los resultados obtenidos indican un alto porcentaje de prendimiento, atribuible al buen estado del material vegetativo y a las condiciones ambientales favorables. Esto incluye prácticas efectivas de selección de estacas, que contaban con un estado de madurez óptimo de 5 a 6 meses, así como yemas y nudos en condiciones adecuadas. Además, la calidad de los nutrientes en el suelo y la adecuada humedad durante la siembra, facilitada por un sistema de riego por aspersión, también jugaron un papel crucial. Estas observaciones respaldan lo que menciona Farje (1999), quien sostiene que el establecimiento exitoso del pasto elefante se logra con material vegetativo de plantas vigorosas y productivas, lo que garantiza una buena cobertura. El valor obtenido del porcentaje de prendimiento final en nuestro estudio fue de 87.27%, inferior a lo obtenido por Ruíz (2016) de 90.36% en el distrito de Contamana, provincia de Ucayali, departamento de Loreto, reportado en el estudio como porcentaje de prendimiento. Del mismo modo, Cunuhay & Choloquina (2011) en dos localidades con pisos altitudinales distintos (2,260 y 2,900 m s.n.m) obtuvieron porcentajes de prendimiento de 95.51 y 90.41% respectivamente, reportado como porcentaje de brotados en condiciones de Cuenca – Ecuador e indicando que son superiores al resultado que se obtuvo en nuestro estudio. Así mismo, Uvidia et al. (2014) en condiciones de la amazonia ecuatoriana, obtuvieron porcentajes de prendimiento de 79.4, 82.9 y 88% a tres

distancias de siembra, 0.25, 0.50 y 1.00 m. respectivamente, reportados en este trabajo como porcentaje de germinación, obteniendo resultados similares a nuestro trabajo.

Tabla 9

Porcentaje de prendimiento de maralfalfa

| | Repeticiones | Estacas instaladas | Dia 30 | | Dia 45 | |
|-------------------|--------------|--------------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|
| | | | Estacas prendidas | % | Estacas prendidas | % |
| BLOQUE I | 3 | 288 | 241 | 83.68 | 248 | 86.11 |
| BLOQUE II | 3 | 288 | 242 | 84.03 | 259 | 89.93 |
| BLOQUE III | 3 | 288 | 240 | 83.33 | 247 | 85.76 |
| TOTAL | 9 | 864 | 723 | 83.68 | 754 | 87.27 |

% Porcentaje de prendimiento

6.2. Características agronómicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*)

6.2.1. Producción de materia verde

La producción de materia verde (g/planta/corte), para el corte 1, 2 y 3 se presentan en la Tabla 10; donde se observa valores de 267.71, 563.07 y 217.35 g/planta para el tratamiento de Bio Chumbinia, de 202.41, 451.5 y 205.33 g/planta para el tratamiento de biol tradicional y de 227.24, 439.09 y 175.35 g/planta para el tratamiento testigo(agua) respectivamente.

Se observó que el tratamiento tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre la producción de materia verde en los tres cortes. En el primer corte, el tratamiento Bio Chumbinia superó significativamente a biol tradicional ($P < 0.05$), mientras que fue similar que el testigo ($P > 0.05$). En el segundo y tercer corte, Bio Chumbinia mostró un rendimiento significativamente superior sobre el testigo ($P < 0.05$), pero no se observaron diferencias significativas al compararla con el biol

tradicional ($P>0.05$). El bloque no tuvo efecto significativo sobre la producción de materia verde en ninguno de los tres cortes ($P>0.05$).

Según los resultados obtenidos para la producción de materia verde en este estudio llevando a kg/ha/corte resulta 22522.8 kg/ha como mayor valor en el segundo corte con aplicación de Bio Chumbinia y 17563.6 kg/ha como menor valor con tratamiento control, donde comparado con lo obtenido por Alvarado & Medal (2018) en su trabajo de investigación obtuvieron resultados de peso fresco de planta de 22667 kg/ha y 17335 kg/ha relativamente similares a este estudio. Sin embargo, los resultados en el corte 1 y 3 de este estudio resultaron inferiores a lo obtenido a los resultados del autor antes mencionado.

Martínez & Leiva (2019) en su trabajo de investigación reportaron entre los tratamientos en los que se utilizaron solamente biol, el menor peso de materia verde de 8482.5 kg/ha a los 30 días, sin embargo, reflejo una mayor magnitud de ascenso a los 45 y 60 DDCU obteniendo un peso en la última fecha de 104875 kg/ha. Resultando inferior el peso del día 30 a lo obtenido en el corte 2 y similar a lo obtenido en el corte 1 y 3 por los tratamientos de este estudio. Sin embargo, el peso del día 60 es muy superior a los resultados de todo este estudio.

Tabla 10

Producción de materia verde (g/planta) por corte de maralfalfa

| Factor | N | Corte 1 (Enero24) | Corte 2 (Marzo24) | Corte 3 (Abril24) |
|--------------------|----------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Tratamiento | | [0.0113] | [0.0205] | [0.0353] |
| Bio Chumbinia | 24 | 267.71(72.25) ^a | 563.07(172.02) ^a | 217.35(53.73) ^a |
| Biol tradicional | 24 | 202.41(58.49) ^b | 451.5(153.57) ^{ab} | 205.33(61.47) ^{ab} |
| Testigo(agua) | 24 | 227.24(88.63) ^{ab} | 439.09(167.50) ^b | 175.35(51.55) ^b |
| Bloque | | [0.2598] | [0.3991] | [0.9203] |

| | | | | |
|-----------------|-----------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| 1 | 24 | 250.27(91.17) | 458.71(193.42) | 201.43(65.87) |
| 2 | 24 | 232.14(57.67) | 473.98(122.17) | 201.09(45.23) |
| 3 | 24 | 214.96(80.46) | 520.97(190.86) | 195.50(62.39) |
| Promedio | 72 | 232.45(77.96) | 484.55(171.66) | 199.34(57.76) |

Los p-valores se presentan entre corchetes que indican la significancia de los tratamientos y los bloques en relación con las variables analizadas.

La desviación estándar que mide la dispersión de la distribución de datos se muestra entre ().
^{a,b,c}, Diferencias significativas ($p < 0.05$) según la prueba de Duncan se muestran con los superíndices distintos dentro de las columnas. N: Número de plantas.

Asimismo, la Tabla 10, muestra una tendencia a incremento en la producción de materia verde a medida que transcurre el tiempo de la aplicación de los tratamientos, encontrándose una menor producción en el corte 1 y mayor producción en el corte 2. Además, se puede apreciar que el tratamiento Bio Chumbinia tiene resultados favorables y constantes sobre los tratamientos de biol tradicional y testigo (agua). La producción del corte 3 se vio muy descendido, no siguiendo la tendencia inicial; esto fue debido a un evento climático no frecuente para esta época. Este evento fue la caída de granizada por 2 días consecutivos 20 y 21 de marzo del 2024 registrado en el cuaderno de campo del experimento, la cual destruyó gran parte de la hoja de las plantas.

6.2.2. Producción de materia seca

En la Tabla 11 se presentan los resultados sobre la producción de materia seca (g/planta/corte), con valores promedio en el corte 1, corte 2 y corte 3 de 39.30, 79.18 y 34.23 g/planta para el tratamiento de Bio Chumbinia, de 32.09, 65.66 y 32.76 g/planta, para el tratamiento de biol tradicional y de 34.24, 64.32 y 28.85 g/planta, para el testigo respectivamente.

Se encontró que la producción de materia seca no fue afectada significativamente por el tratamiento ni por el bloque en ninguno de los tres cortes ($P > 0.05$).

Según los resultados obtenidos para la producción de materia seca en este estudio llevando a kg/ha/corte resulta 3167.2 kg/ha como mayor valor en el segundo corte con aplicación de Bio

Chumbinia y 2572.8 kg/ha como menor valor con tratamiento control, donde comparado con lo obtenido por Alvarado & Medal (2018) en su trabajo de investigación sobre el efecto del biol como fertilizante orgánico en 3 cultivares de *Pennisetum Purpureum* obtuvieron resultados de producción de materia seca en maralfalfa de 3988 kg/ha ligeramente superiores a este estudio. No obstante, la producción en el corte 1 y 3 de este estudio resultaron inferiores.

Martínez & Leiva (2019) en su trabajo de investigación reportaron entre los tratamientos la mayor producción de materia seca con la fertilización sintética (T2) a los 45 DDCU con 11986.24 kg/ha y menor producción en el tratamiento testigo con 5176.44 kg/ha, resultando valores superiores a comparación de nuestro estudio.

Tabla 11

Producción de materia seca (g/planta) por corte de maralfalfa

| Factor | N | Corte 1 | Corte 2 | Corte 3 |
|--------------------|-----------|------------------|---------------------|--------------------|
| | | (Enero24) | (Marzo24) | (Abril24) |
| Tratamiento | | [0.099] | [0.0522] | [0.0897] |
| Bio Chumbinia | 24 | 39.30(11.33) | 79.18(23.18) | 34.23(8.09) |
| Biol tradicional | 24 | 32.09(10.70) | 65.66(21.56) | 32.72(9.65) |
| Testigo(agua) | 24 | 34.24(13.16) | 64.32(23.05) | 28.85(7.63) |
| Bloque | | [0.2804] | [0.9655] | [0.7899] |
| 1 | 24 | 38.15(13.76) | 70.00(27.51) | 32.41(9.94) |
| 2 | 24 | 34.73(8.21) | 68.74(16.06) | 32.44(7.17) |
| 3 | 24 | 32.76(13.14) | 70.42(25.66) | 30.95(9.01) |
| Promedio | 72 | 35.21(12) | 69.72(23.29) | 31.94(8.68) |

Los p-valores se presentan entre corchetes que indican la significancia de los tratamientos y los bloques en relación con las variables analizadas.

La desviación estándar que mide la dispersión de la distribución de datos se muestra entre ().
N: Número de plantas.

Además, en la Tabla 11, se observa una tendencia a incrementar la producción de materia seca conforme avanza el tiempo de aplicación de los tratamientos, obteniéndose una menor producción en el corte 1 y mayor producción en el corte 2. Así mismo, se puede observar que el tratamiento Bio Chumbinia tiene resultados positivos sobre los tratamientos de biol tradicional y testigo (agua). La producción de corte 3 se ve disminuido respecto al corte 2, pudiendo verse damnificado por las granizadas e intensas lluvias que se presenciaron durante el intervalo de tiempo del corte 2 al corte 3.

6.2.3. Relación hoja:tallo

En la Tabla 12 se muestran los resultados correspondientes a la relación hoja:tallo de maralfalfa. Para el tratamiento Bio Chumbinia, se obtuvieron valores de 6.71 en el corte 1, 1.99 en el corte 2 y 5.75 en el corte 3. Por su parte, para el tratamiento biol tradicional, los valores fueron 8.40, 2.15 y 4.92 en los cortes 1, 2 y 3, respectivamente. Finalmente, el tratamiento testigo (agua) presentó valores de 7.88, 2.18 y 7.11 en los cortes 1, 2 y 3.

Se observó que el tratamiento tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre la relación hoja:tallo en el tercer corte, donde el tratamiento testigo (agua) superó significativamente a los tratamientos de resultados similares Bio Chumbinia y biol tradicional ($P < 0.05$). Sin embargo, en los cortes 1 y 2 no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). El bloque no tuvo efecto significativamente en ninguno de los tres cortes ($P > 0.05$).

La diferencia presentada en el tercer corte sobre la relación hoja:tallo pudo deberse al evento climático que se presenció entre el corte 2 y corte 3 pudiendo afectar a algunas plantas más que otras, ya que en esta variable se veía una tendencia de similaridad entre los tratamientos.

