

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



T E S I S

**Niveles de fertilización con guano de isla en la producción y calidad nutritiva del
botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Zootecnista

Autores:

Bach. Solange Lizet ABADIA GUSTAVSON

Bach. Harold Daniel CORREA RATTO

Asesor:

Ph.D. Anibal Raúl RODRIGUEZ VARGAS

Oxapampa – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



T E S I S

**Niveles de fertilización con guano de isla en la producción y calidad nutritiva del
botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

M.Sc. Gilmar Hugo LOPEZ ALEGRE

PRESIDENTE

Mg. Esteban Luis NAVARRO ESPINOZA

MIEMBRO

Mg. Ladislao Cesar ROMERO RIVAS

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 027-2026/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

ABADIA GUSTAVSON, Solange Lizet
CORREA RATTO, Harold Daniel

Escuela de Formación Profesional
Zootecnia - Oxapampa

Tipo de trabajo
Tesis

Niveles de fertilización con guano de isla en la producción y calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco

Asesor
Ph.D. Aníbal Raúl RODRÍGUEZ VARGAS
Índice de similitud

3 %

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 12 de junio de 2026



Firmado digitalmente por HUANES
TODAR Luis Antonio FAU
20154625045.pdf
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12/06/2026 12:41:31 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
FCPR/UIFCCAA

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fortaleza inquebrantable, por darme la perseverancia para alcanzar esta meta y por guiar cada uno de mis pasos con su luz y sabiduría. Este logro es, ante todo, para Él.

A mis padres, Joyce Gustavson Bottger y Antonio Abadía Duarte, por su amor incondicional, su apoyo constante y su ejemplo de integridad que han inspirado mi vida y mis esfuerzos.

Solange Lizet ABADIA GUSTAVSON

A Dios, fuente de sabiduría y guía en cada paso de mi vida. Con humildad y profundo agradecimiento, dedico este trabajo de tesis a Ti, por iluminar mi camino, fortalecer mi fe y concederme la fortaleza necesaria para alcanzar esta meta.

A mi madre, Janeth Ratto González, por su amor incondicional, apoyo constante y ejemplo de perseverancia, que han sido el motor de mis esfuerzos y logros.

Harold Daniel CORREA RATTO

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, de verdad quiero agradecerles por todo lo que me han enseñado en esta etapa. Más allá de los cursos, me quedo con sus consejos, su paciencia y esa forma de exigirme que, aunque a veces se sentía fuerte, al final me ayudó bastante a salir adelante y creer en nosotros. Cada clase, cada corrección y cada recomendación han sido parte de este logro. Hoy que estoy cerrando esta etapa, reconozco que nada de esto hubiera sido igual sin su apoyo y su compromiso. Muchas gracias por todo lo que han aportado en mi formación y por ser parte de este camino que hoy estoy logrando cumplir.

Expresamos nuestro agradecimiento al proyecto de investigación “Estrategias de mejora productiva de vacunos de carne y leche mediante la aplicación de información molecular en Oxapampa – Pasco” por el financiamiento otorgado para el análisis proximal de las muestras, que permitió evaluar el valor nutricional de la arbustiva.

Al Instituto de Investigación Especializada en Ganadería Oxapampa (INIGOX) de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por facilitar las instalaciones del Centro de Investigación y Estudios de Transferencia Tecnológica (CIETT) Peñaflor, donde se llevó a cabo este trabajo de investigación.

RESUMEN

El estudio evaluó el efecto de diferentes niveles de fertilización con guano de isla y dos períodos diferenciados de precipitación sobre la producción y calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en estado de prefloración, en Oxapampa (Pasco, Perú). Se aplicó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2×6 y cuatro repeticiones (24 parcelas) entre julio de 2023 y marzo de 2024 en el INIGOX, considerando dos épocas de precipitación (alta y baja) y seis dosis de guano de isla (0; 0.5; 1; 1.5; 2 y 2.5 t/ha). Se evaluaron variables agronómicas (altura de planta, peso de hoja y tallo, relación hoja:tallo y rendimiento de forraje) y parámetros nutricionales (proteína cruda, extracto libre de nitrógeno, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y cenizas) mediante mediciones de campo y análisis bromatológicos. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0.05$). La mayor altura de planta promedio fue de 156.75 ± 22.11 cm, registrada en la época de alta precipitación. Respecto a la biomasa total, el rendimiento de forraje fresco más alto fue de 25.04 t/a, obtenido en la interacción de alta precipitación con la dosis máxima de 2.5 t/ha (F6). En este tratamiento, el peso de hoja alcanzó un valor máximo de 11.00 t/ha y el peso de tallo alcanzó 14.04 t/ha. la relación hoja:tallo alcanzó su valor óptimo de 0.80 con la dosis de 1.0 t/ha (F3). En términos de calidad nutritiva, la proteína cruda (PC) fue la única variable significativamente afectada, alcanzando un máximo de 12.56 % con la dosis de 1.0 t/ha en alta precipitación, superando el promedio general de 11.47 %. Los demás componentes bromatológicos se mantuvieron estables, presentando los siguientes rangos de variación: el extracto libre de nitrógeno (ELN) varió entre 36.07 % y 38.7 %, la fibra detergente neutro (FDN) osciló entre 48.47 % y 57.31 %, a fibra detergente ácida (FDA) se mantuvo en un rango de 30.15 % a 35.50 %; y las cenizas se registraron entre 9.50 % y 12.25 %. En conjunto, los hallazgos confirman el potencial del guano de isla como insumo orgánico para mejorar la productividad de *Tithonia diversifolia*, incluso bajo condiciones de baja disponibilidad de agua.

Palabra clave: *Tithonia diversifolia*, guano de isla, fertilización orgánica, rendimiento forrajero, valor nutritivo.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of different levels of guano fertilization and two distinct rainfall periods on the production and nutritional quality of Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) in the pre-flowering stage in Oxapampa (Pasco, Peru). A completely randomized design with a 2×6 factorial arrangement and four replications (24 plots) was applied between July 2023 and March 2024 at INIGOX, considering two rainfall periods (high and low) and six guano application rates (0, 0.5, 1, 1.5, 2, and 2.5 t/ha). Agronomic variables (plant height, leaf and stem weight, leaf-to-stem ratio, and forage yield) and nutritional parameters (crude protein, nitrogen-free extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, and ash) were evaluated through field measurements and proximate analyses. The data were analyzed using ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$). The greatest average plant height was 156.75 ± 22.11 cm, recorded during the period of high rainfall. Regarding total biomass, the highest fresh forage yield was 25.04 t/ha, obtained in the interaction of high rainfall with the maximum dose of 2.5 t/ha (F6). In this treatment, leaf weight reached a maximum value of 11.00 t/ha and stem weight reached 14.04 t/ha. The leaf-to-stem ratio reached its optimum value of 0.80 with the dose of 1.0 t/ha (F3). In terms of nutritional quality, crude protein (CP) was the only variable significantly affected, reaching a maximum of 12.56% with the 1.0 t/ha application rate under high rainfall, exceeding the overall average of 11.47%. The other bromatological components remained stable, exhibiting the following ranges: nitrogen-free extract (NFE) varied between 36.07% and 38.7%, neutral detergent fiber (NDF) ranged from 48.47% to 57.31%, acid detergent fiber (ADF) ranged from 30.15% to 35.50%, and ash content ranged from 9.50% to 12.25%. Taken together, these findings confirm the potential of island guano as an organic input to improve the productivity of *Tithonia diversifolia*, even under conditions of low water availability..

Keyword: *Tithonia diversifolia*, island guano, organic fertilization, forage yield, nutritional value.

INTRODUCCIÓN

Tithonia diversifolia, conocida como “árbol maravilla” o “girasol mexicano”, se caracteriza por su rápido crecimiento, elevada producción de biomasa y capacidad de adaptación a suelos de baja fertilidad, lo que la convierte en una alternativa valiosa tanto para la producción de forraje como para la recuperación de suelos degradados. Su follaje presenta un contenido de proteína bruta que puede oscilar entre el 20 % y el 23 %, favoreciendo la fermentación ruminal y la eficiencia de la síntesis de proteína microbiana (Mahecha & Rosales, 2005; Medina *et al.*, 2009).

Diversos estudios han demostrado que la inclusión de *Tithonia diversifolia* en sistemas agroforestales y silvopastoriles mejora la disponibilidad de nutrientes y la calidad del forraje. En suelos tropicales ácidos, su incorporación junto con roca fosfatada ha incrementado la disponibilidad de fósforo, favoreciendo la productividad de cultivos como el maíz (Nziguheba *et al.*, 2000). En sistemas silvopastoriles, su uso ha permitido aumentar el valor nutritivo de mezclas forrajeras en comparación con gramíneas en monocultivo, así como mejorar la digestibilidad y el aporte proteico en la dieta de rumiantes (Ku-Vera *et al.*, 2018).

En este contexto, se plantea como objetivo evaluar el efecto de distintos niveles de fertilización con guano de isla y diferentes épocas de precipitación sobre la producción y calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en estado de prefloración, en Oxapampa – Pasco; con el fin de generar información científica que oriente a productores y técnicos en la optimización de este recurso forrajero, contribuyendo al desarrollo sostenible de la ganadería en la región.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	3
1.2.1.	Delimitación espacial	3
1.2.2.	Delimitación temporal.....	3
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general.....	4
1.4.2.	Objetivos específicos	4
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.5.1.	Justificación teórica	4
1.5.2.	Justificación práctica.....	5

1.5.3.	Justificación metodológica.....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del estudio	7
2.2.	Bases teóricas - científicas	14
2.2.1.	Origen de la Tithonia diversifolia	14
2.2.2.	Taxonomía de la Tithonia diversifolia	14
2.2.3.	Características morfológicas de la Tithonia diversifolia	15
2.2.4.	Características agronómicas de la Tithonia diversifolia	17
2.2.5.	Características nutricionales de la Tithonia diversifolia.....	18
2.2.6.	Alimentación animal con Tithonia diversifolia	20
2.2.7.	Fertilización	23
2.2.8.	Guano de isla.....	23
2.3.	Definición de términos básicos.....	24
2.4.	Formulación de hipótesis	25
2.4.1.	Hipótesis general.....	25
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	26
2.5.	Identificación de variables	26
2.5.1.	Variables Independientes:.....	26
2.5.2.	Variables Dependientes	27
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	27
2.6.1.	Sistema de variables e indicadores	27
2.6.2.	Esquema del sistema de variables e indicadores.....	28

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	29
3.2.	Nivel de investigación.....	29
3.3.	Métodos de investigación	30
3.3.1.	Del corte de uniformización de las parcelas	30
3.3.2.	De la evaluación de trabajo de campo	30
3.3.3.	De la evaluación de las muestras de laboratorio	31
3.3.4.	De la toma de datos	31
3.4.	Diseño de investigación	31
3.5.	Población y muestra	32
3.5.1.	Población.....	32
3.5.2.	Muestra	32
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	32
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	33
3.9.	Tratamiento estadístico	33

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	36
4.1.1.	Para la evaluación del comportamiento agronómico y productivo.....	36
4.1.2.	Para la evaluación del valor nutritivo	37
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	38
4.2.1.	Para la evaluación del comportamiento agronómico	38
4.2.2.	Para la evaluación del valor nutritivo	42

4.3.	Prueba de hipótesis.....	47
4.3.1.	Para la evaluación del comportamiento agronómico	47
4.3.2.	Para la evaluación del valor nutritivo.	59
4.4.	Discusión de resultados.....	68
4.4.1.	Para la evaluación del comportamiento agronómico.	68
4.4.2.	Para la evaluación del valor nutritivo.	74

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS:

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Esquema de variables e indicadores de medición.....	28
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de investigación.....	33
Tabla 3. Distribución aleatoria de los tratamientos en las Unidades Experimentales bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA)	34
Tabla 4. Croquis de distribución de parcelas experimentales.....	35
Tabla 5. Resultados de la prueba de hipótesis para altura de planta (cm) en función al periodo de precipitación.....	48
Tabla 6. Resultados de la prueba de hipótesis para altura de planta (cm) en función al tipo de fertilizante	48
Tabla 7. Comparación de altura de planta (cm) entre periodo de precipitación y el tipo de fertilizante	49
Tabla 8. Resultados de la prueba de hipótesis para peso de hoja (g) en función al periodo de precipitación.....	50
Tabla 9. Resultados de la prueba de hipótesis para peso de hoja (g) en función al tipo de fertilizante	51
Tabla 10. Comparación de peso de hoja (g) entre periodo de precipitación y el tipo de fertilizante	52
Tabla 11. Resultados de la prueba de hipótesis para peso de tallo (g) en función a la precipitación.....	53
Tabla 12. Resultados de la prueba de hipótesis para peso de tallo (g) en función al tipo de fertilizante.	53
Tabla 13. Comparación de peso de tallo (g) entre precipitación y tipo de fertilizante	54
Tabla 14. Resultados de la prueba de hipótesis para la relación hoja tallo (H- T) en función al	

periodo de precipitación.....	55
Tabla 15. Resultados de la prueba de hipótesis para la relación hoja tallo (H-T) en función al tipo de fertilizante	55
Tabla 16. Comparación para relación de hoja tallo (H-T) entre el periodo de precipitación y el tipo de fertilización	56
Tabla 17. Resultados de la prueba de hipótesis para rendimiento de forraje (t/ha) en función al periodo de precipitación.....	57
Tabla 18. Resultados de la prueba de hipótesis para rendimiento de forraje (t/ha) en función al tipo de fertilizante	58
Tabla 19. Comparación para rendimiento de forraje (t/ha) entre el periodo de precipitación y el tipo de fertilizante	58
Tabla 20. Resultados de la prueba de hipótesis para porcentaje de proteína cruda (%) en función al periodo de precipitación.....	59
Tabla 21. Resultados de la prueba de hipótesis para el porcentaje de proteína cruda (%) en función al tipo de fertilizante	60
Tabla 22. Comparación para porcentaje de proteína cruda (%) entre el periodo de precipitación y el tipo de fertilizante	60
Tabla 23. Resultados de la prueba de hipótesis para extracto libre de nitrógeno (%) en función al periodo de precipitación.....	61
Tabla 24. Resultados de la prueba de hipótesis para extracto libre de nitrógeno (%) en función al tipo de fertilizante	62
Tabla 25. Comparación para extracto libre de nitrógeno (%) entre el periodo de precipitación y el tipo de fertilizante	62
Tabla 26. Resultados de la prueba de hipótesis para FDN (%) en función al periodo de precipitación.....	63

Tabla 27. Resultados de la prueba de hipótesis para FDN (%) en función al tipo de fertilizante	64
Tabla 28. Comparación para FDN (%) entre periodo de precipitación y tipo de fertilizante ..	64
Tabla 29. Resultados de la prueba de hipótesis para EDA (%) en función al periodo de precipitación.....	65
Tabla 30. Resultados de la prueba de hipótesis para FDA (%) en función al tipo de fertilizante	65
Tabla 31. Comparación para FDA (%) entre el periodo de precipitación y el tipo de fertilizante	66
Tabla 32. Resultados de la prueba de hipótesis para cenizas (%) en función al periodo de precipitación.....	67
Tabla 33. Resultados de la prueba de hipótesis para cenizas (%) en función al tipo de fertilizante	67
Tabla 34. Comparación para cenizas (%) entre periodo de precipitación y tipo de fertilizante	68

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Altura de planta (cm).....	38
Figura 2. Peso de hojas (g).....	39
Figura 3. Peso de tallo (g).....	40
Figura 4. Relación hoja tallo (número).....	41
Figura 5. Rendimiento de materia verde (t/ha).....	42
Figura 6. Porcentaje de proteína (%).....	43
Figura 7. Extracto libre de nitrógeno (%).....	44
Figura 8. Fibra detergente neutro (%).....	45
Figura 9. Fibra detergente ácido (%).....	46
Figura 10. Cenizas (%).....	47

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En los trópicos latinoamericanos, la producción ganadera enfrenta limitaciones estructurales asociadas principalmente a la escasa disponibilidad y baja calidad del forraje, problemática particularmente acentuada en zonas con suelos de baja fertilidad y marcadas estacionalidades de precipitación (Murgueitio & Gómez, 1999). Esta situación afecta de manera directa la eficiencia de los sistemas de cría de animales menores y mayores en la provincia de Oxapampa, donde la oferta forrajera es insuficiente para sostener niveles óptimos de productividad pecuaria a lo largo del año.