Guzmán (2008) señala que la biomasa de una planta aumenta durante la fase vegetativa, pero disminuye a medida que la planta se acerca a su madurez fisiológica, lo que provoca una

reducción en la calidad debido al crecimiento de los tallos y los cambios en la estructura de la pared celular secundaria. Una buena calidad está vinculada a una mayor proporción de hojas o una mayor relación hoja-tallo, ya que las hojas son más digestibles y contienen más proteína que los tallos (Juskiw et al., 2000).

Martínez & Leiva (2019) en su trabajo de investigación reportaron que los cortes que se realizaron a los 30 DDCU, los tratamientos fertilizados con biol obtuvieron valores por encima de uno, lo que se traduce en mayor producción de hoja con relación al tallo, no así para los tratamientos fertilizados con sintético (T2) y combinados (T3), resultados que muestran similitud con lo obtenido en este estudio, Además, los mismos autores mencionan que a los 45 DDCU disminuyó progresivamente a una mayor producción de tallo en relación a la hoja. Posteriormente a los 60 DDCU todos presentaron valores por debajo de 0.5 esto sucede a consecuencia de un aumento en la biomasa de tallos, tal como indica Guzmán (2008).

En un estudio realizado en México, Calzada et al. (2014) encontraron que la relación hoja en el pasto Maralfalfa fue de 0.23 a los 184 días después del corte. Esta baja relación en comparación con lo obtenido en este estudio en todo el corte puede deberse a un mayor crecimiento de los tallos en comparación con las hojas, lo que es común en etapas avanzadas del desarrollo de las plantas forrajeras.

Tabla 12

Relación hoja:tallo por corte de maralfalfa

| Factor | N | Corte 1 | Corte 2 | Corte 3 |
|--------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| | | (Enero24) | (Marzo24) | (Abril24) |
| Tratamiento | | [0.2315] | [0.385] | [0.0059] |
| Bio Chumbinia | 24 | 6.71(2.17) | 1.99(0.61) | 5.75(2.58) ^b |
| Biol tradicional | 24 | 8.40(3.77) | 2.15(0.38) | 4.92(1.81) ^b |
| Testigo(agua) | 24 | 7.88(4.06) | 2.18(0.55) | 7.11(2.57) ^a |
| Bloque | | [0.5021] | [0.2096] | [0.0977] |
| 1 | 24 | 7.24(3.92) | 2.16(0.59) | 6.74(2.88) |
| 2 | 24 | 8.33(3.27) | 2.21(0.61) | 5.32(2.07) |
| 3 | 24 | 7.42(3.20) | 1.96(0.26) | 5.72(2.32) |
| Promedio | 72 | 7.66(3.46) | 2.11(0.52) | 5.93(2.49) |

Los p-valores se presentan entre corchetes que indican la significancia de los tratamientos y los bloques en relación con las variables analizadas.

La desviación estándar que mide la dispersión de la distribución de datos se muestra entre ().

^{a,b,c}, Diferencias significativas ($p < 0.05$) según la prueba de Duncan se muestran con los superíndices distintos dentro de las columnas. N: Número de plantas.

6.2.4. Porcentaje de materia seca

En la Tabla 13 se presentan los resultados sobre el porcentaje de materia seca de plantas, con valores promedio en el primer, segundo y tercer corte de 14.65, 14.15 y 15.84 %. para el tratamiento de Bio Chumbinia, de 15.87, 14.64 y 15.96 %. para el tratamiento de biol tradicional y de 15.15, 14.84 y 16.65% para el testigo.

Se observó que el tratamiento tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el porcentaje de materia seca en el primer y segundo corte, pero no en el tercero ($P > 0.05$). En el primer corte el biol tradicional presentó el mayor valor, superando significativamente a Bio Chumbinia ($P < 0.05$), mientras que mostró similitud con el testigo ($P > 0.05$). En el segundo corte, el testigo (agua) obtuvo el mayor valor, siendo significativamente superior a Bio Chumbinia, pero no se encontraron

diferencias significativas al compararla con biol tradicional ($P>0.05$). El bloque mostró un efecto significativo en el segundo corte ($P<0.05$), siendo el bloque 1 el que mostró un mayor porcentaje diferenciando significativamente en comparación con el bloque 2 y 3, asimismo, el bloque 2 se mostró superior significativamente respecto al bloque 3 ($P<0.05$). Sin embargo, el bloque no tuvo un efecto significativo ($P>0.05$) en los cortes primero y tercero.

La materia seca depende en gran medida del balance hídrico y nutricional de la planta. En el segundo corte, el testigo (agua) mostró el valor más alto de materia seca, lo cual podría sugerir que, en ese momento, los tratamientos con biol (Bio Chumbinia y biol tradicional) generaron un contenido de humedad superior en los tejidos. Esto puede ocurrir si la aplicación de bioles induce una mayor retención de agua o una mayor proporción de tejidos con mayor contenido de agua en respuesta al estímulo del biol.

Martínez & Leiva (2019) en su trabajo de investigación en la variable porcentaje de materia seca reportaron que entre sus tratamientos incorporados el T1(testigo) a los 30 DDCU presento el mayor valor con 18%, siendo similar a lo obtenido en el segundo corte de este estudio, donde el testigo es significativamente superior con 14.84 % respecto al tratamiento Bio Chumbinia que tuvo 14.15 %

Los resultados del porcentaje de materia seca en este estudio también fueron similares a los reportados por Rojas & Bermúdez (2011) en su estudio, en época lluviosa, 2010 en la Fincas Santa Rosa, observaron valores que fluctuaron entre el 12% y el 24% en un periodo de 15 a 75 días.

Según Otero (1996) citado por Rojas & Bermúdez (2011) el contenido de materia seca (MS) va aumentando lenta pero progresivamente con la edad y es un rasgo característico del género *Pennisetum* que es reconocido por su alto contenido de agua.

Tabla 13

Porcentaje de materia seca (%) por corte de maralfalfa

| Factor | N | Corte 1 | Corte 2 | Corte 3 |
|--------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|--------------------|
| | | (Enero24) | (Marzo24) | (Abril24) |
| Tratamiento | | [0.0084] | [0.0453] | [0.0542] |
| Bio Chumbinia | 24 | 14.65(0.84) ^b | 14.15(1.20) ^b | 15.84(1.08) |
| Biol tradicional | 24 | 15.87(1.87) ^a | 14.64(1.14) ^{ab} | 15.96(0.67) |
| Testigo(agua) | 24 | 15.15(0.99) ^{ab} | 14.84(1.40) ^a | 16.65(1.68) |
| Bloque | | [0.6599] | [<0.0001] | [0.9062] |
| 1 | 24 | 15.29(1.04) | 15.47(1.36) ^a | 16.20(0.65) |
| 2 | 24 | 15.02(0.95) | 14.61(0.96) ^b | 16.19(1.00) |
| 3 | 24 | 15.36(1.98) | 13.55(0.49) ^c | 16.06(1.84) |
| Promedio | 72 | 15.22(1.39) | 14.54(1.27) | 16.15(1.25) |

Los p-valores se presentan entre corchetes que indican la significancia de los tratamientos y los bloques en relación con las variables analizadas.

La desviación estándar que mide la dispersión de la distribución de datos se muestra entre ().

^{a,b,c}, Diferencias significativas ($p < 0.05$) según la prueba de Duncan se muestran con los superíndices distintos dentro de las columnas. N: Número de plantas.

6.3. Características morfológicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*)

6.3.1. Altura de la planta

La Tabla 14 muestra los resultados de la altura de planta obtenidos durante la etapa experimental, con valores registrados para el corte 1, corte 2 y corte 3, correspondientes a los tratamientos y bloques.

Se observó que el tratamiento tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre la altura de planta en el segundo y tercer corte, pero no en el primero ($P > 0.05$). En el segundo corte, Bio Chumbinia (131.93 cm) presentó la mayor altura, siendo estadísticamente superior al biol tradicional (125.15 cm) y al testigo (116.75 cm); además, el biol tradicional fue significativamente superior al testigo.

En el tercer corte, Bio Chumbinia (70.67 cm) y biol tradicional (71.95 cm) resultaron similares, pero mostraron alturas significativamente superiores al testigo (63.01 cm). El bloque, no mostró un efecto significativo en ninguno de los cortes ($P > 0.05$).

La especie gramínea de corte evaluada en este estudio se caracteriza por su rápido crecimiento en climas tropicales, lo cual se debe a que es una planta del tipo C4. Este tipo de plantas tienen procesos fotosintéticos altamente eficientes en condiciones del trópico (Bernal, 1994). No obstante, en las condiciones que se evaluó el desarrollo de la planta fue más lento, ya que el clima es templado.

Los resultados obtenidos en la altura de planta en el segundo corte son relativamente similares a lo reportado por Castro (2022) en las condiciones de Zungarococha - Loreto, donde se observó que el tratamiento T3 (60% de biofertilizante y 40% de agua), con un promedio de 1.57 m, fue significativamente superior a los tratamientos T2 (40% de biofertilizante y 60% de agua), T1 (20% de biofertilizante y 80% de agua) y T0 (sin biofertilizante), los cuales alcanzaron alturas promedio de 1.42, 1.36 y 1.31 m, respectivamente. La diferencia significativa entre Bio Chumbinia y los otros tratamientos puede explicarse por su mayor concentración de nutrientes, que facilita una mejor absorción de nitrógeno y otros elementos esenciales, tal como lo señala Alvarado & Medal (2018), quienes observaron un comportamiento similar en pastos fertilizados con bioles ricos en nutrientes.

Martínez & Leiva (2019) reportaron la mayor altura promedio de 118.4 cm aplicado con fertilización sintético a los 58 DDCU en el Centro Experimental El Plantel de Managua. En comparación en este estudio durante el segundo corte, Bio Chumbinia superó con una altura promedio de 131.93 cm.

Por otro lado, las alturas observadas en todos los cortes del presente estudio fueron menores que las reportadas por Muñoz (2015), quien encontró una altura promedio de 212.53 cm con biol de estiércol de cerdo (cerdasa), seguida de una altura de 201.75 cm con biol de estiércol de cuyes (cuyasa), 190.45 cm en el grupo testigo y, finalmente, 187.66 cm con biol de estiércol de vacuno (vacasa).

Tabla 14

Altura de planta (cm) por corte de maralfalfa

| Factor | N | Corte 1 | Corte 2 | Corte 3 |
|--------------------|-----------|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | (Enero24) | (Marzo24) | (Abril24) |
| Tratamiento | | [0.0987] | [<0.0001] | [0.0028] |
| Bio Chumbinia | 24 | 88.12(9.64) | 131.93(9.60) ^a | 70.67(10.16) ^a |
| Biol tradicional | 24 | 82.59(7.05) | 125.15(9.50) ^b | 71.95(11.23) ^a |
| Testigo(agua) | 24 | 83.77(10.44) | 116.75(9.06) ^c | 63.01(6.65) ^b |
| Bloque | | [0.5826] | [0.2448] | [0.0844] |
| 1 | 24 | 86.35(10.48) | 122.93(13.82) | 68.18(9.02) |
| 2 | 24 | 83.64(8.76) | 123.69(8.71) | 65.69(7.61) |
| 3 | 24 | 84.48(8.87) | 127.21(10.37) | 71.76(12.79) |
| Promedio | 72 | 84.83(9.34) | 124.61(11.17) | 68.54(10.22) |

Los p-valores se presentan entre corchetes que indican la significancia de los tratamientos y los bloques en relación con las variables analizadas.

La desviación estándar que mide la dispersión de la distribución de datos se muestra entre ().

^{a,b,c}, Diferencias significativas ($p < 0.05$) según la prueba de Duncan se muestran con los superíndices distintos dentro de las columnas. N: Número de plantas.