Uno de los desafíos centrales en esta región es la falta de información agronómica y nutricional detallada sobre especies forrajeras arbustivas que puedan cubrir los requerimientos proteicos del ganado, especialmente ante el incremento sostenido del costo de los alimentos balanceados. Esta carencia limita la adopción de alternativas alimenticias más económicas y sostenibles, y subraya la necesidad de generar conocimiento científico sobre especies de alto potencial forrajero.

Entre estas especies, *Tithonia diversifolia* (botón de oro) ha sido reconocida por

su notable contenido proteico, su elevada producción de biomasa y su capacidad para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. Sin embargo, en Oxapampa aún no se dispone de estudios rigurosos que evalúen su comportamiento productivo y su composición nutricional bajo diferentes niveles de fertilización orgánica, particularmente utilizando guano de isla, un insumo valioso por su alta concentración de nutrientes y su disponibilidad en diversas regiones del país.

A pesar del potencial agronómico y nutricional de esta especie, no existe evidencia científica local que determine cómo la fertilización con guano de isla influye en el crecimiento, la producción de biomasa y la calidad nutritiva de *Tithonia diversifolia*. Esta ausencia de información se convierte en el núcleo del problema, ya que impide establecer recomendaciones técnicas basadas en evidencia para optimizar su manejo agronómico en condiciones tropicales húmedas y subhúmedas como las de Oxapampa.

Es fundamental comprender cómo diferentes niveles de fertilización orgánica afectan parámetros clave del cultivo, tales como altura, producción de hojas y tallos, rendimiento de forraje, así como su concentración de proteínas y otros nutrientes esenciales. La falta de este conocimiento limita el aprovechamiento eficiente de esta especie como opción estratégica para fortalecer la seguridad alimentaria animal y mejorar la sostenibilidad de los sistemas ganaderos.

En este contexto, la presente investigación se plantea como una contribución esencial para cerrar esta brecha de información, generando evidencia científica que permita optimizar el manejo de *Tithonia diversifolia* mediante la aplicación adecuada de guano de isla.

Los resultados derivados de este estudio tienen el potencial de influir significativamente en la agricultura y la ganadería de Oxapampa, promoviendo sistemas

productivos más eficientes, resilientes y sostenibles.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se desarrolló en el predio experimental del Instituto de Investigación Especializada en Ganadería Oxapampa (INIGOX) – Peñaflor, perteneciente a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC), ubicado en el distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco. Este entorno geográfico se caracteriza por condiciones climáticas propias de la selva alta, las cuales influyen directamente en el crecimiento y comportamiento agronómico de *Tithonia diversifolia*.

1.2.2. Delimitación temporal

El estudio se desarrolló entre los meses de agosto de 2024 a enero de 2025.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de los niveles de fertilización con guano de isla y épocas de precipitación en el comportamiento productivo y la calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

- PE1. ¿Cuál es el efecto de los niveles de fertilización con guano de isla y épocas de precipitación en el comportamiento productivo del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco?
- PE2. ¿Cómo influye los niveles de fertilización de guano de isla y épocas de precipitación en la calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de los niveles de fertilización con guano de isla y épocas de precipitación en el comportamiento productivo y la calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los niveles de fertilización con guano de isla y épocas de precipitación en el comportamiento productivo del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco.
- Determinar el grado de influencia de los niveles de fertilización de guano de isla y épocas de precipitación en la calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

La evaluación de la calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* fue considerada significativa en la alimentación bovina, dado que influyó directamente en la capacidad de cubrir las necesidades básicas del animal para su desarrollo fisiológico. El análisis comparativo de su valor nutritivo en distintas épocas de precipitación aporta evidencia clave sobre la dinámica de sus características agronómicas y nutricionales, permitiendo identificar variaciones estacionales en parámetros críticos como la proteína cruda.

La literatura científica documenta múltiples estudios que abordan la variabilidad agronómica y nutricional de esta especie, empleando enfoques analíticos y metodológicos diversos. Estos trabajos coinciden en señalar diferencias significativas en sus características estructurales y composición química, lo que subraya la necesidad de evaluaciones contextuales. En este marco, el Instituto de Investigación Especializada

en Ganadería Oxapampa (INIGOX) – UNDAC identificó una brecha de conocimiento respecto al comportamiento nutricional del botón de oro en condiciones locales. Generar evidencia sobre su desempeño agronómico y nutricional contribuye a optimizar las prácticas de manejo, fertilización y aprovechamiento forrajero, fortaleciendo los programas de alimentación animal en la región.

1.5.2. Justificación práctica

La caracterización agronómica y nutricional de *Tithonia diversifolia* bajo diferentes niveles de fertilización reviste alta relevancia aplicada, ya que permite identificar el nivel óptimo de manejo para maximizar su aporte forrajero. Conocer cómo las variaciones estacionales inciden en su biomasa, composición química y productividad facilita la toma de decisiones técnicas orientadas a mejorar la eficiencia del sistema alimentario bovino.

La información generada es esencial para formular dietas que aseguren un suministro continuo de nutrientes de calidad, especialmente en contextos donde los forrajes convencionales presentan limitaciones estacionales. Para el INIGOX – UNDAC, los resultados obtenidos fortalecen los programas locales de alimentación y nutrición animal, proporcionando bases científicas sólidas para la planificación forrajera y la adopción de estrategias de manejo sustentadas en evidencia.

1.5.3. Justificación metodológica

El estudio exigió la aplicación de procedimientos metodológicos estandarizados y rigurosos que garantizaran la confiabilidad y comparabilidad de los datos recopilados. Se emplearon parámetros botánicos y agronómicos — biomasa, materia seca, relación tallo-hoja, altura de planta, número de rebrotes y macollos para caracterizar el desempeño productivo del cultivo. Paralelamente, se realizaron análisis de laboratorio mediante técnicas proximales reconocidas para determinar su calidad nutricional.

La utilización de metodologías validadas permitió obtener resultados consistentes, asegurando la replicabilidad del estudio y su pertinencia científica. Este enfoque metodológico robusto constituye un aporte significativo para investigaciones futuras sobre manejo y aprovechamiento de *Tithonia diversifolia* como recurso forrajero estratégico.

1.6. Limitaciones de la investigación

Se identificaron algunas limitaciones en la realización del presente trabajo de investigación, entre las cuales destacaron:

Solo se analizaron las muestras necesarias de *Tithonia diversifolia*, debido al elevado costo de los análisis de laboratorio, lo que limitó la posibilidad de ampliar el número de muestras evaluadas. Además, el tiempo requerido para ejecutar los procedimientos de laboratorio influyó en la reducción de la amplitud del estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Chukwuka *et al.* (2007) en una investigación de 120 días reportaron, un crecimiento promedio de $82,6 \pm 4,7$ cm en altura y 65 ± 5 hojas por planta, con una tasa de supervivencia del 92%. La actividad fotosintética presentó valores de $18,7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en condiciones de vivero y $15,2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en campo. El contenido relativo de agua foliar se mantuvo en rangos óptimos (78%-84%), demostrando una eficiente regulación hídrica en las plantas evaluadas.

Asimismo, Jama *et al.* (2000) encontraron que, la biomasa foliar de *Tithonia diversifolia* presenta una elevada concentración de nutrientes, con contenidos promedio de 3,5% de nitrógeno (N), 0,37% de fósforo (P) y 4,1% de potasio (K) en base seca. Los sistemas de cultivo en setos pueden generar aproximadamente 1 kg de biomasa (compuesta por tallos jóvenes y hojas) por metro lineal anual, expresado en peso seco.

Murgueitio *et al.* (2015), indican que la respuesta fisiológica de *Tithonia diversifolia* a los gradientes de disponibilidad hídrica y nutricional demuestra su notable plasticidad fenotípica, característica que sustenta su adaptabilidad eco fisiológica en

ambientes tropicales húmedos. Del mismo modo, Peters *et al.* (2010), resaltan la importancia de los patrones de crecimiento acelerado (expresados en incrementos de altura y biomasa foliar) observados bajo regímenes de mayor precipitación pluvial, se asocian a optimización del estado hídrico tisular, y aumento en la eficiencia de captación y asimilación de nutrientes minerales.

Según la FAO (2014), la fertilización constituye un factor determinante en el desarrollo de *Tithonia diversifolia*, dado que el suministro de nutrientes esenciales (particularmente nitrógeno, fósforo y potasio) promueve significativamente la expansión del área foliar y la elongación de los tallos, optimizando así su crecimiento y productividad. Estudios previos como el de Ayala *et al.* (2017), han reportado hallazgos consistentes, demostrando que la fertilización nitrogenada incrementa significativamente tanto la producción de biomasa como el contenido de proteína cruda en *Tithonia diversifolia*. Este efecto se atribuye al rol fundamental del nitrógeno en los procesos de síntesis de aminoácidos y desarrollo vegetativo.

Por otro lado, Rincón y Sánchez (2019), mencionan que la interacción agua-fertilizantes en *Tithonia diversifolia* presenta patrones complejos, donde si bien la disponibilidad hídrica puede sinergizar la respuesta a la nutrición, esta especie manifiesta capacidad para expresar efectos autónomos de cada factor.

Rivera *et al.* (2020) y Mendoza *et al.* (2019), a través de sus investigaciones experimentales lograron registrar aumentos significativos en la proporción hoja- tallo y en la concentración de nutrientes en *Tithonia diversifolia* cuando se aplican fertilizantes nitrogenados.

La investigación de Ochoa *et al.* (2017), indican que, la respuesta productiva de *Tithonia diversifolia* a la fertilización y precipitación en sistemas tropicales muestra patrones independientes, reflejando su alta eficiencia en la utilización de nutrientes bajo

distintos regímenes hídricos.

Tithonia diversifolia constituye una especie estratégica para regiones tropicales húmedas y subhúmedas, donde su capacidad de respuesta a la fertilización permite mitigar los efectos de la variabilidad pluviométrica estacional. Sus atributos clave - alta capacidad de rebrote y valor nutritivo superior - la posicionan como un recurso valioso para sistemas ganaderos sostenibles (Murgueitio *et al.*, 2014).

Uu-Espens *et al.* (2022), indica que la *Tithonia diversifolia* presenta variaciones estacionales en su composición foliar, mostrando un incremento en la proporción de hojas durante los períodos lluviosos y una reducción moderada en épocas secas. Esta dinámica está influenciada por factores como la edad de la planta y las prácticas de manejo aplicadas.

La plasticidad en la partición de asimilados en *Tithonia diversifolia* manifiesta una compensación clara: bajo alta disponibilidad nutricional prioriza el crecimiento vertical (elongación de tallos), mientras que en condiciones restrictivas optimiza la producción foliar, maximizando así la capacidad fotosintética por unidad de recurso disponible. El incremento en la fertilidad del suelo promueve un aumento significativo en la biomasa total de *Tithonia diversifolia*, acompañado de una mayor proporción relativa de tallos en su estructura vegetativa (Poorter *et al.*, 2012).

En condiciones de clima tropical se ha demostrado que *Tithonia diversifolia* presenta una capacidad de acumulación diaria de biomasa forrajera significativamente superior en comparación con pasturas convencionales, particularmente durante los períodos de mayor precipitación. Este estudio reporta producciones excepcionalmente elevadas de materia seca por unidad de superficie, destacando el potencial productivo de esta especie en sistemas ganaderos tropicales (Uu-Espens, *et al.*, 2022).

Krüger *et al.* (2024), en un estudio realizado en la Sierra Tropical de México han

demostrado que *Tithonia diversifolia* cultivada bajo alturas de corte óptimas (80 cm) presenta una productividad destacable, alcanzando rendimientos de hasta 2 toneladas de materia seca por hectárea por corte (2 t MS/ha/corte), lo que equivale a una producción anual aproximada de 8 toneladas de materia seca por hectárea (8 t MS/ha/año). Estos resultados resaltan el elevado potencial productivo de esta especie en condiciones agroecológicas tropicales.

Fasuyi *et al.* (2010), destacan que, la aplicación de fertilizantes nitrogenados en *Tithonia diversifolia* estimula significativamente la síntesis de compuestos nitrogenados, mejorando su perfil nutricional. Estudios reportan que esta especie presenta naturalmente contenidos de proteína cruda (PC) que oscilan entre 18,0% y 23,5% en base seca, acompañados de niveles moderados de fibra detergente neutro (FDN: 45-55%) y fibra detergente ácido (FDA: 30-40%). Estas características la configuran como un recurso forrajero de alta calidad para sistemas ganaderos tropicales.

Además, Rivera *et al.* (2021) mencionan que, al igual que las prácticas agronómicas, factores genotípicos influyen significativamente en la calidad nutricional de *Tithonia diversifolia*. Estudios especializados han identificado genotipos superiores que alcanzan contenidos excepcionales de proteína cruda (hasta 28,89% en base seca), acompañados de características favorables.

Por otro lado, el procesamiento postcosecha de *Tithonia diversifolia* mediante fermentación con *Aspergillus ficuum* ha demostrado ser una técnica efectiva para mejorar su calidad nutricional, alcanzando incrementos en el contenido de proteína cruda hasta 31.02%. Este aumento se atribuye principalmente a la actividad enzimática del hongo, que potencia la disponibilidad de nitrógeno soluble y modifica favorablemente la estructura fibrosa del forraje (Jamarun *et al.*, 2021).