La gramínea tropical evaluada se caracteriza por su gran tamaño. Los valores promedio de altura de planta obtenidos durante la etapa experimental se presentan en la Tabla 14. En ella se observa que, entre los tratamientos, la maralfalfa tratada con Bio Chumbinia presenta una tendencia a ganar mayor altura respecto a los tratamientos incorporados con biol tradicional y

testigo(agua). Además, podemos observar una menor altura en el corte 1 y mayor altura en el corte 2. La altura de planta de corte 3 se ve disminuido respecto al corte 2, pudiendo verse afectado por factores climáticos como las fuertes granizadas y lluvias que se presenciaron durante el intervalo de tiempo del corte 2 al corte 3.

6.3.2. Número de macollos

La Tabla 15 muestra los resultados de macollamiento, indicando el número promedio de macollos por planta en los cortes 1, 2 y 3. Los valores observados fueron de 38.42, 48.42 y 107.71 para el tratamiento con Bio Chumbinia; 36, 45.71 y 106 para el biol tradicional; y 35.54, 45.08 y 107.29 para el testigo.

El macollamiento no fue afectado significativamente por el tratamiento ni por el bloque ($P>0.05$) en el estudio.

Los resultados promedio para el número de macollos obtenidos en los cortes 1 (36.65) y 2 (46.4) en este trabajo de investigación son similares a los reportados por Ruíz (2016) quien obtuvo valores a los 30, 45 y 60 días de edad de: 44.25, 39.45 y 29.45 para el pasto maralfalfa. Sin embargo, el promedio de tercer corte resulto superior a lo obtenido por Ruíz (2016), esto podría deberse a la edad del que se hizo la evaluación, es decir tiempo transcurrido desde la siembra hasta el momento de la evaluación.

Chávez (2016) menciona que, a una altitud de 1400 metros sobre el nivel del mar, el número de macollos incrementa de forma constante a lo largo de las semanas de desarrollo, con un promedio de 9.8.

Tabla 15*Número de macollos de plantas (unid) por corte de maralfalfa*

| Factor | N° | Corte 1 | Corte 2 | Corte 3 |
|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | | (Enero24) | (Marzo24) | (Abril24) |
| Tratamiento | | [0.4516] | [0.4991] | [0.9691] |
| Bio Chumbinia | 24 | 38.42(8.72) | 48.42(11.10) | 107.71(20.80) |
| Biol tradicional | 24 | 36.00(8.88) | 45.71(11.11) | 106.00(26.33) |
| Testigo(agua) | 24 | 35.54(7.45) | 45.08(8.20) | 107.29(25.63) |
| Bloque | | [0.6309] | [0.8884] | [0.708] |
| 1 | 24 | 37.75(8.37) | 47.21(10.57) | 110.42(27.93) |
| 2 | 24 | 36.79(7.47) | 46.21(9.79) | 105.38(21.03) |
| 3 | 24 | 35.42(9.30) | 45.79(10.56) | 105.21(23.33) |
| Promedio | 72 | 36.65(8.35) | 46.4(10.19) | 107(24.05) |

Los p-valores se presentan entre corchetes que indican la significancia de los tratamientos y los bloques en relación con las variables analizadas.

La desviación estándar que mide la dispersión de la distribución de datos se muestra entre ().

N: Número de plantas.

También en la Tabla 15 se observa una ligera superioridad del tratamiento aplicado con Bio Chumbinia frente a los tratamientos aplicados con biol tradicional y testigo(agua), viéndose que entre estos dos últimos enmarcan una similitud en el número de macollos. Asimismo, se muestra que en el corte 1 la cantidad de macollos es inferior a los cortes siguientes aumentando a medida que pasa la edad del pasto.

6.3.3. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo expresado en mm obtenido durante la etapa experimental se presenta en la Tabla 16, mostrando valores para el corte 1, corte 2 y corte 3 para los tratamientos y bloques.

Se observó que el tratamiento tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el diámetro del tallo en el segundo y tercer corte, pero no en el primero ($P > 0.05$). En el segundo corte, Bio Chumbinia (17.30 mm) presentó el mayor diámetro, siendo significativamente superior respecto al biol tradicional (15.83 mm) y al testigo (agua) (15.19 mm), donde estos dos resultaron similares ($P > 0.05$). En el tercer corte, Bio Chumbinia (10.76 mm) y biol tradicional (10.74 mm) mostraron diámetros similares ($P > 0.05$), pero fueron significativamente superiores respecto al testigo (9.01 mm) ($P < 0.05$).

El bloque tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) en el segundo corte, donde el bloque 2 (16.79 mm) mostró el mayor diámetro, siendo significativamente superior al bloque 1 (15.37 mm), mientras mostro similitud al bloque 3 (16.16 mm). Sin embargo, en los cortes primero y tercero, el bloque no tuvo un efecto significativo ($P > 0.05$).

Martínez & Leiva (2019) en sus mediciones de la variable diámetro de tallo a los 58 DDCU, obtuvieron los mayores valores 1.68 cm (16.8mm) y 1.67 cm (16.7mm) en los tratamientos T2(fertilización sintética) y el T3(fertilización sintética + biol) respectivamente, indicando que estos fueron diferentes estadísticamente con respecto al resto de los tratamientos. A comparación de los valores de esta investigación resulto similar a los de corte 2. Por otro lado, Alvarado & Medal (2018) reportaron a los 60 DDCU 21.6 mm de diámetro siendo superior a lo obtenido en esta investigación.

Carreño (2009) señala que la maralfalfa puede alcanzar tallos con diámetros de entre 2 y 3 cm y alturas de hasta 4 metros. Sin embargo, es importante considerar la calidad del pasto, ya que en cierto punto de su desarrollo puede lignificarse, lo que reduce su aprovechamiento nutricional.

Tabla 16*Diámetro del tallo de plantas (mm) por corte de maralfalfa*

| Factor | N° | Corte 1 | Corte 2 | Corte 3 |
|--------------------|-----------|--------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | (Enero24) | (Marzo24) | (Abril24) |
| Tratamiento | | [0.0764] | [0.0003] | [<0.0001] |
| Bio Chumbinia | 24 | 11.65(1.17) | 17.30(2.17) ^a | 10.76(1.53) ^a |
| Biol tradicional | 24 | 11.22(1.04) | 15.83(1.94) ^b | 10.74(1.34) ^a |
| Testigo(agua) | 24 | 10.83(1.40) | 15.19(1.31) ^b | 9.01(1.15) ^b |
| Bloque | | [0.8903] | [0.0261] | [0.3102] |
| 1 | 24 | 11.31(1.46) | 15.37(1.58) ^b | 10.51(1.50) |
| 2 | 24 | 11.14(0.91) | 16.79(2.23) ^a | 9.97(1.45) |
| 3 | 24 | 11.25(1.33) | 16.16(2.02) ^{ab} | 10.03(1.74) |
| Promedio | 72 | 11.23(1.24) | 16.11(2.02) | 10.17(1.57) |

Los p-valores se presentan entre corchetes que indican la significancia de los tratamientos y los bloques en relación con las variables analizadas.

La desviación estándar que mide la dispersión de la distribución de datos se muestra entre ().

^{a,b,c}, Diferencias significativas ($p < 0.05$) según la prueba de Duncan se muestran con los superíndices distintos dentro de las columnas. N: Número de plantas.

Asimismo, en la Tabla 16 se muestra un aumento del diámetro del tallo a medida que pasa el tiempo de aplicación de los tratamientos, observando el menor diámetro en el corte 1 y el mayor en el corte 2. El tratamiento Bio Chumbinia presenta resultados constantes y mejores sobre el biol tradicional y el testigo. Sin embargo, el diámetro del tallo en el corte 3 disminuyó, rompiendo la tendencia inicial, posiblemente debido a las granizadas y lluvias intensas que ocurrieron entre el segundo y el tercer corte, habiendo afectado al desarrollo normal de hojas y tallos.

6.3.4. *Largo de hoja*

En la Tabla 17, se presentan los resultados sobre el largo de hoja expresado en cm obtenido durante la etapa experimental. mostrando valores para el corte 1, corte 2 y corte 3 para los tratamientos y bloques.

Se observó que el tratamiento tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el largo de hoja en el segundo corte, pero no en el primero ni en el tercero ($P > 0.05$). En el segundo corte, tanto Bio Chumbinia (84.08 cm) como biol tradicional (82.63 cm) resultaron similares ($P > 0.05$); sin embargo, presentaron longitudes de hoja significativamente superiores al testigo (agua) (76.51 cm). En el primer corte, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con valores de 70.35 cm para Bio Chumbinia, 66.45 cm para Biol tradicional y 66.10 cm para el testigo. Asimismo, en el tercer corte, aunque Bio Chumbinia (53.30 cm) y biol tradicional (54.06 cm) mostraron longitudes similares, no alcanzaron significancia estadística frente al testigo (49.91 cm).

El bloque tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) en el tercer corte, donde el bloque 3 (55.49 cm) mostró una longitud significativamente superior en comparación con el bloque 2 (49.78 cm), mientras al comparar con el bloque 1 (52.00 cm) no mostró significancia ($P > 0.05$). En los cortes primero y segundo, el bloque no mostró un efecto significativo ($P > 0.05$).

Burga (2023) en su trabajo de investigación obtuvo resultados para la longitud de hoja para las diferentes especies donde se observa los valores a las cinco frecuencias de corte (30, 45, 60, 75 y 90) con (84.50, 86.00, 97.00, 110.00 y 122.00 cm respectivamente) para el maralfalfa y (85.00, 87.00, 99.75, 120.13 y 134.00 cm) para el King grass morado; comportándose relativamente similar el de frecuencia de 30 días a lo obtenido del segundo corte de este estudio con valor promedio 81.07 cm. Sin embargo, resultados obtenidos del resto de frecuencias de corte estudiadas por Burga (2023) son superiores a lo obtenido en todo este estudio. Del mismo modo, Guerrero

(2012) en su trabajo de investigación reportó un promedio de longitud de hoja de 120.24 cm superior a lo obtenido del presente trabajo. Las variaciones en los resultados obtenidos sobre el largo de la hoja, en comparación con estudios previos, posiblemente se expliquen por diferencias en las propiedades físico-químicas del suelo, condiciones climáticas y métodos de manejo aplicados.

Tabla 17

Largo de hoja de plantas (cm) por corte de maralfalfa

| Factor | N° | Corte 1 | Corte 2 | Corte 3 |
|--------------------|-----------|--------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | (Enero24) | (Marzo24) | (Abril24) |
| Tratamiento | | [0.0962] | [<0.0001] | [0.1148] |
| Bio Chumbinia | 24 | 70.35(8.43) | 84.08(4.28) ^a | 53.30(8.67) |
| Biol tradicional | 24 | 66.45(5.57) | 82.63(4.52) ^a | 54.06(7.92) |
| Testigo(agua) | 24 | 66.10(7.76) | 76.51(4.30) ^b | 49.91(5.66) |
| Bloque | | [0.6811] | [0.4278] | [0.0274] |
| 1 | 24 | 68.70(7.50) | 80.40(5.67) | 52.00(7.29) ^{ab} |
| 2 | 24 | 67.25(8.11) | 80.81(4.58) | 49.78(6.39) ^b |
| 3 | 24 | 66.94(7.09) | 82.00(6.03) | 55.49(8.29) ^a |
| Promedio | 72 | 67.63(7.51) | 81.07(5.43) | 52.43(7.64) |

Los p-valores se presentan entre corchetes que indican la significancia de los tratamientos y los bloques en relación con las variables analizadas.

La desviación estándar que mide la dispersión de la distribución de datos se muestra entre ().

^{a,b,c}, Diferencias significativas ($p < 0.05$) según la prueba de Duncan se muestran con los superíndices distintos dentro de las columnas. N: Número de plantas.