Sánchez *et al.* (2017), demostraron en su estudio que *Tithonia diversifolia*

presenta un contenido consistente de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) que oscila entre 30-35%, característica que contribuye significativamente a su alta digestibilidad y aporte energético sostenido en sistemas de alimentación rumiante.

Wanjiru *et al.* (2020), encontraron que el contenido de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) en las hojas de *Tithonia diversifolia* mantiene una notable estabilidad bajo diversos sistemas de fertilización y condiciones climáticas variables.

Estudios comparativos han resaltado que *Tithonia diversifolia* posee un contenido significativo de carbohidratos no estructurales en comparación con otros forrajes tropicales. Esta característica se asocia con un perfil de fermentación ruminal favorable, el cual contribuye a mejorar la eficiencia alimenticia en los animales (Chikagwa *et al.*, 2009).

El Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) en *Tithonia diversifolia* constituye un parámetro nutricional confiable debido a su notable estabilidad, lo que fundamenta su recomendación para sistemas de producción animal que demandan un aporte constante de energía metabolizable derivada de carbohidratos solubles. Esta característica se mantiene incluso ante variaciones moderadas en condiciones ambientales (precipitación) o prácticas agronómicas (fertilización), evidenciando la robustez metabólica de la especie (Putri *et al.*, 2023).

Investigaciones como la de Sao *et al.* (2010), han reportado valores reducidos de fibra neutro detergente (FND) en el follaje de *Tithonia diversifolia*, con registros de hasta 38.4% en base seca. Este bajo contenido de FND contribuye significativamente a una mayor digestibilidad. Por otro lado, Ramírez *et al.* (2011) indican que, el uso de *Tithonia diversifolia* como suplemento en dietas para bovinos y ovinos ha demostrado mejorar consistentemente la digestibilidad de los nutrientes y la eficiencia alimenticia, al mismo tiempo que reduce el consumo de fibra en los animales.

Ribeiro *et al.* (2016) demostraron que el contenido de fibra detergente neutro (FDN) en *Tithonia diversifolia* se mantiene dentro de rangos funcionales que favorecen su calidad nutricional, mostrando estabilidad ante variaciones en las condiciones climáticas y los regímenes de fertilización aplicados.

El extracto detergente neutro (EDN) de *Tithonia diversifolia* constituye un atributo nutricional estable y confiable, característica que consolida su valor en sistemas forrajeros donde la previsibilidad en la calidad de la fibra es un factor crítico para la alimentación de rumiantes (Rivera *et al.*, 2022).

Van Soest (1994) sostiene que el porcentaje de extracto detergente ácido (EDA) en *Tithonia diversifolia* representa un indicador fundamental para caracterizar la fracción fibrosa de menor digestibilidad, directamente relacionada con el grado de lignificación y, en consecuencia, con la calidad nutricional del forraje.

Según Mertens (2009), la fibra detergente ácido (FDA) en *Tithonia diversifolia* presenta una menor sensibilidad a variaciones en la fertilización y condiciones de estrés hídrico en comparación con otros parámetros nutricionales como la proteína cruda o la fibra detergente neutro (FDN).

Jones *et al.* (2012) en investigaciones realizadas en especies forrajeras tropicales como *Leucaena leucocephala* y *Pennisetum purpureum* han demostrado que el proceso de lignificación presenta una notable estabilidad, siendo principalmente regulado por el estado de desarrollo vegetativo de la planta más que por factores ambientales circunstanciales.

McDonald *et al.* (2011) indican que la estabilidad observada en los valores de fibra detergente ácido (FDA) sugiere que las estrategias para mejorar la calidad nutritiva de los forrajes tropicales deben priorizar el incremento del contenido de proteína cruda y/o la reducción de la fibra detergente neutro (FDN), dado que estos componentes

muestran mayor sensibilidad a prácticas de fertilización y manejo hídrico.

La concentración de minerales en los tejidos vegetales de forrajes tropicales muestra una notable estabilidad frente a variaciones ambientales y prácticas agronómicas, debido a que los mecanismos fisiológicos de absorción y acumulación de nutrientes minerales están sujetos a procesos de regulación interna. Esta homeostasis mineral se mantiene incluso ante fluctuaciones en la disponibilidad externa de nutrientes o condiciones de estrés hídrico moderado, evidenciando sistemas de control biológico complejos que modulan la composición mineral final del tejido vegetal (Jumba *et al.*, 1996; Cabral *et al.*, 2021).

Menor Llatas (2020), analizó la influencia del guano de isla y la edad de corte en alfalfa mediante un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 4×2. Los resultados mostraron que el tratamiento T5 registró el mayor rendimiento de forraje verde (15.321 Tm/ha), mientras que el T8 presentó el porcentaje más alto de materia seca (24,175%). La altura de planta y el largo de hoja estuvieron determinados únicamente por la edad de corte, en tanto que el nivel de fertilización incidió directamente en el número de macollos por corona. Desde el punto de vista nutricional, el tratamiento T3 sobresalió en contenido de proteína cruda y extracto etéreo, mientras que el T4 alcanzó los valores más elevados de fibra bruta y cenizas.

Quispe (2012), desarrollo a 4 000 msnm. en la localidad de Ccarhuaccpampa, Ayacucho, el efecto de la fertilización orgánica (guano de isla) y química (NPK) sobre cinco especies de pastos naturales. A través de un diseño experimental denominado “03 de julio”, se estableció que las dosis más altas de fertilización (2 t/ha de guano de isla y 150-200-150 de NPK) incrementaron de manera significativa el rendimiento de materia seca en todas las especies evaluadas. En comparación con el testigo, los aumentos superaron el 800 % en gramíneas como *Poa perligulata* y *Festuca*

dolichophylla. El fertilizante sintético evidenció una mayor asimilación inmediata (CAU) por su alta solubilidad, mientras que el guano de isla mostró una liberación de nutrientes más gradual debido a su mineralización lenta. En conclusión, la fertilización se consolida como una herramienta fundamental para la recuperación de praderas degradadas y el fortalecimiento de la producción pecuaria en zonas altoandinas

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Origen de la *Tithonia diversifolia*

En primer lugar, es relevante mencionar que el origen del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) se sitúa en Centroamérica, aunque hay teorías que sugieren que también pudo haber tenido su origen en Sudamérica (Louis, 1976), Meza (1974) realizó observaciones y clasificaciones de esta planta en Cuba, pero también se ha documentado su presencia en Filipinas, Kenia, India, sur de México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Honduras, Panamá, Colombia y Venezuela, con varios nombres y usos diferentes. Un uso común incluye la alimentación de los animales de traspatio y patio (Martínez, 1976).

2.2.2. Taxonomía de la *Tithonia diversifolia*

- **Reino:** Plantae
- **Filo:** Streptophyta
- **Clase:** Equisetopsida
- **Subclase:** Magnoliidae
- **Orden:** Asterales
- **Familia:** Asteraceae
- **Género:** *Tithonia*
- **Especie:** *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.Gray

2.2.3. Características morfológicas de la *Tithonia diversifolia*

El botón de oro es una hierba arbustiva, muy ramificada que crece hasta cinco metros de altura; se reconoce fácilmente por sus grandes flores amarillas con un fuerte olor a miel y sus hojas simples y alternas de tres a cinco lóbulos, uno de los cuales es más grande que los demás (Murgueitio, 2014).

- **Descripción botánica**

Viloria (2020), describe el botón de oro como una arbustiva robusta que puede alcanzar alturas de 1,5 a 4 m. Posee un tallo erguido y ramificado, con hojas pecioladas alternas que miden entre 7 a 20 cm de longitud y tienen bordes aserrados. Su inflorescencia muestra un color amarillo brillante. El tallo único cuenta con unos 24-36 haces vasculares laterales, proporcionando un fuerte soporte estructural a pesar de la escasa presencia de madera en los tejidos del parénquima. Las ramas suaves están cubiertas de pelos que desaparecen con el tiempo (Pérez *et al.*, 2009).

Según Murgueitio (2002), las hojas, que son alternas y están sostenidas por tallos, tienen dimensiones de 7-20 cm de largo y 4-20 cm de ancho. Presentan puntas agudas y se dividen en tres a cinco lóbulos. El envés de las hojas es muy peludo y presenta dientes redondeados en el borde y la base. A menudo, la base parece ligeramente truncada y se estrecha a lo largo del tallo, donde se agrandan dos pequeños lóbulos. La parte superior de las hojas está cubierta de vello, mientras que la inferior tiene manchas glandulares y suele ser gris y aserrada.

Williams (1976), describe que el fruto del botón de oro es seco y no se abre (indehiscente), conteniendo una semilla única llamada aquenio, que es alargada y puede medir hasta 6 mm de longitud. El aquenio está cubierto por pelos superficiales. En el ápice del fruto, se encuentra una estructura denominada papus,

que consta de crestas irregulares (ocasionalmente ausentes) que miden de dos a 4 mm de longitud. Adicionalmente, hay escamas de 6 a 10 mm de longitud y 2.5 mm de ancho, interconectadas y distribuidas de manera irregular en el margen superior en segmentos muy estrechos.

- **Método de establecimiento del cultivo**

Esta especie, con una fertilidad sexual muy baja, se reproduce fácilmente a través de esquejes, los cuales pueden ser plantados en posición vertical o en surcos de manera continua. Estos esquejes tienen una longitud de 25-40 cm y un diámetro de 1,5-2,5 cm, siendo de una textura poco tierna y con una consistencia no muy leñosa, más bien de color marrón. Es crucial plantar estos esquejes en las primeras 48 horas tras la recolección, ya que se secan rápidamente, lo que puede causar una alta tasa de mortalidad (Gonzales, 2018).

Kester (1987), menciona que la propagación de plantas herbáceas a través de esquejes proporciona un enraizamiento más efectivo, siempre y cuando las condiciones de corte y plantación sean óptimas. Esto aumenta significativamente las posibilidades de supervivencia.

- **Adaptación de la *Tithonia diversifolia***

Viloria (2020) indica que el botón de oro puede prosperar en suelos con un rango de acidez a neutralidad, así como en suelos de baja fertilidad y con drenaje deficiente, o en suelos bien drenados. Es óptimo para la planta tener un pH del suelo en el intervalo de 5 a 7. En términos de ubicación geográfica, puede crecer en altitudes que oscilan entre el nivel del mar y 2400 metros, con una precipitación anual que varía de 800 a 4000 mm. La planta también se adapta a áreas con altas temperaturas que oscilan entre 14-27 °C y muestra tolerancia a la sombra moderada.

- **Sanidad vegetal**

No se han registrado problemas fitosanitarios significativos durante el crecimiento de esta planta (Rios, 1993). Actualmente, Viloria (2020) respalda esta afirmación al indicar que no hay informes de enfermedades que afecten la planta. A pesar de su capacidad para tolerar plagas, es importante mencionar que, en su etapa larvaria, la planta puede ser atacada por comedores de hojas, en su etapa larvaria.

2.2.4. Características agronómicas de la *Tithonia diversifolia*

Carmona *et al.* (2019) explican que evaluar el comportamiento agronómico es crucial para determinar el periodo óptimo de uso de *Tithonia diversifolia*. Este periodo óptimo se relaciona directamente con el consumo de biomasa, el contenido de nutrientes y el tiempo de recuperación, con el fin de maximizar su potencial de producción.

Por otro lado, Soto *et al.* (2012) señalaron que la capacidad de forrajeo y restauración de *Tithonia diversifolia*, junto con su condición fenológica, le permite resistir la poda de manera notable. La planta se recupera rápidamente tras los cortes, manteniendo una alta tasa de crecimiento que posibilita una producción extensa de biomasa. Esta biomasa es de alta calidad en términos nutricionales, especialmente en cuanto al contenido proteico, en este arbusto forrajero (Medina *et al.*, 2009).

- **Biomasa**

Tithonia diversifolia es reconocida por su notable capacidad de generar grandes cantidades de biomasa y por su pronta recuperación tras la poda. Estos aspectos están influenciados por factores como la densidad de plantación, las características del suelo y el estado de crecimiento de la planta (Laguna, 2021).

En relación a la producción de biomasa, Díaz (2014) indica que se puede lograr una producción anual de materia verde (MV) entre 90 y 130 toneladas por

hectárea, con un contenido de materia seca (MS) del 27%. Esto equivale a un promedio de 24 a 35 toneladas por hectárea de MS, considerando una densidad de siembra de 1 x 1 metro.

Salazar (1995) también destaca la capacidad productiva de *Tithonia diversifolia*. Al comparar tres densidades de plantas (2,66; 1,77 y 1,33 plantas/m²), se registraron rendimientos de biomasa de 82, 57 y 46 t/ha respectivamente.

- **Relación tallo- hoja**

La relación tallo-hoja de *Tithonia diversifolia* es un aspecto importante en su cuidado y uso, especialmente en agricultura y mejoramiento genético. Los agricultores y ganaderos pueden estar interesados en cómo manejar la planta para maximizar la producción de hojas como forraje, y la resistencia del tallo puede afectar su capacidad para resistir el pastoreo (Ruiz *et al.*, 2018)

2.2.5. Características nutricionales de la *Tithonia diversifolia*

La *Tithonia diversifolia* es utilizada en sistemas de alimentación, ya sea en pastoreo, silvopastoril, etc., deben cumplir características nutricionales que permitan la sostenibilidad nutricional de los animales y ayuden a alcanzar un valor nutricional suficiente y reducir la dependencia de alimentos externos que hacen que la ganadería sea menos eficiente económicamente (Carmona *et al.*, 2019).

Jama (2020), describe que el valor nutricional de la *Tithonia diversifolia* puede variar según la edad de cosecha, las condiciones del suelo y las prácticas agrícolas. También puede verse afectado por factores ambientales, donde es importante considerar los efectos de los períodos secos o lluviosos a lo largo del año.

- **Proteína**

Tiene un alto valor nutricional y una gran cantidad de biomasa comestible, llegando a ser utilizado para alimentar cualquier especie animal (Montero de la

Cueva, 2019). Del mismo modo Salazar (1995), reafirma que el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) es rico en nutrientes que se pueden agregar a la dieta, reduciendo así la cantidad de concentración en el alimento y, por tanto, el costo de producción.

Calvo (2016), establece que el rango de la proteína contenida en las hojas del botón de oro esta desde un 20 a 30 %, todo esto dependiendo del manejo que se le aplique a las parcelas.

- **Extracto libre de nitrógeno**

El Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) de *Tithonia diversifolia* está constituido predominantemente por azúcares solubles, ácidos fenólicos y otros metabolitos no nitrogenados. Análisis metabolómicos han detectado perfiles específicos que incluyen carbohidratos simples, derivados del ácido clorogénico y diversos flavonoides en sus tejidos foliares y caulinares, cuyas concentraciones exhiben variaciones estacionales moduladas por condiciones climáticas, particularmente el régimen pluviométrico y las fluctuaciones térmicas (Tagne *et al.*, 2018)

El ELN de *Tithonia diversifolia* varía en composición según el órgano vegetal y las condiciones ambientales: en hojas y tallos, los azúcares y fenoles aumentan estacionalmente, mientras que en raíces e inflorescencias dependen principalmente de los nutrientes del suelo (Sampaio *et al.*, 2016).

- **Extracto detergente neutro**

Los análisis bromatológicos de *Tithonia diversifolia* reportan contenidos de fibra detergente neutro (FDN) en hojas y pecíolos que oscilan entre 30,81% y 34,08%, valores que reflejan una digestibilidad adecuada para rumiantes y monogástricos. La especie presenta simultáneamente altos niveles de proteína cruda (18,42-31,54%) y materia seca, características que sustentan su potencial

como recurso forrajero en sistemas de producción animal semi-intensivos en diversas zonas climáticas (Román *et al.*, 2020).

- **Extracto detergente ácido**

Los valores de extracto detergente ácido (EDA) en *Tithonia diversifolia* oscilan entre 14,4% y 45,85% en base seca, variando según la edad de corte (valores menores en plantas jóvenes), condiciones ambientales (aumento durante sequía) y manejo agronómico. El EDA tiende a aumentar con la edad de la planta y durante la estación seca, lo que reduce la digestibilidad del forraje (Zamora y Lissette, 2019).

- **Cenizas**

Los residuos de *Tithonia diversifolia* al descomponerse o quemarse liberan compuestos bioactivos como lactonas sesquiterpénicas, ácidos fenólicos y flavonoides junto con minerales esenciales incluyendo calcio, magnesio, fósforo y potasio, lo que explica sus efectos medicinales y su capacidad para modificar las propiedades del suelo e influir en otras plantas (Kato, 2020).

2.2.6. Alimentación animal con *Tithonia diversifolia*

El uso de *Tithonia diversifolia* en la alimentación de animales es cada vez más común debido al buen valor nutricional, digestibilidad de la materia seca y aceites de hojas y flores, además el alto ritmo de producción de biomasa (Rosales, 2005).

- **Bovinos**

García *et al.* (2008), describe que la que *Tithonia diversifolia* fue moderadamente aceptada por los animales en comparación con otras como *Leucaena leucocephala* que fue la más consumida. El mismo grupo de investigación confirmó estos resultados alimentando al ganado con 12 plantas forrajeras tropicales y encontró que el ganado prefería *P. pedicellare*, *L.*

leucocephala, *G. ulmifolia*, *M. alba*, *C. tinctoria*, *C. alba*, antes que el de la *Tithonia diversifolia*.

Gracias a su contenido de proteínas, carbohidratos solubles y taninos, la *Tithonia diversifolia* puede ayudar a mejorar el equilibrio ruminal en términos de ingesta energética y proteica. Esto significa una mayor eficiencia en la conversión de amoníaco en proteína microbiana, lo que a su vez reduce los costos de energía debido a menores pérdidas de amoníaco, metano y CO₂ en el rumen, así como una menor contaminación ambiental (Medina et al., 2009).

El uso de esta planta arbustiva permite reducir las emisiones de metano a la atmósfera durante la fermentación ruminal, lo que a su vez reduce el efecto de este gas como efecto invernadero (Ruíz et al., 2014).

- **Ovinos**

Vargas (1992), describe en su investigación realizada en ovinos de pelo que el consumo de *Tithonia diversifolia* con una dieta del 50% fue de 0,868 kg/d fresco, que correspondió a 0,369 kg/d seco. En la dieta 100%, comieron 1668 kg frescos por día, lo que corresponde a 0,712 kg por día secos, mostrando que los resultados indican la posibilidad de utilizar este tipo de pienso como complemento proteico o como único pienso en la alimentación de ovejas laneras.

Del mismo modo (Premaratne et al., 1998), comparo el uso de *Tithonia diversifolia* con *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium* en forrajes para ovinos, se encontró que *Tithonia diversifolia* tuvo la mejor respuesta en cuanto a consumo: 54,9, 55,5 y 55,0 g/kg respectivamente.

- **Caprinos**

Álvarez (2006), describe la diferencia en la ganancia de peso entre las cabras criadas con los dos tratamientos, donde *Tithonia diversifolia* resultó ser la más

aceptable, a diferencia de la morera (*Morus* sp.), con un consumo diario promedio de 2,94 kg por día, correspondiente a 5,9 litros de peso vivo. Consumo medio diario 2,41 kg al día, lo que corresponde a 4,72 de peso vivo.

- **Pollos**

Según Rodríguez *et al.* (2019), la harina de *Tithonia diversifolia* se puede agregar hasta un 15% a la dieta de pollos de engorde a partir del 7° día de vida sin afectar la productividad y la salud.

Por otro lado, Gutiérrez y Hurtado (2019), observaron un comportamiento heterogéneo entre los tratamientos alternativos que producen un mejor rendimiento en dietas que contienen hasta un 10% de harina de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y se recomiendan para su uso con el material alimentario alternativo probado.

- **Cuyes**

Moreira y Vélez (2019), describen que la cantidad de *Tithonia diversifolia* en la dieta, los resultados de peso y conversión nutricional fueron negativos, es por ello que cuando la dieta es alta en proteínas y baja en energía, el cuy no digiere bien, lo que conlleva resultados desfavorables en el engorde de estos animales, por ese motivo el autor citado recomienda niveles máximos del 25% de botón de oro en la dieta de los cuyes.

- **Conejos**

La adición de botón de oro en la dieta de los conejos no afecta el consumo ni la salud de los animales. Además, alimentar a conejos en crecimiento con este ingrediente es más rápido (Quintero y Peláez, 2007).

Del mismo modo Zamora *et al.* (2019) reafirma que agregar un nivel de harina en la comida para conejos no afecta el consumo de alimentación y rendimiento de

la canal.

2.2.7. Fertilización

Es el conjunto de acciones orientadas a aportar nutrientes al suelo o de manera directa a las plantas, con el propósito de garantizar su desarrollo y un rendimiento óptimo de los cultivos. Se diferencia del uso simple de “abonos” porque considera de forma integral la cantidad, el momento, la fuente de nutrientes y la forma de aplicación (Morales *et al.*, 2019).

De acuerdo a Mancero y Quiroga (2019), la fertilización tiene como finalidad asegurar que el suelo provea una cantidad adecuada de nutrientes para alcanzar un crecimiento y desarrollo óptimos del cultivo. Asimismo, está estrechamente vinculada con la eficiencia en el uso de los nutrientes y con la condición del suelo, considerando aspectos como el pH, el contenido de materia orgánica y la disponibilidad de macronutrientes.

2.2.8. Guano de isla

El guano de isla es un fertilizante orgánico que se origina por la acumulación de excretas de aves marinas en islas de naturaleza rocosa. Se distingue por su elevada concentración de nutrientes y por su efecto rápido tanto en el suelo como en los cultivos. Presenta altos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, además de calcio, magnesio y azufre, así como diversos micronutrientes como hierro, zinc, cobre, manganeso, boro, molibdeno y cloro, indispensables para el desarrollo normal de las plantas. Debido a estas características, se considera un abono orgánico de gran riqueza nutricional, comparable e incluso superior a muchos tipos de estiércol (Valladares *et al.*, 2020).

- **Dosis adecuadas**

De acuerdo a Olivera *et al.* (2022), la cantidad a aplicar varía según el tipo de cultivo, las características del suelo y el propósito buscado, ya sea aumentar el

rendimiento o mejorar el suelo. Debido a su elevada concentración de nutrientes, el guano de isla se dosifica generalmente en toneladas o kilogramos por hectárea, y en algunos casos en función de cada planta, especialmente en frutales y hortalizas.

- **Beneficios y consideraciones**

El guano de isla contribuye a incrementar la productividad de los cultivos y a mejorar las características físicas y químicas del suelo, siendo particularmente beneficioso en suelos degradados. No obstante, debido a su alta concentración de nutrientes, es necesario aplicar dosis adecuadas y complementarlo con otros abonos, a fin de prevenir acumulaciones excesivas y favorecer el mantenimiento de la materia orgánica del suelo en el largo plazo (Olivera *et al.*, 2022).

2.3. Definición de términos básicos

- **Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*)**, es una especie de planta perenne y arbustiva perteneciente a la familia Asteraceae. Es conocida por sus inflorescencias de color amarillo brillante y su uso en la agricultura como abono verde para mejorar la fertilidad del suelo. También es utilizada como planta forrajera en la alimentación de animales de crianza.
- **Fertilización**, es un proceso fundamental en la agricultura ya que implica la adición de nutrientes esenciales al suelo o al medio de cultivo para promover el crecimiento saludable de las plantas.
- **Guano de Isla**, es un fertilizante orgánico natural que se obtiene a partir de las excretas acumuladas de aves marinas en islas y costas. Contiene altas concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros micronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.
- **Características agronómicas**, se refieren a las cualidades y propiedades de las plantas, estas características son importantes porque pueden influir en la

productividad, resistencia a enfermedades, calidad del cultivo y otras consideraciones prácticas en la agricultura.

- **Pre floración:** se refiere al período en el ciclo de vida de una planta en el que se están desarrollando las estructuras florales antes de que las flores estén completamente abiertas. Durante esta fase, la planta se está preparando para la producción de flores y semillas.
- **Calidad nutritiva:** se refiere a la composición y disponibilidad de nutrientes esenciales en un alimento o cultivo, en este caso, en el botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Incluye la concentración de nutrientes como proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales.
- **Producción vegetal:** hace referencia al proceso de cultivo y cosecha de plantas con el propósito de obtener productos agrícolas, ya sea para consumo humano, alimentación animal, uso industrial u otros fines económicos.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H₁: Los diferentes niveles de fertilización con guano de isla y épocas de precipitación tienen efecto en el comportamiento productivo y la calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco.

H₀: No existe diferencia en el comportamiento productivo y la calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración por el efecto de niveles de fertilización y épocas de precipitación en Oxapampa – Pasco.

H_a: Existe diferencia en el comportamiento productivo y la calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración por el efecto de niveles de fertilización y épocas de precipitación en Oxapampa – Pasco.

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1 (HE1):

H_i: Los diferentes niveles de fertilización con guano de isla y épocas de precipitación tienen efecto en el comportamiento productivo del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco.

H_o: No existe diferencia en el comportamiento productivo del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración por el efecto de niveles de fertilización y épocas de precipitación en Oxapampa – Pasco.

H_a: Existe diferencia en el comportamiento productivo del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración por el efecto de niveles de fertilización y épocas de precipitación en Oxapampa – Pasco.

Hipótesis específica 2 (HE2):

H_i: Los diferentes niveles de fertilización con guano de isla y épocas de precipitación tienen efecto en la calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración en Oxapampa – Pasco.

H_o: No existe diferencia en la calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración por el efecto de niveles de fertilización y épocas de precipitación en Oxapampa – Pasco.

H_a: Existe diferencia en la calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en pre floración por el efecto de niveles de fertilización y épocas de precipitación en Oxapampa – Pasco.

2.5. Identificación de variables

Se evaluarán las siguientes variables:

2.5.1. Variables Independientes:

➤ **Niveles de fertilización.**

- Fertilización 1 (0 TM/Ha).
- Fertilización 2 (0,5 TM/Ha).
- Fertilización 3 (1 TM/Ha).
- Fertilización 4 (1,5 TM/Ha).
- Fertilización 5 (2 TM/Ha).
- Fertilización 6 (2,5 TM/Ha).
- **Época de corte en pre floración**
 - Corte en alta precipitación
 - Corte en baja precipitación

2.5.2. Variables Dependientes

- **Característica agronómica:**
 - Altura de planta (cm)
 - Peso de la hoja (g)
 - Peso del tallo (g)
 - Relación tallo – hoja. (H-T)
 - Rendimiento de forraje (t/ha)
- **Calidad nutricional:**
 - Porcentaje de proteína (%)
 - Extracto libre de nitrógeno (%)
 - Extracto detergente neutro (%)
 - Extracto detergente acida (%)
 - Ceniza (%)

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

2.6.1. Sistema de variables e indicadores

En esta tesis las variables independientes son los “Niveles de fertilización” y

“Periodo de precipitación”. De la misma forma las variables dependientes son: “Comportamiento Agronómicas y Calidad Nutricional”.

2.6.2. Esquema del sistema de variables e indicadores

A continuación, se presentan las variables que intervienen en el problema planteado en esta investigación, así como los indicadores de medición de las variables (Tabla 1).

Tabla 1. Esquema de variables e indicadores de medición

Variables	Independiente		Dependiente		Indicador (Escala)	
	Época de corte en pre floración	Niveles de fertilización con guano de isla	Comportamiento agronómico y productivo		Evaluación del valor nutritivo	
Dimensión o Factor	En baja precipitación	-F. 1 (0 TN/Ha/año).	- Altura de planta	(cm)	- Porcentaje de proteína	(%)
		-F. 2 (0,5 TN/Ha/año).	- Peso de la hoja	(g)	- Extracto libre de	
		-F. 3 (1 TN/Ha/año).	- Peso del tallo	(g)	nitrógeno	(%)
		-F. 4 (1,5 TN/Ha/año).	- Relación tallo –	(H-T)	- Extracto detergente neutro	(%)
		-F. 5 (2 TN/Ha/año).	hoja.	(t/ha)	- Extracto detergente acida	(%)
		-F. 6 (2,5 TN/Ha/año).	- Rendimiento de forraje		- Ceniza	(%)
	Alta precipitación	-F. 1 (0 TN/Ha/año).	- Altura de planta	(cm)	- Porcentaje de proteína	(%)
		-F. 2 (0,5 TN/Ha/año).	- Peso de la hoja	(g)	- Extracto libre de	
		-F. 3 (1 TN/Ha/año).	- Peso del tallo	(g)	nitrógeno	(%)
		-F. 4 (1,5 TN/Ha/año).	- Relación tallo –	(H-T)	- Extracto detergente neutro	(%)
		-F. 5 (2 TN/Ha/año).	hoja.	(t/ha)	- Extracto detergente acida	(%)
		-F. 6 (2,5 TN/Ha/año).	- Rendimiento de forraje		- Ceniza	(%)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue experimental, ya que se basó en la manipulación de variables para observar sus efectos y relaciones causales. En este caso, se manipularon los niveles de fertilización con guano de isla y se evaluaron sus efectos sobre la producción y la calidad nutritiva del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en su etapa de prefloración.

Lugar y fecha de estudio

El trabajo de tesis se llevó a cabo en el Instituto de Investigación Especializada en Ganadería Oxapampa (INIGOX) – UNDAC, ubicado en Peñaflor, distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, región Pasco, entre los meses de agosto de 2024 a enero de 2025.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue aplicado, ya que se utilizaron conocimientos previos sobre el uso de guano de isla en la agricultura para mejorar la producción y la calidad nutritiva de *Tithonia diversifolia* en la etapa de prefloración en una ubicación

específica: Oxapampa, Pasco.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Del corte de uniformización de las parcelas

Se realizó un corte de uniformización a una altura de 15 cm sobre el nivel del suelo, dejando los estolones de *Tithonia diversifolia* (botón de oro) a esa altura para homogeneizar el material vegetal previo a las evaluaciones.