Del mismo modo, en la Tabla 17 se puede observar que, entre los tratamientos, la maralfalfa incorporado con el tratamiento Bio Chumbinia presenta una tendencia a ganar mayor largo de hoja respecto a los tratamientos incorporados con biol tradicional y testigo(agua). Asimismo, podemos

notar menor largo de hoja en el corte 1 y mayor largo en el corte 2 para todos los tratamientos. El largo de hoja en el corte 3 se ve muy disminuido respecto al corte 2, pudiendo verse dañado por factores climáticos como las fuertes granizadas y lluvias que se presenciaron durante el intervalo de tiempo del corte 2 al corte 3.

6.3.5. Ancho de hoja

Los resultados del ancho de hoja expresado en mm en el corte 1, corte 2 y corte 3 se presentan en la Tabla 18; donde se observa valores promedio de 18.49, 22.17 y 17.30 mm para el tratamiento de Bio Chumbinia, de 18.31, 21.13 y 16.99 mm para el tratamiento de biol tradicional y de 17.81, 20.86 y 14.11 mm para el tratamiento testigo (agua) respectivamente.

Se observó que el tratamiento tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) en el tercer corte, pero no en el primero y el segundo corte ($P > 0.05$). En el tercer corte, Bio Chumbinia y biol tradicional obtuvieron resultados similares, presentando anchos de hoja significativamente superiores al testigo (14.11 mm). El bloque no influyó significativamente en ninguno de los tres cortes ($P > 0.05$).

Los resultados promedio para el ancho de hoja obtenidos en este trabajo de investigación son inferiores a los reportados por Burga (2023) quien obtuvo resultados en ancho de hoja para el pasto maralfalfa valores para 5 frecuencias de corte (30, 45, 60, 75 y 90) con (2.97, 3.13, 3.40, 3.80, 3.98 cm). Asimismo, Guerrero (2012) obtuvo un promedio de ancho de hoja de 3.63 cm superior a lo obtenido en nuestro estudio. La diferencia en los resultados de esta investigación en comparación con los estudios de los autores mencionados en cuanto al ancho de la hoja, podría atribuirse a las condiciones físico-químicas del suelo, factores climáticos y el manejo del cultivo.

Tabla 18*Ancho de hoja de plantas (mm) por corte de maralfalfa*

| Factor | N° | Corte 1 | Corte 2 | Corte 3 |
|--------------------|-----------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| | | (Enero24) | (Marzo24) | (Abril24) |
| Tratamiento | | [0.4906] | [0.1212] | [<0.0001] |
| Bio Chumbinia | 24 | 18.49(1.90) | 22.17(2.68) | 17.30(2.14) ^a |
| Biol tradicional | 24 | 18.31(1.81) | 21.13(1.94) | 16.99(2.39) ^a |
| Testigo(agua) | 24 | 17.81(2.40) | 20.86(2.23) | 14.11(1.75) ^b |
| Bloque | | [0.1503] | [0.3407] | [0.3335] |
| 1 | 24 | 17.82(2.04) | 21.55(2.21) | 16.39(2.17) |
| 2 | 24 | 17.92(1.75) | 21.77(2.76) | 15.61(2.62) |
| 3 | 24 | 18.87(2.23) | 20.83(1.99) | 16.40(2.79) |
| Promedio | 72 | 18.2(2.04) | 21.39(2.34) | 16.13(2.53) |

Los p-valores se presentan entre corchetes que indican la significancia de los tratamientos y los bloques en relación con las variables analizadas.

La desviación estándar que mide la dispersión de la distribución de datos se muestra entre ().

^{a,b,c}, Diferencias significativas ($p < 0.05$) según la prueba de Duncan se muestran con los superíndices distintos dentro de las columnas. N: Número de plantas.

En la Tabla 18, también se observa una tendencia al aumento del ancho de hoja a medida que avanza el tiempo de aplicación de los tratamientos, observando el menor ancho de hoja en el primer corte y el mayor ancho de hoja en el segundo corte en todos los tratamientos. También se destaca que, con los tratamientos de Bio Chumbinia y biol tradicional se presentan resultados constantes y mejores con respecto al tratamiento testigo (agua). Sin embargo, el ancho de hoja en el tercer corte disminuyó, no siguiendo la tendencia inicial, posiblemente debido a las granizadas y lluvias intensas que se presenciaron entre el segundo y el tercer corte, habiendo afectado al desarrollo normal del pasto.

VII. CONCLUSIONES

De esta investigación, se pueden derivar las siguientes conclusiones.

1. En las características agronómicas, el tipo de biol tuvo un efecto significativo sobre la producción de materia verde y el porcentaje de materia seca en algunos cortes, destacando Bio Chumbinia en la producción de materia verde. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la producción de materia seca entre los tratamientos. En cuanto a la relación hoja se observó un efecto significativo únicamente en el tercer corte, donde el testigo superó a los bioles.
2. En lo que respecta a las características morfológicas, Bio Chumbinia se destacó por tener un efecto positivo sobre la altura de planta y el diámetro del tallo en algunos cortes. No se observaron diferencias significativas en el número de macollos entre los tratamientos, mientras que el largo de la hoja y el ancho de la hoja mostraron diferencias significativas en cortes específicos, con Bio Chumbinia y biol tradicional superando al testigo en el tercer corte.
3. Finalmente se puede concluir que ambos bioles representan opciones viables y beneficiosas para el cultivo de maralfalfa. No obstante, se sugiere realizar más estudios referentes a este tema bajo las condiciones similares del lugar de la investigación realizada.

VIII. RECOMENDACIONES

La experiencia de ejecución de la presente investigación nos permite proponer las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda evaluar el efecto de diferentes frecuencias de corte en las características agronómicas, morfológicas y nutricionales tomando en base una frecuencia de 42 días.
2. Se recomienda estudiar el efecto de varios fertilizantes orgánicos en comparación con los tipos de biol para determinar cuál es el más eficiente en las características agronómicas y morfológicas del pasto maralfalfa.
3. Se recomienda hacer una caracterización química del suelo al concluir el estudio con la aplicación de biol, con el fin de evaluar si ha influido en el pH del suelo y si logró la fijación de nutrientes.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, W., & Medal, R. (2018). *Efecto del Biol como fertilizante orgánico en tres cultivares de Pennisetum purpureum*. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal, Departamento de Zootecnia, [Tesis de grado].
- Álvarez, F. (2010). *Preparación y uso de biol*. Lima: Soluciones Prácticas. Recuperado de <https://www.solucionespracticas.org>
- Andrade, D. (2009). *Evaluación de dos sistemas y tres distancias de siembra del pasto Maralfalfa (Pennisetum sp.) en la localidad de Chalguayacu, cantón Cumanda, provincia de Chimborazo*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, [Bachelor's thesis].
- Arana, S., Challco, A., Álvarez, F., Villavicencio, N., & Meza, M. (2011). *Manual de elaboración de biol. Cusco (Perú): Soluciones prácticas*.
- Arce, B., Peña Quiñones, A. J., & Cárdenas Rocha, A. E. (2013). *A decision-making support system to select forages according to environmental conditions in Colombia*. In Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu (Vol. 14, Issue 2).
- Armas, C. A. (1988). *Fisiología Vegetal*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Azevedo, G. (1985). *Produção, composição química e digestibilidade "in vitro" de capim-elfante (Pennisetum purpureum schum.) Cameroon em diferentes idades*. Lavras: ESAL. Tese Mestrado. 79 p
- Benítez, A. (1980). *Pastos y forrajes*, Editorial Universitaria Quito - Ecuador. Editorial Universitaria Quito - Ecuador.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y Forrajes Tropicales*. Banco Ganadero de Colombia. 3ª Edición, 545.

- Bravo, S. (2015). *Pasto Maralfalfa*. Gerencia Regional de Agricultura Trujillo – Perú.
- Burga, N. (2023). *Comportamiento productivo y composición química del maralfalfa (Pennisetum Sp.) y king grass morado (Pennisetum purpureum) en San Bernardino, San Pablo*. [Tesis de grado]..
- Calzada, J., J. Enríquez, A. Hernández, E. Ortega, & S. Mendoza. (2014). *Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (Pennisetum sp.) en clima cálido subhúmedo*. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.
- Carreño, J. (2009). *Manual de siembra, cultivo y manejo del pasto maralfalfa*.
- Castro, K. A. (2022). *Abonamiento foliar del Pennisetum sp. “maralfalfa” y su efecto en el rendimiento del forraje, Zungarococha-Loreto*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. [Tesis para optar al título profesional].
- Cerdas, R. (2011). *Programa de fertilización de forrajes*. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. 24, 109–128.
- Chavarría, M. (2002). *Determinación de la calidad de abonos orgánicos por medio de pruebas físicas, químicas y biológicas*. Universidad de Costa Rica (UCR), San Carlos. [Tesis Lic. Ing. Agr.].
- Chávez, G. (2016). *Determinación del coeficiente del cultivo (Kc) y crecimiento vegetativo de maralfalfa (Pennisetum sp.) bajo condiciones climáticas de la irrigación majes*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. [Tesis para título inédita]
- Chilón., E. (1991). *Estudio de los suelos de Huaraco altiplano central; proyecto modelo; La Paz – Bolivia; IIH – UMSA (Apuntes de fertilidad de suelos)*.
- Colque T., Mujica A., Apaza V., Rodríguez D., Cañahua A., & Jacobsen E. (2005). *Producción de Biol Abono Líquido Natural y Ecológico*. ILLPA-PUNO. Puno, Perú.

- Condori, S., Ruíz, P., Ticona, O., & Chipana Mendoza, G. J. (2018). *Evaluación del desarrollo vegetativo de maralfalfa (Pennisetum sp.) bajo la aplicación de biol bovino en la estación experimental Choquenaira*. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz, 5, 50–67.
- Correa, H. (2006). *Calidad nutricional del pasto Maralfalfa (Pennisetum sp) cosechado a dos edades de rebrote*. Livestock Research for Rural Development.
- Correa, H. J., Cerón-A, J. M., Arroyave, H., Henao, Y., & López, A. (2004). *Pasto Maralfalfa: mitos y realidades, primera y segunda parte*.
- Cunuhay, P., & Choloquina, M. (2011). *Evaluación de la adaptación del maralfalfa (Pennisetum sp.) en dos pisos altitudinales con tres distancias de siembra en el campus Juan Lunardi y Naste del Cantón Paute*. Universidad Politécnica Salesiana [Tesis para optar al título profesional].
- Dawson, J. E., & Hatch, S. T. (2002). *A world wide web key to the grass genera of Texas*. SM Tracy Herbarium. Texas A&M University.
- Estrada, P. (2007). *Guía de elaboración de Biol*. Proyecto Agricultura Urbana – Oruro.
- Euston96. (2023). *Qué es, características, historia, para qué sirve, conceptos, importancia*. Agronomía. Euston96-Agronomia.
- Farrás, J. (1981). *Manual práctico de Agricultura*. 5ta Edición. Barcelona España.
- Goytia, R. (2007). *Introducción de diez líneas y/o variedades de cebada (Hordeum vulgare L), para la producción de forraje y grano en dos comunidades de la provincia bolívar de Cochabamba*. Universidad Mayor de San Simón (UMSS). [Tesis para optar al título profesional].