Este procedimiento es común en estudios forrajeros, donde suele efectuarse entre 30 y 60 días después del establecimiento o entre ciclos, con cortes que eliminan variaciones iniciales y facilitan comparaciones entre tratamientos

3.3.2. De la evaluación de trabajo de campo

El proceso de evaluación se realizó durante la fase de prefloración (60 días desde el rebrote), tanto en el periodo de alta precipitación como en la temporada de baja precipitación, aplicando los procedimientos que se detallan a continuación:

- **Altura de planta (cm):** Se midió desde la base del tallo hasta la hoja más elevada en cada planta, utilizando una regla topográfica.
- **Peso de hoja (g):** Se registró el peso de las hojas frescas o secas según protocolo estándar.
- **Peso de tallo (g):** Se determinó el peso correspondiente al tallo, separado del follaje.
- **Relación tallo-hoja (RTH):** Calculada como el cociente entre peso seco de hojas (H) y peso seco de tallos (T):

$$RH:T = H/T$$

Donde: H es el peso seco del componente hoja (kg MS/ha) y T es el peso seco del tallo (kg MS/ha).

- **Rendimiento de forraje (materia seca):** Se realizó el corte total del material

vegetal de cada planta a 15 cm de altura, pesando el material fresco y extrapolando los resultados a una base por hectárea. Luego, se determinó el contenido de materia seca para estimar el rendimiento en kg de materia seca por ha. Esta metodología estuvo en línea con protocolos utilizados en evaluaciones forrajeras.

3.3.3. De la evaluación de las muestras de laboratorio

Las muestras recolectadas fueron enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Allí fueron procesadas para determinar los porcentajes de las características nutricionales de *Tithonia diversifolia* en su etapa de prefloración, considerando las dos épocas de precipitación.

3.3.4. De la toma de datos

La información obtenida en campo y laboratorio se registró inicialmente en un cuaderno de campo y posteriormente se ingresó en una base de datos elaborada en Microsoft Excel.

3.4. Diseño de investigación

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial de 2×6 , que incluyó dos periodos de precipitación y seis niveles de fertilización con guano de isla, con cuatro repeticiones por unidad experimental. El modelo aditivo lineal aplicado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = u + P_i + F_j + (PF)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable respuesta de la k-ésima muestra, correspondiente al i-ésimo periodo de precipitación y el j-ésimo tipo de fertilizante.

u = Media general.

P_i = Efecto del i-ésimo periodo de precipitación.

F_j = Efecto del j-ésimo tipo de fertilizante.

$(FE)_{ij}$ = Interacción entre el i-ésimo periodo de precipitación y del j-ésimo tipo de fertilizante.

ε_{ijk} = Valor residual asociado a la k-ésima muestra, correspondiente al i-ésimo periodo de precipitación y el j-ésimo tipo de fertilizante.

Se aplicó la prueba de significación de Tukey, con un nivel de error del 0.05, para contrastar las hipótesis en las diferentes variables estudiadas.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por plantas de *Tithonia diversifolia* establecidas en el área experimental del Instituto de Investigación Especializada en Ganadería Oxapampa (INIGOX), abarcando una superficie total de 0,25 ha destinada al ensayo agronómico.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por cada unidad experimental (parcela), distribuidas en 4 repeticiones por cada tratamiento, correspondientes a los diferentes niveles de fertilización evaluados. Esta estructura muestral permitió garantizar la representatividad y la validez estadística del diseño experimental aplicado.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos fueron registrados en un cuaderno de campo (fichas de registro), utilizando la técnica de análisis de datos en la zona de estudio, según lo descrito en la metodología de trabajo.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Los instrumentos de medición fueron seleccionados tras un análisis exhaustivo de su adecuación al marco metodológico y a los requerimientos experimentales del

estudio, garantizando su validez y confiabilidad como se ve en el siguiente cuadro:

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de investigación

Técnicas	Instrumentos
Evaluar los registros	Registro de datos de campo en digital

Los criterios de validez y confiabilidad del estudio se determinaron mediante el análisis conjunto del coeficiente de variabilidad (C.V.) y el coeficiente de determinación (r^2), evaluándose estos indicadores de forma independiente para cada variable a través de análisis de varianza (ANOVA).

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos en la zona de estudio fueron procesados en el gabinete, utilizando la hoja de cálculo Excel y el software Infostat. En este proceso, se calcularon parámetros estadísticos como promedio, desviación estándar, coeficiente de variabilidad, coeficiente de determinación y Análisis de Varianza (ANOVA) factorial. Este análisis permitió contrastar la hipótesis en estudio. Además, los datos procesados fueron analizados e interpretados, y se discutieron de acuerdo con los parámetros establecidos, lo que permitió obtener conclusiones y recomendaciones relacionadas con el tema en estudio.

3.9. Tratamiento estadístico

Los tratamientos en estudio estuvieron constituidos por diferentes factores que se detallaron en la metodología y que se evaluaron en función de su impacto en las variables de interés, el mismo que se describe a continuación:

Factor fertilización (6 niveles).

F1 = Fertilización 1 (0 TN/Ha/año).

F2 = Fertilización 2 (0,5 TN/Ha/año).

F3 = Fertilización 3 (1 TN/Ha/año).

F4 = Fertilización 4 (1,5 TN/Ha/año).

F5 = Fertilización 5 (2 TN/Ha/año).

F6 = Fertilización 6 (2,5 TN/Ha/año).

Factor precipitación (2 niveles).

P1 = Alta precipitación.

P2 = Baja precipitación.

Repeticiones:

R1 = Parcela 1

R2 = Parcela 2

R3 = Parcela 3

R4 = Parcela 4

*Tabla 3. Distribución aleatoria de los tratamientos en las Unidades Experimentales
bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA)*

06 columnas

08 filas							
P2F4R3	P1F2R1	P1F6R4	P2F1R2	P1F3R3	P2F5R1	P1F1R4	P2F3R2
P1F5R2	P2F2R4	P1F4R1	P2F6R3	P1F6R1	P2F3R4	P1F2R3	P2F1R1
P2F5R3	P1F1R2	P2F4R2	P1F3R4	P2F6R2	P1F5R4	P2F2R1	P1F4R3
P1F6R3	P2F3R1	P1F2R4	P2F1R3	P1F5R1	P2F4R4	P1F1R1	P2F6R4
P2F2R2	P1F4R2	P2F5R4	P1F3R1	P2F3R3	P1F6R2	P2F1R4	P1F5R3
P2F6R1	P1F3R2	P2F4R1	P1F1R3	P2F2R3	P1F2R2	P1F4R4	P2F5R2

Nota. P1: periodo de precipitación alta; P2: periodo de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0.5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1.0 t/ha); F4: fertilizante 4 (1.5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2.0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2.5 t/ha); R1: Parcela 1; R2: Parcela 2; R3: Parcela 3; R4: Parcela 4.

Tabla 4. Croquis de distribución de parcelas experimentales

Período de precipitación alta					
					
					
					
					
Período de precipitación baja					
					
					
					
					

6 tratamientos × 4 repeticiones = 24 parcelas por período
Total: 48 parcelas experimentales entre ambos períodos

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico y productivo

a) Altura de la planta (cm)

La altura se midió con una regla calibrada, desde la base del tallo hasta la hoja más alta. En cada tratamiento se evaluaron 15 plantas por repetición, en la etapa de prefloración (60 días desde el rebrote), tanto en época de alta como de baja precipitación.

b) Peso de hojas (g)

Se seleccionaron aleatoriamente 15 plantas de *Tithonia diversifolia* por parcela. En cada planta se contabilizaron las hojas grandes y pequeñas presentes en la rama principal y se calculó el promedio por parcela. Esta medición se realizó en la etapa de prefloración (60 días desde el rebrote), considerando ambas épocas de precipitación (alta y baja).

c) Peso de tallos (g)

Se determinó mediante conteo manual planta por planta en cada tratamiento. Se seleccionaron aleatoriamente 15 plantas por parcela, contabilizando los tallos para obtener el promedio correspondiente. Esta medición se efectuó en prefloración (60 días desde el rebrote), tanto en época de alta como de baja precipitación.

d) Relación tallo hojas (número)

Se calculó como el cociente entre el peso de las hojas y el peso del tallo de *Tithonia diversifolia*.

e) Rendimiento de forraje verde (t/ha)

El rendimiento de forraje verde se determinó mediante el corte y pesaje del material fresco obtenido en cada unidad experimental, registrando el peso en kilogramos por metro cuadrado (kg/m²). Posteriormente, estos valores se extrapolaron a toneladas por hectárea (t/ha) en función de la superficie equivalente. En este estudio, la evaluación se realizó únicamente sobre la base de materia verde.

4.1.2. Para la evaluación del valor nutritivo

Para determinar los componentes nutricionales (proteína cruda, extracto libre de nitrógeno, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y cenizas), se prepararon muestras representativas de forraje de cada tratamiento mediante procesos estandarizados de secado y molienda. Posteriormente, las muestras fueron analizadas en un laboratorio acreditado, aplicando metodologías analíticas validadas. El análisis se realizó en la etapa de prefloración, considerando tanto la época de alta como la de baja precipitación.

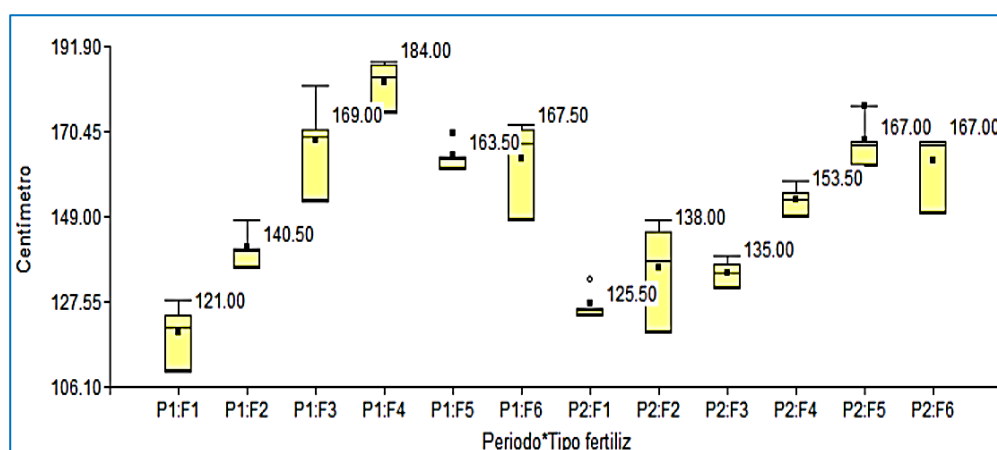
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico

a) Altura de la planta (cm).

En el Gráfico 1 se presenta la altura de planta (cm) de *Tithonia diversifolia* en etapa de prefloración, evaluada para cada combinación de período de precipitación y dosis de fertilizante. El valor máximo se obtuvo en el tratamiento con precipitación alta y 1,5 t/ha de fertilizante (P1:F4), con 184,00 cm, mientras que el mínimo correspondió a precipitación alta y 0 t/ha (P1:F1), con 121,00 cm. En el período de alta precipitación (P1), las alturas variaron entre 121,00 y 184,00 cm, mientras que en baja precipitación (P2) oscilaron entre 125,50 y 167,00 cm. Destacaron los tratamientos P2:F5 (2,0 t/ha) y P2:F6 (2,5 t/ha), con valores de 167,00 cm, similares a los observados en algunos tratamientos bajo condiciones de alta precipitación. La mayor variabilidad se observó en P1:F3 (1,0 t/ha) y P1:F4 (1,5 t/ha), mientras que la menor se presentó en P2:F1 (0 t/ha) y P2:F3 (1,0 t/ha).

Figura 1. Altura de planta (cm)



Nota. P1: período de precipitación alta; P2: período de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0,5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1,0 t/ha); F4: fertilizante 4 (1,5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2,0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2,5 t/ha).

b) Peso de las hojas (g).

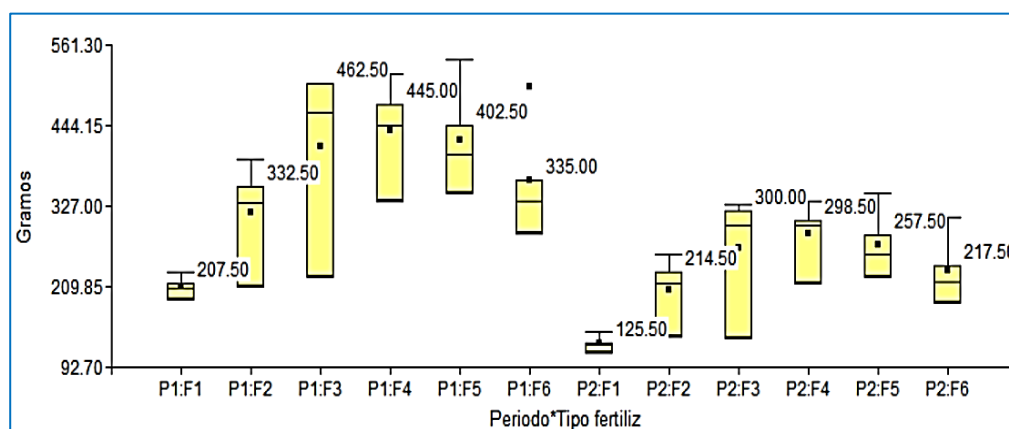
La figura 2 muestra que el peso de hojas estuvo claramente influenciado por la interacción entre el periodo de precipitación (P1: alta, P2: baja) y el tipo de fertilizante (F1–F6).

En el periodo de precipitación alta (P1), los mayores valores se registraron con 1,0 t/ha (F3: 462,50 g), seguido de 1.5 t/ha (F4: 445,00 g) y 2.0 t/ha (F5: 402,50 g), mientras que el menor peso correspondió al testigo sin fertilización (F1: 207,50 g).

En el periodo de precipitación baja (P2), la tendencia fue similar, pero con valores menores: el peso máximo se obtuvo con 1,0 t/ha (F3: 300,00 g), seguido de 1,5 t/ha (F4: 298,50 g) y 2,0 t/ha (F5: 257,50 g), registrándose el mínimo nuevamente en el testigo (F1: 125,50 g).

En general, todas las dosis presentaron mayor peso foliar en condiciones de alta precipitación, destacando que las dosis intermedias (1,0–1,5 t/ha) fueron las más efectivas en ambos periodos.

Figura 2. Peso de hojas (g)



Nota. P1: periodo de precipitación alta; P2: periodo de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0,5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1,0 t/ha); F4: fertilizante 4 (1,5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2,0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2,5 t/ha).

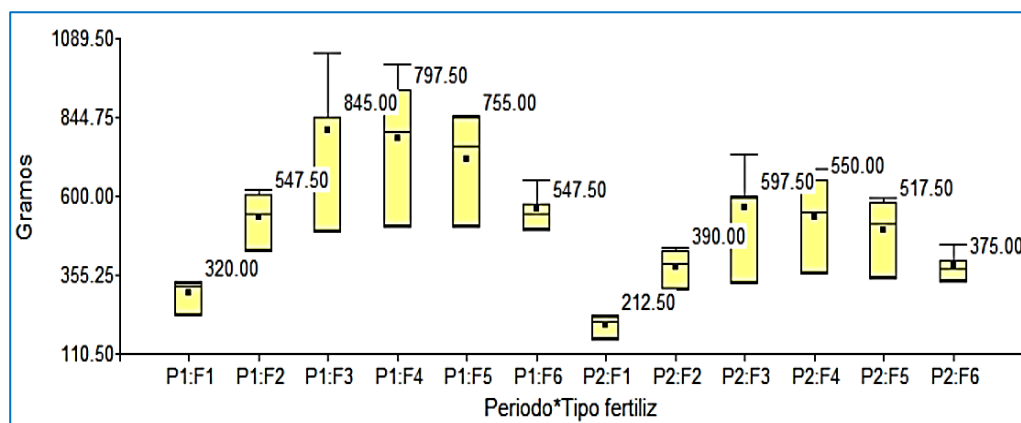
c) Peso del tallo (g)

En la Figura 3 se observa que, en el periodo de precipitación alta (P1), el mayor peso de tallo se registró con 1,5 t/ha (F4: 845,00 g), seguido de 1,0 t/ha (F3: 797,50 g) y 2,0 t/ha (F5: 755,00 g). El valor más bajo en este periodo se obtuvo con 0 t/ha (F1: 320,00 g).

En el periodo de precipitación baja (P2), el peso máximo correspondió a 1,0 t/ha (F3: 597,50 g), seguido de 1,5 t/ha (F4: 550,00 g) y 2,0 t/ha (F5: 517,50 g), mientras que el menor valor se observó con 0 t/ha (F1: 212,50 g).

En general, para todas las dosis de fertilizante, el peso de tallo fue mayor en condiciones de alta precipitación.

Figura 3. Peso de tallo (g)



Nota. P1: periodo de precipitación alta; P2: periodo de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0,5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1,0 t/ha); F4: fertilizante 4 (1,5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2,0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2,5 t/ha).

d) Relación hoja tallo (número)

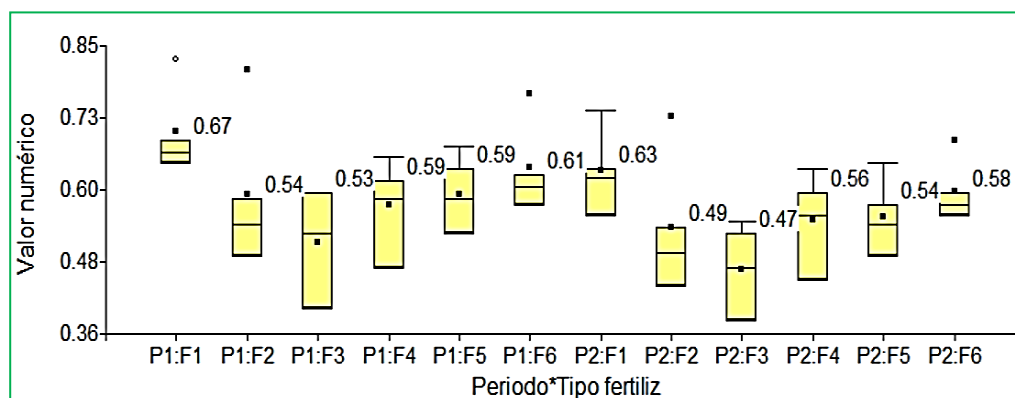
La Figura 4 muestra la relación hoja-tallo bajo dos periodos de precipitación (P1: alta, P2: baja) y seis dosis de fertilización orgánica (F1 a F6).

En P1, la relación hoja-tallo es mayor que en P2, reflejando mejor desarrollo foliar con mayor humedad. El valor máximo (0,67) ocurre en P1 sin fertilización (F1), indicando un balance favorable hoja-tallo sin aporte extra. Al aplicar fertilizante en P1, la relación disminuye ligeramente (0,53–0,61), sugiriendo mayor crecimiento de tallos lignificados.

En P2, los valores son más bajos (0,47–0,63), con el mínimo en P2F3 (0,47), posiblemente por la época de precipitación. La dosis más alta (P2F6) mejora la relación a 0,58, favoreciendo la proporción foliar y calidad del forraje.

La variabilidad observada indica fluctuaciones naturales, pero en general, la precipitación y fertilización afectan la estructura foliar y del tallo.

Figura 4. Relación hoja tallo (número)



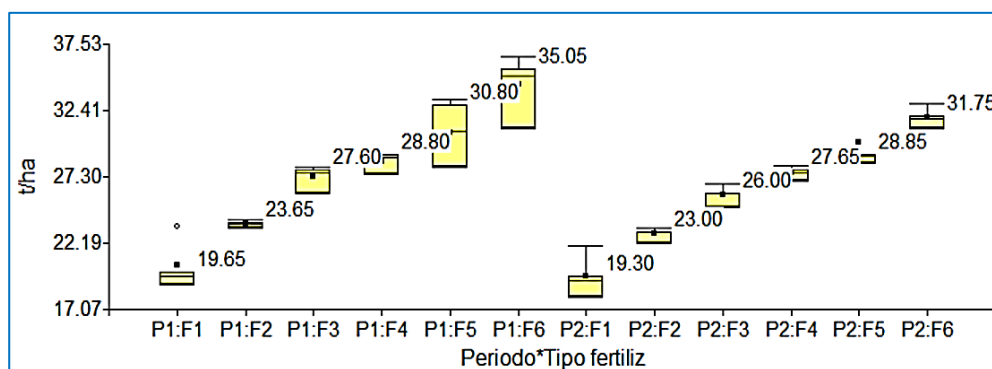
Nota. P1: periodo de precipitación alta; P2: periodo de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0,5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1,0 t/ha); F4: fertilizante 4 (1,5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2,0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2,5 t/ha).

e) Rendimiento de forraje (t/ha)

La Figura 5 muestra el rendimiento de materia verde (t/ha) según dos periodos de precipitación (P1: alta, P2: baja) y seis niveles de fertilización (F1 a F6).

En P1, el rendimiento aumenta significativamente con la dosis de fertilizante, desde 19,65 t/ha (F1) hasta 35,05 t/ha (F6), mostrando una respuesta positiva al fertilizante con buena humedad.

Figura 5. Rendimiento de materia verde (t/ha)



Nota. P1: periodo de precipitación alta; P2: periodo de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0,5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1,0 t/ha); F4: fertilizante 4 (1,5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2,0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2,5 t/ha).

En P2, el rendimiento es menor, iniciando en 19,30 t/ha (F1) y llegando a 31,75 t/ha (F6). Aunque mejora con fertilización, la baja precipitación limita el potencial productivo. Las barras de error son pequeñas, indicando resultados consistentes.

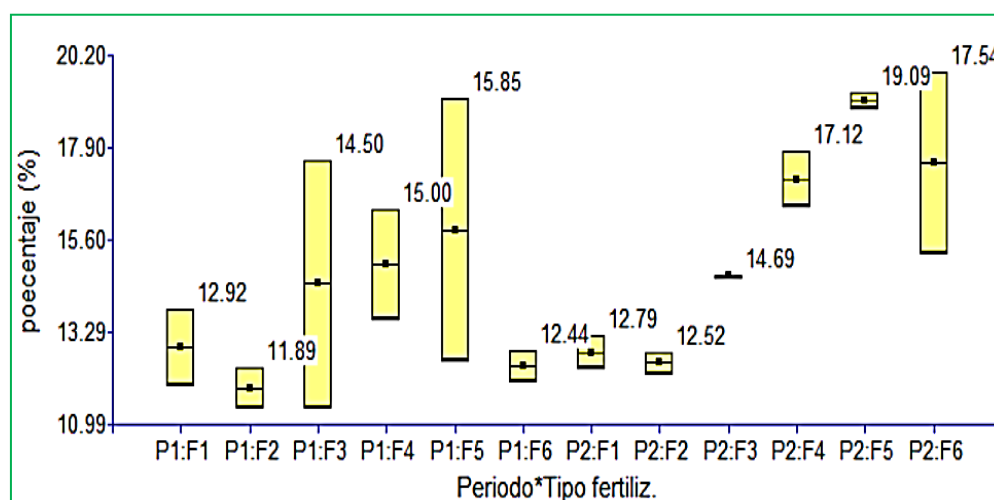
En resumen, la producción depende tanto de la fertilización como de la disponibilidad de agua, siendo óptima la combinación de alta precipitación y mayor fertilización.

4.2.2. Para la evaluación del valor nutritivo

a) Porcentaje de proteína (%)

La Figura 6 presenta el porcentaje de proteína en función de dos periodos de precipitación (P1: alta, P2: baja) y seis niveles de fertilización (F1 a F6).

Figura 6. Porcentaje de proteína (%)



Nota. P1: periodo de precipitación alta; P2: periodo de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0,5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1,0 t/ha); F4: fertilizante 4 (1,5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2,0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2,5 t/ha).

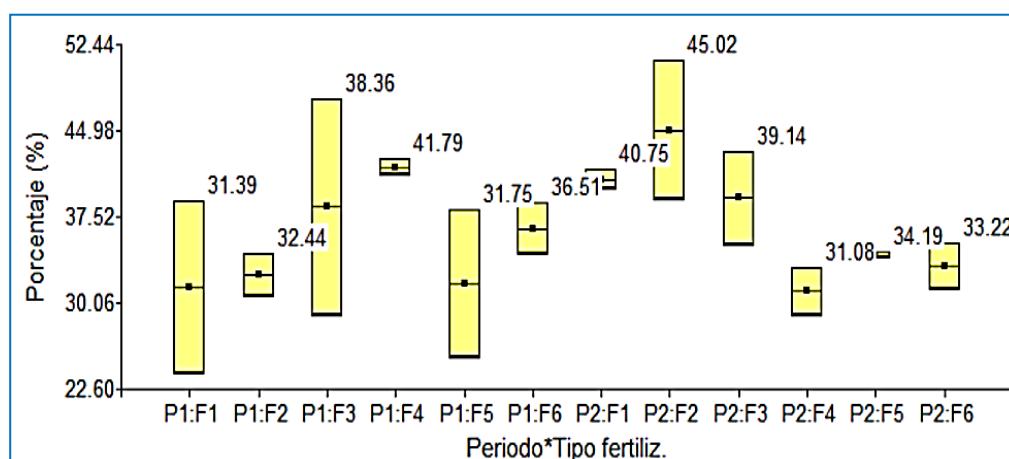
El mayor contenido proteico se observó en P2 con la dosis F5 (19,09%), seguido por P2F6 (17,54%) y P2F4 (17,12%). En el periodo de alta precipitación (P1), el mayor porcentaje correspondió a F5 (15,85%), mientras que las demás combinaciones mostraron valores inferiores.

En conclusión, el porcentaje de proteína depende tanto de la fertilización como de la disponibilidad hídrica, siendo más favorable la combinación de baja precipitación con alta fertilización para maximizar el valor proteico.

b) Extracto libre de nitrógeno (%)

En el periodo de precipitación alta (P1), el ELN varió entre 31,39 % (F1) y 41,79 % (F4), siendo este último el valor más alto. Dosis intermedias como F3 (38,36 %) también mostraron incrementos notables, mientras que el valor más bajo correspondió al tratamiento sin fertilización (Figura 7).

Figura 7. Extracto libre de nitrógeno (%)



Nota. P1: periodo de precipitación alta; P2: periodo de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0,5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1,0 t/ha); F4: fertilizante 4 (1,5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2,0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2,5 t/ha).

En el periodo de precipitación baja (P2), los valores oscilaron entre 31,08 % (F5) y 45,02 % (F2), este último el mayor del ensayo. Bajo menor disponibilidad hídrica, dosis moderadas (F2) optimizaron el ELN, mientras que dosis altas (F5 y F6) registraron valores menores (34,19 % y 33,22 %).

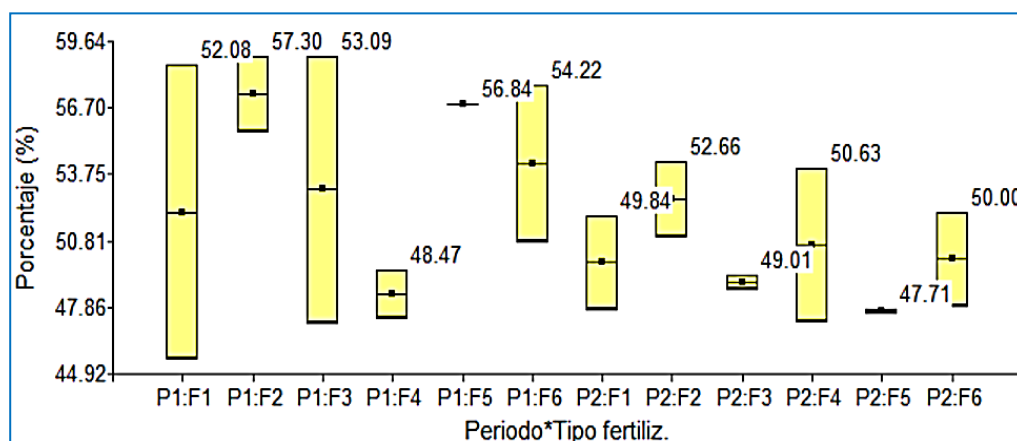
c) Fibra detergente neutro (%)

En el periodo de precipitación alta (P1), el FDN varió entre 48,47 % (F4) y 57,30 % (F2), destacando valores altos con F2 (0,5 t/ha) y F3 (1,0 t/ha), lo que sugiere que dosis bajas-intermedias favorecen la fibra estructural. El menor valor se registró con F4, posiblemente por una mayor proporción de tejidos no estructurales (Figura 8).

En el periodo de precipitación baja (P2), los valores oscilaron entre 47,71 % (F5) y 52,66 % (F2), con máximos en F2 y F4, indicando que dosis altas aumentan la fibra estructural bajo menor disponibilidad hídrica. Valores bajos en F5 y F3 reflejan ajustes hacia componentes menos fibrosos.

En conjunto, el FDN se vio influenciado por la interacción precipitación– fertilización: en P1, dosis bajas-intermedias lo maximizan; en P2, dosis altas generan mayores valores.