- Google. (2024). *Ubicación del Centro de Investigación Fundo Choccepuquio*. Google Maps. Recuperado de https://www.google.com/maps/@-13.663611,-73.395667,5945m/data=!3m1!1e3?entry=tu&g_ep=EgoyMDI0MTEyMy4xIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Guerrero, M. (2012). *Comportamiento agronómico y valor nutricional de tres pastos de corte king grass (*pennisetum purpureum x pennisetum typhoides*), king grass morado (*pennisetum spp*) y maralfalfa (*pennisetum hybridum*) en el recinto la Independencia del cantón Ponce Enríquez*. Universidad Central de Ecuador. [Tesis para optar al título profesional].
- Guzmán, Y. (2008). *Producción de Biomasa, Relación hoja-tallo y Correlaciones en Líneas de Cebada Forrajera Imberbe (*Hordeum vulgare L.*)*. Universidad Mayor de San Simón (UMSS), en Cochabamba, Bolivia. [Tesis para optar al título profesional].
- Häfliger, E., & Scholz, H. (1980). *Grass Weeds Vol. 1: Weeds of the subfamily Panicoideae*. CIBA – Geigy, Limited, Basle – Suiza.
- Hajduk, W. (2004). *Reseña de la Maralfalfa*. En Memorias Del I Seminario Nacional Del Pasto Maralfalfa. Medellín.
- Hinojosa, L. A., Yépez, N. D., & Suárez, P. M. A. (2014). *Frecuencia de corte de maralfalfa (*Pennisetum sp*) durante la estación lluviosa, Trinidad, Bolivia*. In Agrocencias Amazonia, Número (Vol. 4).
- Juskiw, P., Helm, J., & Salmon, D. (2000). *Postheading Biomass Distribution for Monocrops and of Small Grain Cereals*. Crop Sci, 40, 148–158.
- López, M. J., Figueroa-Viramontes, U., Fortis-Hernández, M., Núñez-Hernández, G., Ochoa-Martínez, E., & Sanchez-Duarte, J. I. (2015). *Evaluación de dosis equivalentes de*

fertilizante y estiércol en la producción de maíz forrajero (Zea mays). Revista Internacional de Botánica Experimental.

López, N., & Olivera, G. (2017). *Diagnóstico del uso y manejo del biol en fincas ganaderas de la zona seca de Nicaragua, julio 2015 - enero 2016*. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. [Tesis de ingeniería].
<http://repositorio.una.edu.ni/3472/1/tnf04l864d.pdf>

Márquez, F., Sánchez, J., Urbano, D., & Dávila, C. (2007). *Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (Pennisetum purpureum)*. 1. Rendimiento y contenido de proteína. In *Zootecnia Trop* (Vol. 25, Issue 4).

Martínez, D. A., & Leiva, E. K. A. (2019). *Efecto del biol sobre la producción de biomasa y calidad del pasto Maralfalfa (Pennisetum sp), en un segundo rebrote, Centro Experimental El Plantel, 2018*. Universidad Nacional Agraria. [Tesis para optar al título profesional].

McDowell, L., & Valle, G. (2000). *Major Minerals in Forages*. In: *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Editors Givens D. I., Owen E., Axford R. F. E. and Omed H. M. CAB International.

Molina, S. (2005). *Evaluación Agronómica y Bromatológica del Pasto Maralfalfa (Pennisetum sp.) en el Valle del Sinú*. Rev. Fac. Nac. Agron. de La Universidad Nacional de Colombia.

Montoya, W. (2009). *Revista el Agro*. Proyecto SICA. Banco Mundial.

- Mosquera, B. (2010). Abonos orgánicos, Protegen el suelo y garantizan alimentación sana. *Manual Para Elaborar y Aplicar Abonos y Plaguicidas Orgánicos*. Fondo Para La Protección Del Agua (FONAG).
- Muñoz, A. R. (2015). *Respuesta bioeconómica del pasto maralfalfa (Pennisetum sp.) por efecto de diferentes tipos de biol en la granja ganadera de calzada – Moyobamba*. Universidad Nacional Agraria la Selva. [Tesis, Para optar el título profesional].
- Pezo, D. (1969). *Efecto del distanciamiento, fertilización nitrogenada y frecuencia de corte sobre el rendimiento y calidad nutritiva en el pasto elefante (Pennisetum purpureum Schum.)*. [Tesis. Facultad de Zootecnia UNALM. Lima, Perú. 106 p.]
- Pinto, K. (2006). *Evaluación agronómica, descripción bromatológica y energética del pasto Pennisetum purpureum variedad Maralfalfa a Diferentes Edades de Cortes, en una Zona de Vida de Bosque Seco Tropical, Moroturo Municipio Urdaneta, Estado Lara*. Universidad Centro occidental Lisandro Alvarado. [Tesis Agronomía].
- Pinzón, Q. B. (1976). *La Fertilización y el largo ciclo de uso en la productividad del pasto faragua (hyparrhenia rufa (ness) Stapf)*. Turrialba, Costa Rica. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. [Tesis de grado de Magister Scientae].
- Porras, D., & Castellanos, L. (2006). *Efecto de tres dosis de nitrógeno y tres edades de corte sobre el comportamiento de pasto Maralfalfa en zona bosque húmedo premontano*. In Memorias XIII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. UNERG, INIA. San Juan de Los Morros, Guarico.
- Primavesi, A. (1984). *Manejo ecológico del suelo*.

- Restrepo, S. P., Pineda-Meneses, E. C., & Ríos-Osorio, L. A. (2017). *Mecanismos de acción de hongos y bacterias empleados como biofertilizantes en suelos agrícolas: Una revisión sistemática*. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 335–351. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:635
- Rodríguez, F. (1989). *Fertilizantes – Nutrición Vegetal*; De. AGT. Editor, S.A. México D.F.
- Rojas, M., & Bermúdez, E. (2011). *Productividad y concentración de nutrientes del Taiwán Cubano (Pennisetum purpureum X Pennisetum tiphoides), CT 115, en época lluviosa, 2010 en la Fincas Santa Rosa*. <http://repositorio.una.edu.ni/1455/1/tnf01r741p.pdf>
- Ruíz, R. (2016). *Establecimiento y respuesta a la frecuencia de corte de maralfalfa (Pennisetum sp.) vs. camerun (Pennisetum purpureum Schum. cv. Cameroon) en el distrito de Contamana, provincia de Ucayali, Loreto*. Universidad Nacional Agraria la Molina. [Tesis para optar título profesional].
- Sevilla, P. M. (2011). *La utilización de maralfalfa como alimento*. Universidad Técnica de Ambato. [Tesis para optar título profesional].
- Silveira, A.; Tosi, H. y Faria, V. (1973). *Efeito da maturidade sobre a composição química bromatológica do capim napier (Pennisetum purpureum, Schum)*. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 3(2):158-171.
- Simpson, K. (1991). *Abonos y Estiércoles Trad. RAMIS. Rev. Terrenos J. Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España, 121–152*.
- Suel, L. L. (2008). *Organización Territorial Optima de la Provincia de Andahuaylas*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Tesis para optar título profesional].
- Torres, G. (2008). *Adaptación del pasto maralfalfa (Pennisetum sp.) en el Valle de Yunguilla (1500m s.n.m.)*. Universidad del Azuay. [Tesis para optar título profesional].

- Uvidia, H., Buestán, D., Leonard, I., & Benítez, D. (2014). *La distancia de siembra y el número de estacas en el establecimiento del Pennisetum purpureum*. Revista Electrónica de Veterinaria, Málaga, España, 15, 1–8.
- Vásquez, E., & Torres, S. (1985). *Fisiología Vegetal*. Ed. Pueblo y Educación. La Habana Cuba, 462–463.
- Vásquez, J. I. (2018). *Dosis de cuyinasa en la fertilización de maralfalfa (Pennisetum sp) y época de cosecha al segundo corte, en el Distrito y provincia de Cutervo - Región Cajamarca*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. [Tesis para optar título profesional].
- Vidal, J. (1984). *Curso de Botánica*. Editorial STELLA. Buenos Aires – Argentina, 249–249.
- Villee, C. A. (1987). *Introduction to Plant Morphology*. Harvard University Press.
- Vonesch, E. & De Riverós, M. 1968. *Composición y digestibilidad de forrajeras de la provincia de Buenos Aires*. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires. Tomo 17 (1): 49- 68 p.

X. ANEXOS

Anexo A. Análisis de suelo



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

INFORME DE ENSAYO

N° 08193-23/SU/ LABSAF - CANAAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Waidyr Anibal Tarifa Huilca
 Propietario / Productor : Waidyr Anibal Tarifa Huilca
 Dirección del cliente : Andahuaylas - Apurímac
 Solicitado por : Waidyr Anibal Tarifa Huilca
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 03 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico transparente
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Andahuaylas - Apurímac
 Fecha(s) de muestreo : 17/07/2023 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-07-26
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Canaan
 Fecha(s) de análisis : 2023-08-01 al 2023-08-10
 Cotización del servicio : 070-23-CA
 Fecha de emisión : 2023-08-11

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|----------------|----------------|-------------------|---------------|---------------|---|
| Código de Laboratorio | SU1173-CA-23 | SU1174-CA-23 | SU1175-CA-23 | | | |
| Matriz Analizada | Suelo | Suelo | Suelo | | | |
| Fecha de Muestreo | 17/07/2023 (*) | 17/07/2023 (*) | 17/07/2023 (*) | | | |
| Hora de Inicio de Muestreo (h) | 16:10 | 16:30 | 16:50 | | | |
| Condición de la muestra | Conservada | Conservada | Conservada | | | |
| Código/Identificación de la Muestra por el Cliente | Bloque 1 | Bloque 2 | Bloque 3 | | | |
| Ensayo | Unidad | LC | Resultados | | | |
| pH | unid. pH | 0.1 | 7.8 | 7.8 | 7.8 | |
| Conductividad Eléctrica | mS/m | 1.0 | 17.3 | 16.2 | 14.7 | |
| Materia Orgánica (**) | % | -- | 4.30 | 4.20 | 4.30 | |
| Nitrógeno (**) | % | -- | 0.22 | 0.21 | 0.22 | |
| Fósforo (**) | ppm | -- | 10.70 | 9.33 | 10.48 | |
| Potasio (**) | ppm | -- | 291.98 | 281.01 | 300.88 | |
| Textura (**) | | | | | | |
| Arena | % | -- | 36 | 36 | 36 | |
| Limo | % | -- | 56 | 58 | 56 | |
| Arcilla | % | -- | 8 | 6 | 8 | |
| Clase Textural | --- | -- | Franco Limoso | Franco Limoso | Franco Limoso | |
| Cationes Intercambiables (**) | | | | | | |
| Al +H ⁺ (**) | meq/100 g | -- | -- | -- | -- | |
| Calcio (Ca) (**) | meq/100 g | -- | 12.17 | 11.34 | 9.99 | |
| Magnesio (Mg) (**) | meq/100 g | -- | 0.58 | 0.55 | 0.51 | |
| Potasio (K) (**) | meq/100 g | -- | 0.62 | 0.41 | 0.40 | |
| Sodio (Na) (**) | meq/100 g | -- | 0.31 | 0.15 | 0.11 | |
| CIC (**) | meq/100 g | -- | 13.68 | 12.45 | 11.01 | |



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

INFORME DE ENSAYO N° 08193-23/SU/ LABSAF - CANAAN

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA |
|--------------------------|---|
| pH | EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH. |
| Conductividad Eléctrica | ISO 11265:1994/Cor.1:1996. Soil quality - Determination of the specific electrical conductivity - Technical Corrigendum 1. |
| Textura | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09.2000. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos. |
| Materia Orgánica | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black. |
| Nitrogeno | ISO 11261: 1995. First edition. Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method. |
| Fósforo | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección(31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10 AS-10.2000. Determinación de fósforo por el método de Olsen y colaboradores. |
| Potasio | Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego-INIA Ed. 1era. 2017. ítem 4.9.1. Pag. 62. Potasio extractable. |
| Aluminio Intercambiable | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección(31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.29 AS-33.2000. Determinación de la acidez y el Aluminio intercambiable por el procedimiento de Cloruro de potasio. |
| Cationes Intercambiables | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección(31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12.2000. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico y Bases intercambiables de suelo con acetato de amonio. |

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C

(*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Katia Mendoza Dávalos - Responsable del laboratorio del LABSAF Canaan

INST. NAC. INNOV. AGRARIA - INIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA CANAAN
Ing. José Velázquez Mantari
DIRECTOR

Firma
Director de la EEA Canaan

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Anexo B. Análisis de biol tradicional



REPORTE DE RESULTADO

N° 110911-23/AB/PICHANAKI

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : DARWIN HUAMAN LIZANA
 Propietario / Productor : DARWIN HUAMAN LIZANA
 Dirección del cliente : Andahuaylas-Andahuaylas - Apurimac
 Solicitado por : DARWIN HUAMAN LIZANA
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : BIOL
 Presentación de las muestras(s) : Conservada
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Andahuaylas-Andahuaylas - Apurimac
 Fecha(s) de muestreo : 09,11,2023 7:30am
 Fecha de recepción de muestra(s) : 16.11.2023
 Lugar de ensayo : LABSAF Pichanaki
 Fecha(s) de análisis : Del 16.11.2023 hasta 27.11.2023
 Fecha de emisión : 27.11.2023

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|---------------------------------|-----------|-------------------|-----|-----|-----|
| Código de Laboratorio | AB911-PI-23 | ... | ... | ... | ... | ... |
| Matriz Analizada | FOLIAR | ... | ... | ... | ... | ... |
| Fecha de Muestreo | | ... | ... | ... | ... | ... |
| Hora de Inicio de Muestreo (h) | No proporcionado por el cliente | ... | ... | ... | ... | ... |
| Condición de la muestra | Conservada | ... | ... | ... | ... | ... |
| Código/Identificación de la Muestra por el Cliente | PARCELA/LOTE : 1 | ... | ... | ... | ... | ... |
| Ensayo | Unidad | LC | RESULTADOS | | | |
| Conductividad eléctrica | mg/kg | 1,4 | 58,40 | ... | ... | ... |
| pH | Unid pH | | 5,70 | ... | ... | ... |
| Humedad (%) | % | | 95,98 | ... | ... | ... |
| cenizas en base seca | % | -- | 97,5 | ... | ... | ... |
| Materia Orgánica en base seca | % | -- | 2,5 | ... | ... | ... |
| Nitrógeno | % | -- | 0,50 | ... | ... | ... |
| P | % | -- | 0,65 | ... | ... | ... |
| P ₂ O ₅ | % | -- | 1,48 | ... | ... | ... |
| K | % | -- | 0,74 | ... | ... | ... |
| K ₂ O | % | -- | 0,89 | ... | ... | ... |
| Ca | % | -- | 0,63 | ... | ... | ... |
| CaO | % | -- | 0,88 | ... | ... | ... |
| Mg | % | -- | 0,11 | ... | ... | ... |
| MgO | % | -- | 0,18 | ... | ... | ... |
| Zn | mg/ L | -- | 13,50 | ... | ... | ... |
| Cu | mg/ L | -- | 7,45 | ... | ... | ... |
| Fe | mg/L | -- | 97,50 | ... | ... | ... |
| Mn | mg/L | -- | 175,00 | ... | ... | ... |
| Na | mg/ L | -- | 42,80 | ... | ... | ... |

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA |
|---------|---|
| Humedad | ASTM 2974-20e1 Standard Test Methods for Determining the Water (Moisture) Content, Ash Content, and Organic Material of Peat and Other Organic Soils. Metodo modificado. La humedad se determinó en base al peso fresco de lamuestra tal como se recibió. |



REPORTE DE RESULTADO

N° 110911-23/AB/PICHANAKI

| | |
|--------------------------------|--|
| PH | EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH modificado con lectura directa. |
| Conductividad eléctrica | Lectura directa y criterios establecidos en ISO 11265, First Edition, 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity. |
| Materia orgánica | Via seca con método "ASTM 2974-20e1 Standard Test Methods for Determining the Water (Moisture) Content, Ash Content, and Organic Material of Peat and Other Organic Soils" modificado. |
| Nitrógeno | Micro-Kjeldahl. |
| Fosforo | Digestión viscosa y determinación de fosfatos por colorimetría (método amarillo del ácido vanadomolibdofosfórico) con metodo (ASTM 2974-20 Standard Test Methods) modificado. |
| Potasio | Digestion via seca con método (AOAC Official Method 999.11. (1999) Lead, Cadmium, Copper, Iron and Zinc in Foods Atomic Absorption Spectrophotometry after Dry Ashing) modificado con técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica de Flama. |
| Ca, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn, Mn. | Digestion via seca y método (AOAC Official Method 999.11. (1999) Lead, Cadmium, Copper, Iron and Zinc in Foods Atomic Absorption Spectrophotometry after Dry Ashing) modificado. Alternativamente digestión via humeda |

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C

El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. M.Sc. ELVIS OTTOS DIAZ - Especialista, responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.



Anexo C. Ficha técnica de biol tradicional

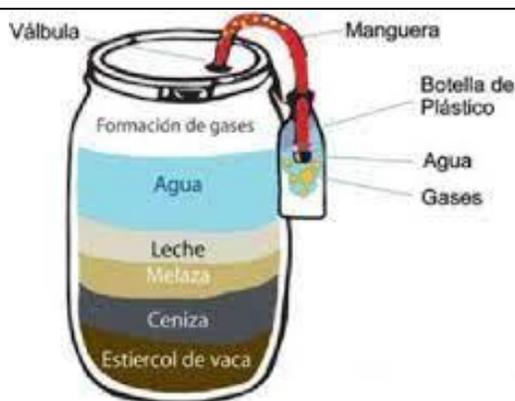
INFORMACIÓN GENERAL

El biol es un fertilizante foliar orgánico, conocido también como biofertilizante líquido, que se obtiene mediante un proceso de fermentación anaeróbica de restos orgánicos de origen animal y vegetal, como estiércol y residuos de cosecha. Este abono es rico en nutrientes de gran valor, los cuales favorecen el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas.

La producción del biol es un proceso relativamente simple y de bajo costo, ya que sus insumos de preparación son locales, aunque su elaboración tiene un periodo de entre dos y tres meses, esto dependiendo del clima que tiene el lugar donde se realiza.

Insumos para la elaboración del biol

En la elaboración del biol se puede emplear cualquier tipo de estiércol y residuos de plantas, según la actividad ganadera (como vacunos, ovinos, camélidos o animales menores) y la diversidad vegetal del área en que se encuentre.



Beneficios del uso del biol

- Contribuye a la nutrición de las plantas, garantizando un mayor rendimiento en la producción y mejorando la calidad de los cultivos.
- Revitaliza las plantas que enfrentan estrés debido a plagas, enfermedades o interrupciones en su desarrollo normal, proporcionando una nutrición oportuna, constante y adecuada.
- Garantiza una mejora en la calidad de los productos en cuanto a su presentación, durabilidad, facilidad de manejo y conservación, así como un aumento en el peso en kilogramos por unidad de superficie.
- Proporciona alimentos sin residuos de sustancias químicas.

Cosecha y almacenamiento

La cosecha del biol se considera adecuada cuando el color del agua en la botella descartable que contiene la manguera es de un tono verdoso. Durante la cosecha, es importante cernir el biol para separar los sólidos. Además, se debe almacenar el biol enriquecido en un lugar protegido de la luz solar y herméticamente sellado. Antes de utilizarlo, es necesario agitarlo para lograr una correcta homogeneización.

Dosis de Aplicación

De 0.5 a 2 litros, disolviendo en una mochila fumigadora de 20 litros de capacidad dependiendo del cultivo y estado fenológico.

Anexo D. Ficha técnica de Bio Chumbinia



BIO CHUMBINIA

FICHA TÉCNICA

BIOFERTILIZANTE

INFORMACIÓN GENERAL

El biofertilizante **BIO CHUMBINIA**, es una formulación natural obtenida por medio de fermentación de sub productos de la ganadería y vegetales, es utilizado en todas las plantas como fertilizante natural que contiene macro y micro elementos necesarios para la nutrición de las plantas. La aplicación del producto se realiza por pulverización foliar, aplicación al suelo antes de la siembra y en el agua de riego (fertirriego).

Insumos para la elaboración de BIO CHUMBINIA

- Estiércol de cuy, cerdo y aves
- Estiércol de vacuno
- Suero de leche
- Consorcio microbiano-ácido láctico
- Guano de isla
- Melaza de caña



COMPOSICIÓN QUÍMICA

| PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS | |
|--------------------------------|------------------------|
| pH | 4,30 |
| C.E | 48,40 ds/m |
| Densidad | 1,06 g/cm ³ |
| Cenizas | 29,63 % |
| M.O en base seca | 70,37 % |
| M.O en base húmeda | 11,47 % |
| MACROELEMENTOS | |
| 0.11 % Nitrógeno | 1 100 mg/l |
| 1.05 % Fósforo | 10 500 mg/l |
| 0.22 % Potasio | 2 203 mg/l |
| 0.13 % Calcio | 1 250 mg/l |
| 0.07 % Magnesio | 723 mg/l |
| 0.07 % Sodio | 677 mg/l |
| MICROELEMENTOS | |
| 0.01 % Hierro | 118,75 mg/l |
| 0.002 % Cobre | 2,27 mg/l |
| 0.001 % Zinc | 9,72 mg/l |
| 0.001 % Manganeso | 7,82 mg/l |

RECOMENDACIONES PARA SU APLICACIÓN

| Cultivos | Dosis | Frecuencia |
|---|--|--|
| Maíz, alfalfa, avena, cebada, trigo, quinua, kiwicha, papa, zapallo, palto, tara, pino y queuña | 2 litros de biofertilizante por 200 litros de agua 200 ml/ mochila de 20 litros | Aplicar BIO CHUMBINIA 4 veces durante la campaña agrícola : <ul style="list-style-type: none"> • Primera aplicación: Cuando las plantas tengan 5 a 10 cm de altura • Segunda aplicación: a los 7 días de la primera aplicación • Tercera aplicación: A los 21 días • Cuarta aplicación: A los 45 días |

Beneficios

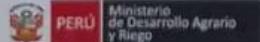
- Incrementa la actividad microbiana y la materia orgánica.
- Mejora la estructura del suelo y la retención de nutrientes.
- Estimula la floración y el buen desarrollo del fruto.
- Aumenta el desarrollo del follaje.
- Favorece un mejor enraizamiento de la planta
- Acelera y uniformiza la germinación de semillas.
- Aumenta y acelera el crecimiento de brotes.
- Es un producto que repele la presencia de plagas.

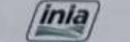
Almacenamiento y precauciones

- Almacene el producto en un lugar fresco y seco, en su envase original.
- Mantenga el producto fuera del alcance de los niños.
- No aplique el producto cuando las plantas se encuentren en floración.