Figura 8. Fibra detergente neutro (%)



Nota. P1: periodo de precipitación alta; P2: periodo de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0,5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1,0 t/ha); F4: fertilizante 4 (1,5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2,0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2,5 t/ha).

d) Fibra detergente ácido (%)

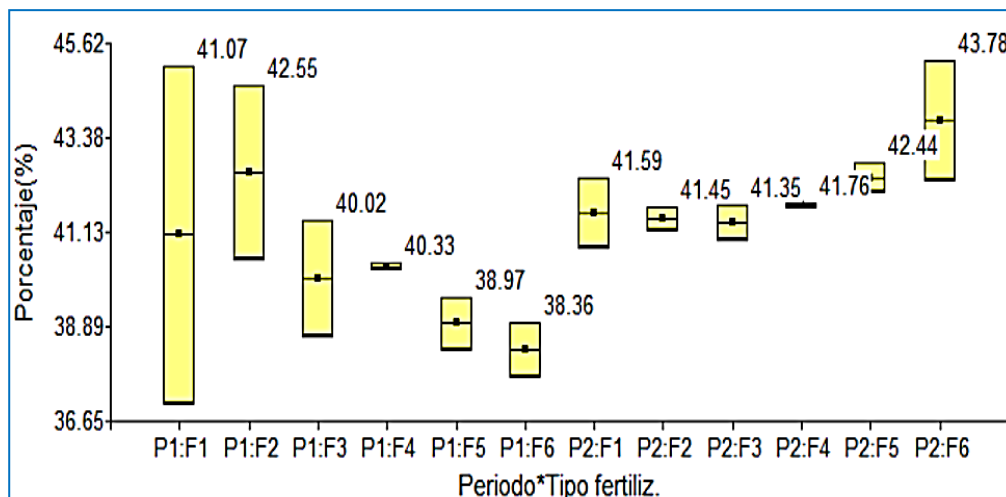
En precipitación alta (P1), la FDA varió entre 38,36 % (F6) y 42,55 % (F2). Los mayores valores se registraron con F2 (0,5 t/ha) y F1 (0 t/ha), mientras que dosis altas como F5 y F6 redujeron la proporción de componentes lignificados y celulósicos.

En precipitación baja (P2), los valores oscilaron entre 41,35 % (F3) y 43,78 % (F6), con máximos en F6 (2,5 t/ha) y F5 (2,0 t/ha), lo que indica que bajo menor disponibilidad hídrica las dosis altas incrementan la fibra más resistente a la digestión.

En general, la interacción precipitación–fertilización modificó el contenido de FDA: en P1, dosis bajas (F1 y F2) lo maximizan; en P2, lo hacen las dosis altas (F5 y F6). Este patrón es relevante para la calidad

forrajera, pues niveles altos de FDA suelen reducir la digestibilidad y el consumo en rumiantes (Figura 9).

Figura 9. Fibra detergente ácido (%)



Nota. P1: periodo de precipitación alta; P2: periodo de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0,5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1,0 t/ha); F4: fertilizante 4 (1,5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2,0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2,5 t/ha).

e) Cenizas (%)

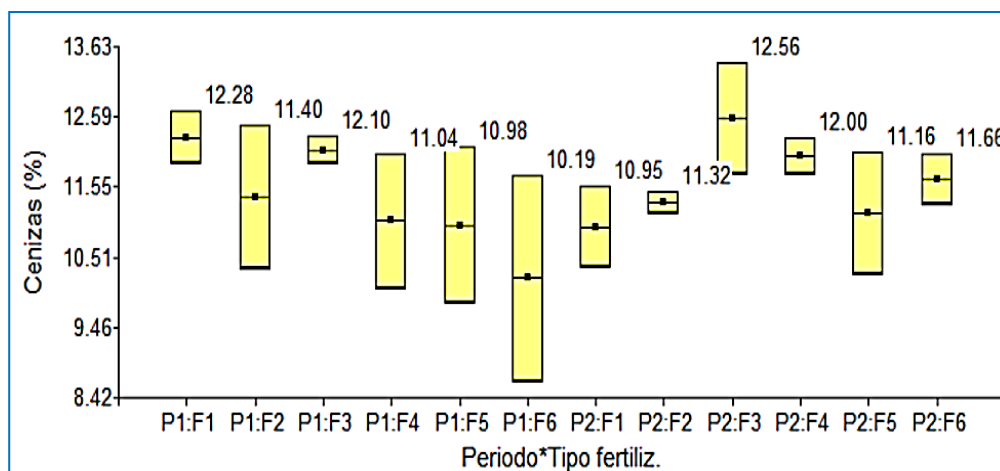
En la Figura 10 se presenta el porcentaje de cenizas (%) en función de la interacción entre el periodo de precipitación (P1: alta; P2: baja) y el tipo de fertilizante aplicado (F1 a F6).

En precipitación alta (P1), el contenido de cenizas disminuyó con el aumento de la dosis de fertilizante, desde 12,59 % en el control (F1) hasta 10,19 % en F6 (2,5 t/ha). Este patrón sugiere que, con alta disponibilidad de agua, la fertilización reduce la acumulación de minerales en el tejido vegetal.

En precipitación baja (P2) no se observó una tendencia clara. El valor más alto correspondió a F3 (12,56 %), superando incluso al control (10,95 %), mientras que los demás tratamientos mostraron valores intermedios (11,16–12,00 %). Esto indica que, bajo limitación hídrica, la respuesta del

contenido de cenizas a la fertilización es variable, posiblemente por una menor absorción y translocación de minerales.

Figura 10. Cenizas (%)



Nota. P1: periodo de precipitación alta; P2: periodo de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0,5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1,0 t/ha); F4: fertilizante 4 (1,5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2,0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2,5 t/ha).

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico

a) Altura de la planta (cm)

El ANOVA evidenció efectos altamente significativos del periodo de precipitación, del nivel de fertilizante y de su interacción sobre la altura de la planta ($p < 0,0001$). El tipo de fertilizante explicó la mayor proporción de la variabilidad, seguido por la interacción y el periodo, lo que muestra que el crecimiento en altura estuvo determinado tanto por la disponibilidad hídrica como por la fertilización aplicada, con efectos combinados de importancia agronómica (Anexo 1).

En términos generales, la altura de las plantas fue significativamente mayor durante el periodo de precipitación alta (156,75 cm) en comparación

con el periodo de precipitación baja (147,13 cm), lo que confirma que una mayor disponibilidad de agua favorece el crecimiento vegetativo (Tabla 4).

Tabla 5. Resultados de la prueba de hipótesis para altura de planta (cm) en función al periodo de precipitación

Periodo de precipitación	Altura planta (cm)
Periodo de precipitación alta	156.75 ± 2211 ^a
Periodo de precipitación baja	147.13 ± 17.00 ^b
Error estándar	1.60

Nota. ^{a, b} Promedios ± desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Respecto al tipo de fertilizante, las mayores alturas promedio se observaron en las dosis de 1,5 t/ha (168,13 ± 2,76 cm), 2 t/ha (166,38 ± 2,76 cm) y 2,5 t/ha (163,38 ± 2,76 cm), todas significativamente superiores a las registradas con 1 t/ha, 0,5 t/ha y el tratamiento sin fertilización (0 t/ha) (Tabla 5). Esto indica que dosis intermedias y altas de fertilizante orgánico promueven un crecimiento más robusto.

Tabla 6. Resultados de la prueba de hipótesis para altura de planta (cm) en función al tipo de fertilizante

Tipo de fertilizante	Altura planta (cm)
Fertilizante 1 (0 t/ha).	123.50 ± 6.89 ^d
Fertilizante 2 (0.5 t/ha).	138.63 ± 9.53 ^c
Fertilizante 3 (1 t/ha)	151.63 ± 19.57 ^b
Fertilizante 4 (1.5 t/ha).	168.13 ± 16.32 ^a
Fertilizante 5 (2 t/ha).	166.38 ± 5.26 ^a
Fertilizante 6 (2.5 t/ha).	163.38 ± 9.24 ^{ab}
Error estándar	2.76

Nota. ^{a, b} Promedios ± desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La interacción periodo $\times$ tipo de fertilizante también resultó significativa, mostrando que la mayor altura se obtuvo durante la precipitación alta con la dosis de 1,5 t/ha ($182,75 \pm 3,91$ cm). Asimismo, combinaciones de precipitación alta con 1 t/ha, 2 t/ha y 2,5 t/ha, así como de precipitación baja con 2 t/ha y 2,5 t/ha, generaron alturas superiores. Por el contrario, el menor crecimiento correspondió al tratamiento sin fertilización durante la precipitación alta ($120,00 \pm 3,91$ cm) (Tabla 6).

Tabla 7. Comparación de altura de planta (cm) entre periodo de precipitación y el tipo de fertilizante

Periodo de precipitación	Tito de fertilización	Altura planta (cm)
Periodo de precipitación alta	Fertilizante 1 (0 t/ha).	120.00 ^e
	Fertilizante 2 (0.5 t/ha).	141.25 ^{cd}
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	168.25 ^{ab}
	Fertilizante 4 (1.5 t/ha).	182.75 ^a
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	164.50 ^{ab}
	Fertilizante 6 (2.5 t/ha).	163.75 ^{ab}
Periodo de precipitación baja	Fertilizante 1 (0 t/ha).	127.00 ^{de}
	Fertilizante 2 (0.5 t/ha).	136.00 ^{cde}
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	135.00 ^{cde}
	Fertilizante 4 (1.5 t/ha).	153.50 ^{bc}
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	168.25 ^{ab}
	Fertilizante 6 (2.5 t/ha).	163.00 ^b
Error estándar		3.91

Nota. ^{a, b, c, d, e} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En conjunto, los resultados muestran que la altura de planta se optimiza bajo condiciones de mayor precipitación combinadas con dosis medias y altas de fertilizante. Además, el uso de fertilización orgánica permite atenuar parcialmente los efectos negativos de la menor disponibilidad hídrica en periodos de baja precipitación.

b) Peso hoja (g)

El ANOVA reveló efectos significativos del periodo de precipitación ($p < 0,0001$) y del tipo de fertilizante ($p = 0,0001$) sobre el peso de hoja, mientras que la interacción periodo $\times$ fertilizante no presentó efectos significativos ($p = 0,9250$). Esto indica que ambos factores actúan de manera independiente sobre la producción foliar (Anexo 1).

Los resultados mostraron diferencias significativas entre periodos de precipitación. Durante la precipitación alta, el peso promedio de hoja fue de $360,46 \pm 226,12$ g, un 55,5 % mayor respecto a la precipitación baja ($231,63 \pm 158,85$ g), lo que confirma la importancia de la disponibilidad hídrica para maximizar la biomasa foliar (Tabla 7).

Tabla 8. Resultados de la prueba de hipótesis para peso de hoja (g) en función al periodo de precipitación

Periodo de precipitación	Peso hoja (g)
Periodo de precipitación alta	$360,46 \pm 226,12^a$
Periodo de precipitación baja	$231,63 \pm 158,85^b$
Error estándar	15,36

Nota. ^{a, b} Promedios $\pm$ desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En cuanto al tipo de fertilizante, las dosis de 1 t/ha; 1,5 t/ha; 2 t/ha y 2,5 t/ha registraron pesos de hoja significativamente superiores respecto al control y a la dosis más baja (0,5 t/ha). Estos resultados evidencian que incrementos a partir de 1 t/ha generan un aumento marcado en la producción de hojas (Tabla 8).

Tabla 9. Resultados de la prueba de hipótesis para peso de hoja (g) en función al tipo de fertilizante

Tipo de fertilizante	Peso hoja (g)
Fertilizante 1 (0 t/ha).	168,13 ± 45,74 ^b
Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	261,63 ± 86,23 ^{ab}
Fertilizante 3 (1 t/ha)	340,00 ± 131,04 ^a
Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	361,50 ± 101,29 ^a
Fertilizante 5 (2 t/ha).	346,63 ± 106,86 ^a
Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	298,38 ± 101,52 ^a
Error estándar	26,61

Nota. ^{a, b} Promedios ± desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Aunque la interacción precipitación × fertilizante no fue significativa, se observó que durante la precipitación alta los mayores valores correspondieron a las dosis de 1,5 t/ha (436,25 g), 2 t/ha (422,50 g) y 1 t/ha (413,75 g), mientras que el menor peso se registró en el tratamiento sin fertilización (208,75 g). En precipitación baja, todos los tratamientos redujeron su rendimiento, especialmente el control y la dosis mínima; sin embargo, las dosis entre 1 y 2 t/ha mantuvieron valores relativamente altos (266,25–286,75 g), lo que sugiere que una fertilización adecuada puede mitigar parcialmente los efectos de la menor disponibilidad hídrica (Tabla 9).

Tabla 10. Comparación de peso de hoja (g) entre periodo de precipitación y el tipo de fertilizante

Periodo de precipitación	Tito de fertilización	Peso tallo (g)
Periodo de precipitación alta	Fertilizante 1 (0 t/ha).	208,75 ^{cd}
	Fertilizante 2 (0.5 t/ha).	317,50 ^{abc}
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	413,75 ^{ab}
	Fertilizante 4 (1.5 t/ha).	436,25 ^a
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	422,50 ^a
	Fertilizante 6 (2.5 t/ha).	364,00 ^{abc}
Periodo de precipitación baja	Fertilizante 1 (0 t/ha).	127,50 ^d
	Fertilizante 2 (0.5 t/ha).	205,75 ^{cd}
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	266,25 ^{abcd}
	Fertilizante 4 (1.5 t/ha).	286,75 ^{abcd}
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	270,75 ^{abcd}
	Fertilizante 6 (2.5 t/ha).	232,75 ^{bcd}
Error estándar		37,63

Nota. ^{a, b, c, d} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

c) **Peso tallo (g).**

El ANOVA mostró efectos altamente significativos tanto del periodo de precipitación ($p < 0,0001$) como del tipo de fertilizante ($p < 0,0001$) sobre el peso del tallo, mientras que la interacción entre ambos factores no fue significativa ($p = 0,8809$). Esto indica que la respuesta en biomasa de tallo depende de cada factor por separado. El periodo de precipitación explicó el 19,6 % de la variación total y el fertilizante el 48,0 %, lo que evidencia que ambos influyen de manera importante en la producción de tallo, siendo la fertilización el factor de mayor contribución (Anexo 1).

Se observaron diferencias significativas según el periodo de precipitación. Durante la precipitación alta, el peso promedio de tallo fue de $616,25 \pm 27,96$ g, significativamente mayor que en la precipitación baja ($427,08 \pm 27,96$ g), lo que confirma que una mayor disponibilidad hídrica favorece el desarrollo de biomasa estructural (Tabla 10).

Tabla 11. Resultados de la prueba de hipótesis para peso de tallo (g) en función a la precipitación

Periodo de precipitación	Peso tallo (g)
Periodo de precipitación alta	616,25±226,12 ^a
Periodo de precipitación baja	427,08±158,85 ^b
Error estándar	27,96
Nota. ^{a, b} Promedios ± desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas (p < 0,05).	