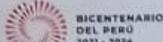


Estación Experimental Agraria Chumbibamba - APURIMAC









Edición e impresión: Instituto Nacional de Innovación Agraria Av. La Molina N° 1981, La Molina, Lima 12 - Perú / 2402100 - 2402350 / Publicado en Julio, 2023

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2023-06051

Anexo E. Condiciones Climáticas durante el Trabajo Experimental: Agosto 2023 a Abril 2024

| Meses | Temperatura (°C) | | | Humedad relativa (%) | Precipitación |
|-------------|------------------|-------|--------|----------------------|---------------|
| | Máximo | Medio | Mínimo | | |
| 2023 | | | | | |
| Agosto | 21.20 | 12.66 | 8.54 | 66.46 | 2.26 |
| Setiembre | 20.27 | 12.41 | 7.86 | 67.12 | 17.65 |
| Octubre | 21.20 | 11.95 | 9.25 | 69.01 | 21.17 |
| Noviembre | 20.35 | 10.81 | 9.54 | 70.80 | 47.38 |
| Diciembre | 19.44 | 9.96 | 9.47 | 76.29 | 102.16 |
| 2024 | | | | | |
| Enero | 19.42 | 10.11 | 9.31 | 77.19 | 71.76 |
| Febrero | 19.13 | 10.05 | 9.07 | 78.40 | 116.96 |
| Marzo | 18.96 | 9.75 | 9.20 | 80.25 | 70.00 |
| Abril | 19.20 | 10.13 | 9.07 | 78.31 | 24.51 |

Fuente: nasa power 2024

Anexo F. Base de datos de características agronómicas de maralfalfa (Pennisetum sp)

| | Variables evaluadas | Bloque | Corte 1 | Corte 2 | Corte 3 |
|-------------------------|---|---------------|----------------|----------------|----------------|
| BIO CHUMBINIA | Producción de materia verde (gMV/planta) | I | 295.31 | 575.84 | 205.90 |
| | | II | 265.47 | 528.01 | 221.57 |
| | | III | 242.35 | 585.37 | 224.58 |
| | Relación Hoja:Tallo promedio | I | 5.86 | 1.81 | 6.26 |
| | | II | 7.35 | 2.28 | 5.82 |
| | | III | 6.93 | 1.87 | 5.16 |
| | Producción de materia seca (gMS/planta) | I | 43.36 | 85.19 | 33.23 |
| | | II | 39.14 | 73.81 | 35.02 |
| | | III | 35.42 | 78.55 | 34.46 |
| | Porcentaje de materia seca (%) | I | 14.61 | 14.86 | 16.26 |
| | | II | 14.84 | 14.18 | 15.96 |
| | | III | 14.50 | 13.40 | 15.30 |
| BIOL TRADICIONAL | Producción de materia verde (gMV/planta) | I | 206.21 | 383.12 | 197.22 |
| | | II | 223.37 | 505.15 | 204.13 |
| | | III | 177.66 | 466.23 | 214.64 |
| | Relación Hoja:Tallo promedio | I | 7.40 | 2.25 | 5.66 |
| | | II | 8.48 | 2.12 | 4.53 |
| | | III | 9.31 | 2.07 | 4.58 |
| | Producción de materia seca (gMS/planta) | I | 32.28 | 58.88 | 31.39 |
| | | II | 33.38 | 74.24 | 33.33 |
| | | III | 30.61 | 63.87 | 33.44 |
| | Porcentaje de materia seca (%) | I | 15.58 | 15.49 | 16.04 |
| | | II | 14.98 | 14.70 | 16.25 |
| | | III | 17.04 | 13.73 | 15.58 |
| TESTIGO (AGUA) | Producción de materia verde (gMV/planta) | I | 249.28 | 417.19 | 201.18 |
| | | II | 207.58 | 388.78 | 177.57 |
| | | III | 224.87 | 511.31 | 147.29 |
| | Relación Hoja:Tallo promedio | I | 8.45 | 2.41 | 8.29 |
| | | II | 9.17 | 2.22 | 5.61 |
| | | III | 6.01 | 1.93 | 7.43 |
| | Producción de materia seca (gMS/planta) | I | 38.80 | 65.93 | 32.62 |
| | | II | 31.68 | 58.16 | 28.99 |
| | | III | 32.25 | 68.85 | 24.95 |
| | Porcentaje de materia seca (%) | I | 15.67 | 16.06 | 16.31 |
| | | II | 15.25 | 14.96 | 16.36 |
| | | III | 14.52 | 13.51 | 17.29 |

Anexo G. Base de datos de características morfológicas de maralfalfa (Pennisetum sp.)

| | Variables evaluadas | Bloque | Corte 1 | Corte 2 | Corte 3 |
|-------------------------|---------------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| BIO CHUMBINIA | Altura de planta (cm) | I | 93.00 | 135.93 | 65.70 |
| | | II | 89.64 | 126.58 | 69.70 |
| | | III | 81.73 | 133.28 | 76.60 |
| | Número de macollos(unid) | I | 41.00 | 51.88 | 107.25 |
| | | II | 35.63 | 44.88 | 102.38 |
| | | III | 38.63 | 48.50 | 113.50 |
| | Diámetro del tallo(mm) | I | 12.03 | 16.59 | 11.12 |
| | | II | 11.65 | 17.31 | 10.32 |
| | | III | 11.28 | 18.01 | 10.83 |
| | Largo de hoja(cm) | I | 73.26 | 84.28 | 50.18 |
| | | II | 73.09 | 83.33 | 50.40 |
| | | III | 64.70 | 84.63 | 59.33 |
| | Ancho de hoja (mm) | I | 18.57 | 22.44 | 17.23 |
| | | II | 18.73 | 22.47 | 17.04 |
| | | III | 18.16 | 21.60 | 17.63 |
| BIOL TRADICIONAL | Altura de planta (cm) | I | 82.23 | 118.15 | 71.01 |
| | | II | 81.90 | 128.95 | 66.31 |
| | | III | 83.65 | 128.36 | 78.54 |
| | Número de macollos(unid) | I | 33.13 | 42.75 | 107.75 |
| | | II | 40.63 | 49.00 | 107.13 |
| | | III | 34.25 | 45.38 | 103.13 |
| | Diámetro del tallo(mm) | I | 11.11 | 14.68 | 10.92 |
| | | II | 11.21 | 17.87 | 10.44 |
| | | III | 11.33 | 14.93 | 10.86 |
| | Largo de hoja(cm) | I | 66.19 | 80.28 | 53.20 |
| | | II | 65.60 | 83.48 | 49.71 |
| | | III | 67.55 | 84.13 | 59.28 |
| | Ancho de hoja (mm) | I | 18.07 | 21.63 | 16.91 |
| | | II | 17.66 | 21.53 | 16.14 |
| | | III | 19.20 | 20.23 | 17.91 |
| TESTIGO (AGUA) | Altura de planta (cm) | I | 83.84 | 114.71 | 67.83 |
| | | II | 79.39 | 115.54 | 61.05 |
| | | III | 88.08 | 119.99 | 60.15 |
| | Número de macollos(unid) | I | 39.13 | 47.00 | 116.25 |
| | | II | 34.13 | 44.75 | 106.63 |
| | | III | 33.38 | 43.50 | 99.00 |

| | | | | | |
|--|-------------------------------|------------|-------|-------|-------|
| | Diámetro del tallo(mm) | I | 10.79 | 14.85 | 9.50 |
| | | II | 10.56 | 15.18 | 9.13 |
| | | III | 11.14 | 15.54 | 8.39 |
| | Largo de hoja(cm) | I | 66.66 | 76.65 | 52.63 |
| | | II | 63.08 | 75.64 | 49.24 |
| | | III | 68.56 | 77.24 | 47.88 |
| | Ancho de hoja (mm) | I | 16.83 | 20.59 | 15.02 |
| | | II | 17.37 | 21.32 | 13.64 |
| | | III | 19.24 | 20.67 | 13.66 |

Anexo H. Promedio general de variables evaluadas en la investigación

| Tratamiento | Corte | Características agronómicas | | | | Características Morfológicas | | | | |
|---------------------|-----------------|--|----------------------|---|--------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Producción de materia verde gMV/planta/corte | Relación Hoja: Tallo | Producción de materia seca gMS/planta/corte | Porcentaje de materia seca (%) | Altura de la planta (cm) | Número de macollos (unid) | Diámetro del tallo (mm) | Largo de la hoja (cm) | Ancho de la hoja (mm) |
| BIO CHUMBINIA | Corte 1 | 267.71 | 6.71 | 39.3 | 14.65 | 88.12 | 38.42 | 11.65 | 70.35 | 18.49 |
| | Corte 2 | 563.07 | 1.99 | 79.18 | 14.15 | 131.93 | 48.42 | 17.3 | 84.08 | 22.17 |
| | Corte 3 | 217.35 | 5.75 | 34.23 | 15.84 | 70.67 | 107.71 | 10.76 | 53.3 | 17.3 |
| | Promedio | 349.38 | 4.82 | 50.91 | 14.88 | 96.9 | 64.85 | 13.24 | 69.24 | 19.32 |
| BIOL TRADICIONAL | Corte 1 | 202.41 | 8.4 | 32.09 | 15.87 | 82.59 | 36 | 11.22 | 66.45 | 18.31 |
| | Corte 2 | 451.5 | 2.15 | 65.66 | 14.64 | 125.15 | 45.71 | 15.83 | 82.63 | 21.13 |
| | Corte 3 | 205.33 | 4.92 | 32.72 | 15.96 | 71.95 | 106 | 10.74 | 54.06 | 16.99 |
| | Promedio | 286.41 | 5.15 | 43.49 | 15.49 | 93.23 | 62.57 | 12.59 | 67.71 | 18.81 |
| TESTIGO (AGUA) | Corte 1 | 227.24 | 7.88 | 34.24 | 15.15 | 83.77 | 35.54 | 10.83 | 66.1 | 17.81 |
| | Corte 2 | 439.09 | 2.18 | 64.32 | 14.84 | 116.75 | 45.08 | 15.19 | 76.51 | 20.86 |
| | Corte 3 | 175.35 | 7.11 | 28.85 | 16.65 | 63.01 | 107.29 | 9.01 | 49.91 | 14.11 |
| | Promedio | 280.56 | 5.72 | 42.47 | 15.55 | 87.84 | 62.64 | 11.68 | 64.17 | 17.59 |

Anexo I. Test de normalidad, homogeneidad, Análisis de varianza y prueba de medias.

I 1. Producción de materia seca corte 2

Test de normalidad de Shapiro -Wilks

| Variable | n | Media | D.E. | W* | p(Unilateral D) |
|---------------------------------|----|-------|-------|------|-----------------|
| RDUO Producción de materia seca | 72 | 0 | 22.28 | 0.95 | 0.0645 |

Test de homogeneidad de varianza – Levene

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| RABS Producción materia seca | 72 | 0.07 | 0.01 | 76.07 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|----------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 884.18 | 4 | 221.04 | 1.23 | 0.3057 |
| Bloques | 785.01 | 2 | 392.5 | 2.19 | 0.1201 |
| Tratamientos | 99.17 | 2 | 49.58 | 0.28 | 0.7594 |
| Error | 12020.84 | 67 | 179.42 | | |
| Total | 12905.01 | 71 | | | |

Análisis de varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Producción de materia seca | 72 | 0.09 | 0.03 | 32.89 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 3282.45 | 4 | 820.61 | 1.56 | 0.195 |
| Bloques | 36.99 | 2 | 18.49 | 0.04 | 0.9655 |

| | | | | | |
|--------------|----------|----|---------|------|--------|
| Tratamientos | 3245.46 | 2 | 1622.73 | 3.09 | 0.0522 |
| Error | 35228.77 | 67 | 525.8 | | |
| Total | 38511.22 | 71 | | | |

I 2. Altura de planta corte 2

Test de normalidad de Shapiro -Wilks

| Variable | n | Media | D.E. | W* | p(Unilateral D) |
|--------------------------|----|-------|------|------|-----------------|
| RDUO Altura de la planta | 72 | 0 | 9.06 | 0.96 | 0.0977 |

Test de homogeneidad de varianza – Levene

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| RABS Altura de la planta | 72 | 0.09 | 0.03 | 79.17 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|---------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 194.32 | 4 | 48.58 | 1.57 | 0.1933 |
| Bloques | 186.28 | 2 | 93.14 | 3 | 0.0563 |
| Tratamientos | 8.04 | 2 | 4.02 | 0.13 | 0.8786 |
| Error | 2077.37 | 67 | 31.01 | | |
| Total | 2271.69 | 71 | | | |

Análisis de varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Altura de planta | 72 | 0.34 | 0.3 | 7.49 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|---------|----|---------|-------|---------|
| Modelo | 3025.87 | 4 | 756.47 | 8.69 | <0.0001 |
| Bloques | 250.26 | 2 | 125.13 | 1.44 | 0.2448 |
| Tratamientos | 2775.61 | 2 | 1387.81 | 15.94 | <0.0001 |
| Error | 5833.72 | 67 | 87.07 | | |
| Total | 8859.6 | 71 | | | |

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 87.0705 gl: 67

| Tratamiento | Medias | n | E.E. | | |
|------------------|--------|----|------|---|---|
| Bio chumbinia | 131.93 | 24 | 1.9 | A | |
| Biol tradicional | 125.15 | 24 | 1.9 | | B |
| Testigo (agua) | 116.75 | 24 | 1.9 | | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**I 3. Diámetro de tallo corte 2****Test de normalidad de Shapiro -Wilks**

| Variable | n | Media | D.E. | W* | p(Unilateral D) |
|------------------------|----|-------|------|------|-----------------|
| RDUO Diámetro de tallo | 72 | 0 | 1.72 | 0.97 | 0.4011 |

Test de homogeneidad de varianza – Levene

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| RABS Diámetro del tallo | 72 | 0.11 | 0.06 | 77.94 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 9.17 | 4 | 2.29 | 2.12 | 0.0875 |
| Bloques | 4.74 | 2 | 2.37 | 2.2 | 0.1192 |
| Tratamientos | 4.43 | 2 | 2.21 | 2.05 | 0.1367 |
| Error | 72.33 | 67 | 1.08 | | |
| Total | 81.5 | 71 | | | |

Análisis de varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Diámetro del tallo | 72 | 0.28 | 0.23 | 10.98 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 80.56 | 4 | 20.14 | 6.44 | 0.0002 |
| Bloques | 24.08 | 2 | 12.04 | 3.85 | 0.0261 |
| Tratamientos | 56.48 | 2 | 28.24 | 9.03 | 0.0003 |
| Error | 209.44 | 67 | 3.13 | | |
| Total | 290 | 71 | | | |

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 3.1260 gl: 67

| Tratamiento | Medias | n | E.E. | |
|------------------|--------|----|------|---|
| Bio chumbinia | 17.3 | 24 | 0.36 | A |
| Biol tradicional | 15.83 | 24 | 0.36 | B |
| Testigo (agua) | 15.19 | 24 | 0.36 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

I 4. Largo de hoja corte 2**Test de normalidad de Shapiro -Wilks**

| Variable | n | Media | D.E. | W* | p(Unilateral D) |
|--------------------|----|-------|------|------|-----------------|
| RDUO Largo de hoja | 72 | 0 | 4.25 | 0.97 | 0.4663 |

Test de homogeneidad de varianza – Levene

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--------------------|----|----------------|-------------------|------|
| RABS Largo de hoja | 72 | 0.08 | 0.03 | 82.6 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 44 | 4 | 11 | 1.53 | 0.2031 |
| Bloques | 43.02 | 2 | 21.51 | 2.99 | 0.0568 |
| Tratamientos | 0.98 | 2 | 0.49 | 0.07 | 0.9343 |
| Error | 481.22 | 67 | 7.18 | | |
| Total | 525.22 | 71 | | | |

Análisis de varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|---------------|----|----------------|-------------------|-----|
| Largo de hoja | 72 | 0.39 | 0.35 | 5.4 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|--------|----|--------|-------|---------|
| Modelo | 807.1 | 4 | 201.78 | 10.54 | <0.0001 |
| Bloques | 32.94 | 2 | 16.47 | 0.86 | 0.4278 |
| Tratamientos | 774.16 | 2 | 387.08 | 20.21 | <0.0001 |

| | | | |
|-------|---------|----|-------|
| Error | 1283.17 | 67 | 19.15 |
| Total | 2090.27 | 71 | |

Test:Duncan Alfa=0.05

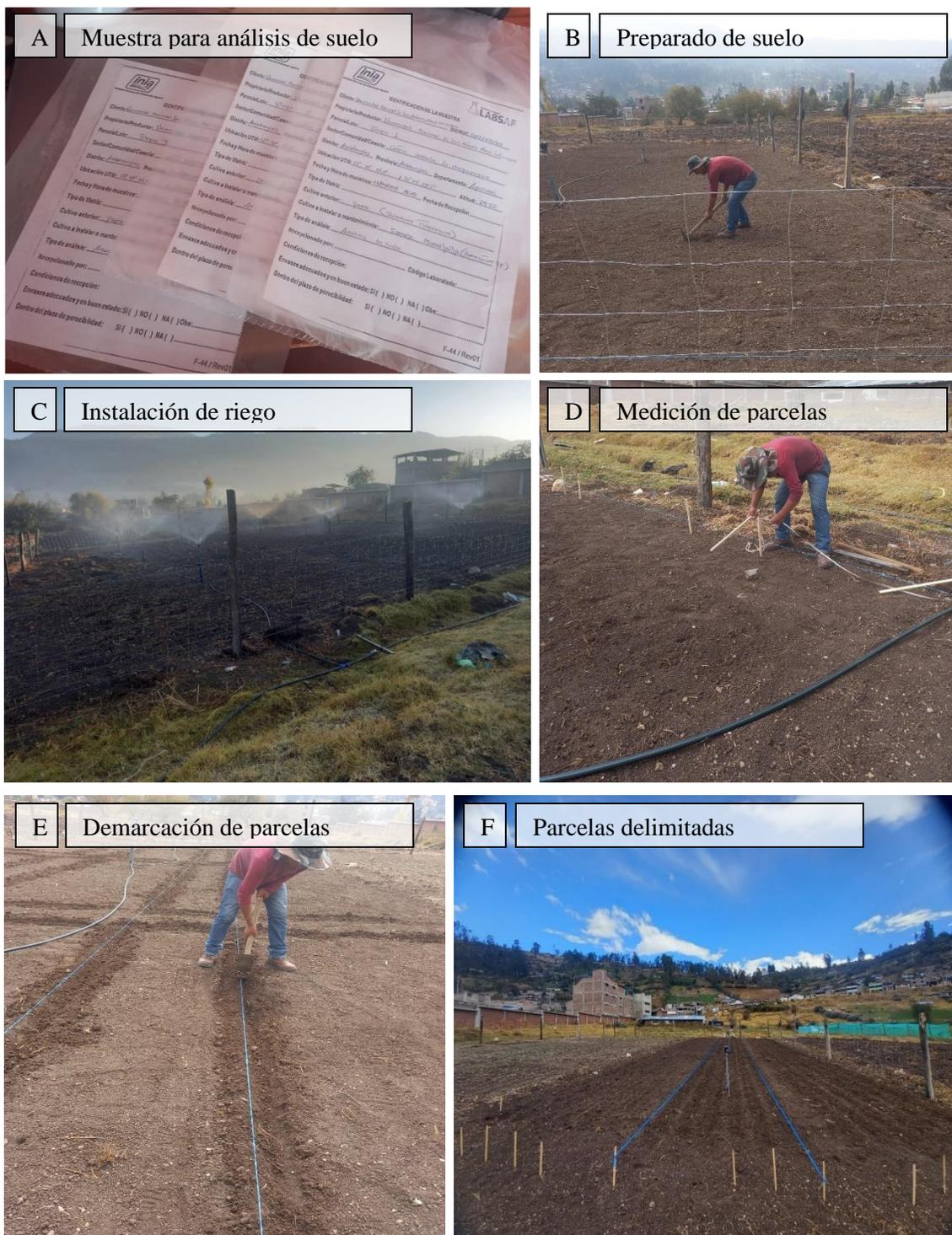
Error: 19.1518 gl: 67

| Tratamiento | Medias | n | E.E. | |
|------------------|--------|----|------|---|
| Bio chumbinia | 84.08 | 24 | 0.89 | A |
| Biol tradicional | 82.63 | 24 | 0.89 | A |
| Testigo(agua) | 76.51 | 24 | 0.89 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo J. Panel fotográfico

J 1. Adecuación del terreno para el establecimiento de maralfalfa (*Pennisetum sp.*)



Fotografías tomadas durante el muestreo de suelo para análisis de composición química, instalación de riego, preparado y delimitación de unidades experimentales (2023).

J 2. Siembra, brote y manejo del campo experimental



Fotografías tomadas durante la selección de estacas vegetales, siembra, brote primeras plantas y manejo agronómico (2023).

J 3. Obtención de los tipos de biol

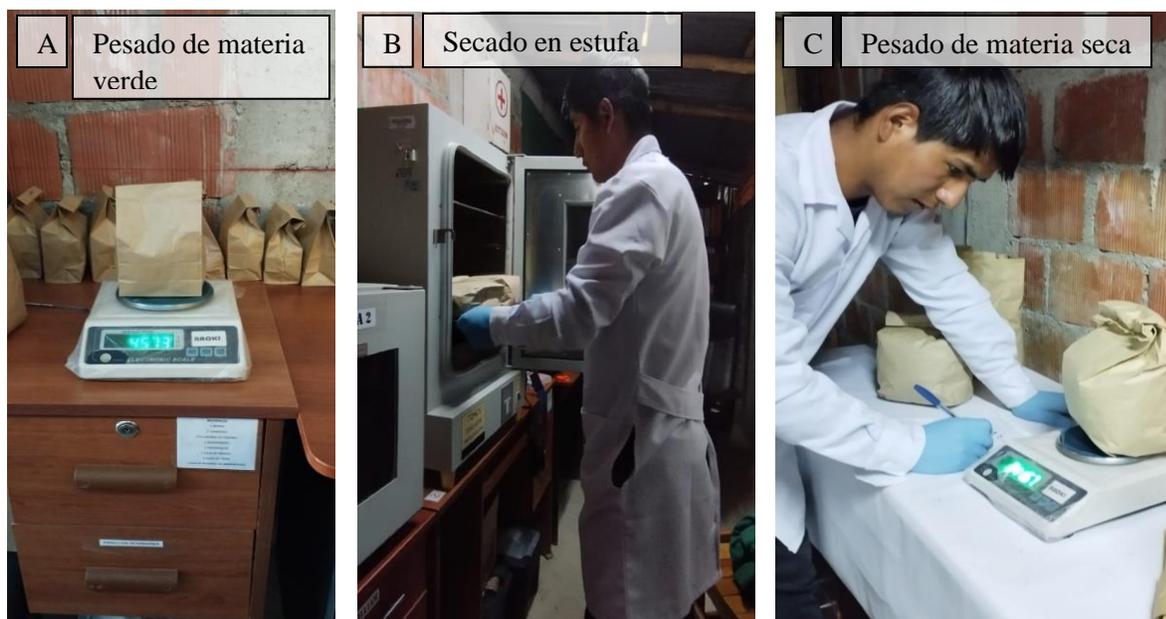


Fotografías tomadas durante la preparación, monitoreo de fermentación y cosecha de biol tradicional y adquisición de bio chumbinia (2023).

J 4. Codificación e inicio de etapa experimental



Fotografías tomadas durante la codificación de plantas para evaluación, corte de uniformización, monitoreo del campo experimental y aplicación de tipos de biol (2023- 2024).

J 5. Evaluación de características agronómicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*)

Fotografías tomadas durante la evaluación de las diferentes características agronómicas de maralfalfa (2023- 2024).

J 6. Evaluación de características morfológicas de maralfalfa (*Pennisetum sp.*)



Fotografías tomadas durante la evaluación de las diferentes características morfológicas de maralfalfa (2023-2024).