Con respecto al tipo de fertilizante, las dosis de 1 t/ha (685,00 ± 48,43 g) y 1,5 t/ha (656,88 ± 48,43 g) registraron pesos de tallo significativamente superiores en comparación con el control (251,88 ± 48,43 g) y las dosis más bajas, lo que demuestra un incremento consistente en la biomasa del tallo a partir de 1 t/ha (Tabla 11).

Tabla 12. Resultados de la prueba de hipótesis para peso de tallo (g) en función al tipo de fertilizante.

Tipo de fertilizante	Peso tallo (g)
Fertilizante 1 (0 t/ha).	251,88 ± 65,63 ^c
Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	459,38 ± 109,75 ^b
Fertilizante 3 (1 t/ha)	685,00 ± 227,47 ^a
Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	656,88 ± 224,94 ^{ab}
Fertilizante 5 (2 t/ha).	605,00 ± 178,11 ^{ab}
Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	471,88 ± 109,84 ^b
Error estándar	48,43
Nota. ^{a, b} Promedios ± desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas (p < 0,05).	

Si bien la interacción periodo × fertilizante no resultó significativa en el ANOVA, se observó que, en condiciones de precipitación alta, las dosis de 1, 1,5 y 2 t/ha alcanzaron valores superiores al control. En precipitación baja, las dosis de 1 y 1,5 t/ha mantuvieron una producción de tallo

relativamente alta, lo que sugiere que una fertilización adecuada contribuye a amortiguar los efectos de la menor disponibilidad de agua (Tabla 12).

Tabla 13. Comparación de peso de tallo (g) entre precipitación y tipo de fertilizante

Periodo de precipitación	Tito de fertilización	Peso tallo (g)
Periodo de precipitación alta	Fertilizante 1 (0 t/ha).	301,25 ^{cd}
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	536,25 ^{abcd}
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	806,25 ^a
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	777,50 ^a
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	716,25 ^{ab}
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	560,00 ^{abc}
Periodo de precipitación baja	Fertilizante 1 (0 t/ha).	202,50 ^d
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	382,50 ^{bcd}
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	563,75 ^{abc}
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	536,25 ^{abcd}
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	493,75 ^{abcd}
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	383,75 ^{bcd}
Error estándar		68,49

Nota. ^{a, b, c, d} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

d) Relación hoja tallo (H-T).

El ANOVA mostró que el periodo de precipitación presentó una tendencia a influir en la relación hoja:tallo ($p = 0,0982$), aunque sin alcanzar significancia estadística al 5%. En contraste, el tipo de fertilizante sí afectó significativamente esta relación ($p = 0,0150$), lo que indica que las distintas dosis aplicadas modifican la proporción estructural entre hoja y tallo. La interacción periodo $\times$ fertilizante no fue significativa ($p = 0,9984$), lo que sugiere que el efecto del fertilizante es consistente bajo ambos niveles de precipitación (Anexo 1).

Los valores promedio de la relación H:T no difirieron significativamente entre periodos de precipitación, registrándose $0,60 \pm 0,11$ en precipitación alta y $0,56 \pm 0,10$ en precipitación baja (Tabla 13). Esto indica que la

disponibilidad hídrica no altera de forma relevante la proporción relativa entre biomasa foliar y estructural.

Tabla 14. Resultados de la prueba de hipótesis para la relación hoja tallo (H- T) en función al periodo de precipitación

Periodo de precipitación	Relación (H:T)
Periodo de precipitación alta	0,60 ± 0,11 ^a
Periodo de precipitación baja	0,56 ± 0,10 ^a
Error estándar	0,02

Nota. ^{a, b} Promedios ± desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Respecto al tipo de fertilizante (Tabla 14), el tratamiento sin fertilización presentó la relación H:T más elevada ($0,67 \pm 0,08$), aunque sin diferencias significativas frente a varias de las dosis evaluadas. La dosis de 1 t/ha mostró el valor más bajo ($0,49 \pm 0,09$) y fue significativamente diferente del control, lo que sugiere que determinadas dosis de fertilización pueden favorecer un mayor crecimiento relativo del tallo frente a la hoja.

Tabla 15. Resultados de la prueba de hipótesis para la relación hoja tallo (H-T) en función al tipo de fertilizante

Tipo de fertilizante	Relación (H:T)
Fertilizante 1 (0 t/ha).	0,67 ± 0,08 ^a
Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	0,57 ± 0,13 ^{ab}
Fertilizante 3 (1 t/ha)	0,49 ± 0,09 ^b
Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	0,57 ± 0,08 ^{ab}
Fertilizante 5 (2 t/ha).	0,58 ± 0,07 ^{ab}
Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	0,62 ± 0,07 ^{ab}
Error estándar	0,03

Nota. ^{a, b} Promedios ± desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La interacción entre periodo de precipitación y tipo de fertilizante (Tabla 15) confirmó la ausencia de efectos significativos ($p > 0,05$). No obstante, se observó una tendencia hacia valores mayores de H:T en el control en ambos periodos (0,71 en precipitación alta y 0,64 en baja), mientras que las dosis de fertilizante tendieron a reducir la relación, especialmente la dosis de 1 t/ha, que presentó los valores más bajos en ambas condiciones de precipitación. Esto refuerza la posibilidad de que la fertilización influya en la asignación diferencial de biomasa hacia el tallo.

Tabla 16. Comparación para relación de hoja tallo (H-T) entre el periodo de precipitación y el tipo de fertilización

Periodo de precipitación	Tito de fertilización	Relación (H:T)
Periodo de precipitación alta	Fertilizante 1 (0 t/ha).	0,71 ^a
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	0,60 ^{ab}
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	0,52 ^{ab}
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	0,58 ^{ab}
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	0,60 ^{ab}
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	0,64 ^{ab}
Periodo de precipitación baja	Fertilizante 1 (0 t/ha).	0,64 ^{ab}
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	0,54 ^{ab}
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	0,47 ^b
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	0,55 ^{ab}
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	0,56 ^{ab}
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	0,60 ^{ab}
Error estándar		0,05

Nota. ^{a, b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

e) Rendimiento de forraje (t/ha).

El modelo estadístico fue altamente significativo y explicó el 90 % de la variación total en el rendimiento de forraje, evidenciando un ajuste robusto y adecuado. El ANOVA mostró efectos significativos del periodo de precipitación y del tipo de fertilizante ($p < 0,05$), mientras que la interacción entre ambos factores no fue significativa ($p > 0,05$), lo que indica que actúan

de manera independiente. El bajo coeficiente de variación refleja una alta precisión experimental (Anexo 1).

El rendimiento de forraje de *Tithonia diversifolia* estuvo influenciado significativamente por el régimen hídrico. Durante el periodo de precipitación alta, la producción alcanzó $27,52 \pm 4,90$ t/ha, valor significativamente mayor en comparación con el periodo de precipitación baja ($26,17 \pm 4,17$ t/ha), lo que confirma el efecto positivo de la mayor disponibilidad de agua sobre la productividad forrajera (Tabla 16).

Tabla 17. Resultados de la prueba de hipótesis para rendimiento de forraje (t/ha) en función al periodo de precipitación

Periodo de precipitación	Rendimiento de forraje (t/ha)
Periodo de precipitación alta	$27,52 \pm 4,90^a$
Periodo de precipitación baja	$26,17 \pm 4,17^b$
Error estándar	0,29

Nota. ^{a,b} Promedios $\pm$ desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En relación con la fertilización, se observó una respuesta claramente dosis- dependiente y estadísticamente significativa. El tratamiento sin fertilización registró el menor rendimiento ($20,05 \pm 1,80$ t/ha), mientras que la dosis de 2,5 t/ha obtuvo el valor más alto ($33,15 \pm 2,17$ t/ha). Estas diferencias reflejan un incremento sostenido en la productividad a medida que aumenta la dosis de fertilizante, lo que confirma la relevancia del aporte nutricional externo para maximizar la producción (Tabla 17).

Tabla 18. Resultados de la prueba de hipótesis para rendimiento de forraje (t/ha) en función al tipo de fertilizante

Tipo de fertilizante	Rendimiento de forraje (t/ha)
Fertilizante 1 (0 t/ha).	20,05 ± 1,80 ^e
Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	23,29 ± 0,56 ^d
Fertilizante 3 (1 t/ha)	26,63 ± 1,05 ^c
Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	28,08 ± 0,75 ^{bc}
Fertilizante 5 (2 t/ha).	29,88 ± 2,05 ^b
Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	33,15 ± 2,17 ^a
Error estándar	0,50

Nota. ^{a, b} Promedios ± desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Aunque la interacción periodo × fertilizante no fue significativa, se observó que las dosis altas (2,0 y 2,5 t/ha) mantuvieron los rendimientos más elevados en ambas condiciones hídricas, alcanzando 34,43 t/ha en precipitación alta y 31,88 t/ha en precipitación baja. Esto sugiere que una fertilización adecuada permite sostener altos niveles de producción incluso bajo menor disponibilidad de agua, mientras que las dosis bajas y la ausencia de fertilización mostraron reducciones marcadas, especialmente en periodos de menor precipitación (Tabla 18).

Tabla 19. Comparación para rendimiento de forraje (t/ha) entre el periodo de precipitación y el tipo de fertilizante

Periodo de precipitación	Tito de fertilización	Rendimiento de forraje (t/ha)
Periodo de precipitación alta	Fertilizante 1 (0 t/ha).	20,45 ^{fg}
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	23,68 ^{ef}
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	27,30 ^{cd}
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	28,53 ^{bcd}
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	30,73 ^{bc}
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	34,43 ^a
Periodo de precipitación baja	Fertilizante 1 (0 t/ha).	19,65 ^g
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	22,90 ^{efg}
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	25,95 ^{de}
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	27,63 ^{cd}
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	29,03 ^{bcd}
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	31,88 ^{ab}
Error estándar		0,71

4.3.2. Para la evaluación del valor nutritivo.

a) Porcentaje de proteína (%).

El ANOVA indicó que el tipo de fertilizante afectó significativamente el contenido de proteína cruda en *Tithonia diversifolia* ($p = 0,0476$). El período de precipitación mostró una tendencia cercana a la significancia ($p = 0,0611$), mientras que la interacción período $\times$ fertilizante no fue significativa ($p = 0,5384$), indicando un efecto independiente del fertilizante sobre la proteína (Anexo 1).

Según la prueba de Tukey ($p < 0,05$), el porcentaje de proteína cruda en *Tithonia diversifolia* no presentó diferencias significativas entre los períodos de precipitación alta y baja, con promedios similares de $13,77 \pm 2,55 \%$ y $15,63 \pm 2,77 \%$, respectivamente (Tabla 19).

Tabla 20. Resultados de la prueba de hipótesis para porcentaje de proteína cruda (%) en función al periodo de precipitación

Periodo de precipitación	PC (%)	
Periodo de precipitación alta	$13,77 \pm 2,55^a$	a, b
Periodo de precipitación baja	$15,63 \pm 2,77^a$	
Error estándar	0,64	

Nota. Promedios $\pm$ desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En relación con el tipo de fertilizante, la dosis de 2 t/ha (Fertilizante 5) registró el mayor contenido proteico ($17,47 \pm 3,27 \%$), mientras que la dosis de 0,5 t/ha (Fertilizante 2) mostró el menor valor ($12,21 \pm 0,58 \%$) (Tabla 20). Sin embargo, las diferencias significativas se limitaron a ciertas dosis.

Tabla 21. Resultados de la prueba de hipótesis para el porcentaje de proteína cruda (%) en función al tipo de fertilizante

Tipo de fertilizantes	PC (%)
Fertilizante 1 (0 t/ha).	12,86 ± 0,83 ^{ab}
Fertilizante 2 (0.5 t/ha).	12,21 ± 0,58 ^b
Fertilizante 3 (1 t/ha)	14,60 ± 2,52 ^{ab}
Fertilizante 4 (1.5 t/ha).	16,06 ± 1,75 ^{ab}
Fertilizante 5 (2 t/ha).	17,47 ± 3,27 ^a
Fertilizante 6 (2.5 t/ha).	14,99 ± 3,48 ^{ab}
Error estándar	1,10

Nota: ^{a, b} Promedios ± desviación estándar con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La interacción entre período y fertilizante no evidenció diferencias significativas (Tabla 21), aunque se observó una tendencia hacia mayores porcentajes de proteína en baja precipitación con dosis elevadas, sin alcanzar significancia estadística.

Tabla 22. Comparación para porcentaje de proteína cruda (%) entre el periodo de precipitación y el tipo de fertilizante

Periodo de precipitación	Tito de fertilización	PC (%)
Periodo de precipitación alta	Fertilizante 1 (0 t/ha).	12,92 ^a
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	11,90 ^a
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	14,51 ^a
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	15,00 ^a
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	15,85 ^a
	Fertilizante 6 (2.5 t/ha).	12,44 ^a
Periodo de precipitación baja	Fertilizante 1 (0 t/ha).	12,80 ^a
	Fertilizante 2 (0.5 t/ha).	12,53 ^a
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	14,69 ^a
	Fertilizante 4 (1.5 t/ha).	17,12 ^a
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	19,09 ^a
	Fertilizante 6 (2.5 t/ha).	17,54 ^a
Error estándar		1,56

Nota. ^{a, b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

b) Extracto libre de nitrógeno (%).

El ANOVA evidenció que ni el periodo de precipitación ($p = 0,4965$), ni el tipo de fertilizante ($p = 0,7871$), ni la interacción entre ambos factores ($p = 0,2107$) ejercieron un efecto estadísticamente significativo sobre el porcentaje de extracto libre de nitrógeno (ELN) en *Tithonia diversifolia* (Anexo 1). Los promedios de ELN fueron comparables entre los periodos de precipitación alta ($35,37 \pm 7,15 \%$) y baja ($37,24 \pm 6,06 \%$), sin diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p > 0,05$) (Tabla 22).

Tabla 23. Resultados de la prueba de hipótesis para extracto libre de nitrógeno (%) en función al periodo de precipitación

Periodo de precipitación	ELN (%)
Periodo de precipitación alta	$35,37 \pm 7,15^a$
Periodo de precipitación baja	$37,24 \pm 6,06^a$
Error estándar	1,88

Nota. ^{a, b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

De manera similar, el tipo de fertilizante no provocó variaciones significativas ($p > 0,05$) en el contenido de ELN, presentando valores entre $32,97 \pm 5,27 \%$ (2 t/ha) y $38,76 \pm 5,36 \%$ (1 t/ha) (Tabla 23), siendo las medias estadísticamente homogéneas conforme a Tukey.

Tabla 24. Resultados de la prueba de hipótesis para extracto libre de nitrógeno (%) en función al tipo de fertilizante

Tipo de fertilizantes	ELN (%)
Fertilizante 1 (0 t/ha).	36,07 ± 5,70 ^a
Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	38,73 ± 3,29 ^a
Fertilizante 3 (1 t/ha)	38,76 ± 5,36 ^a
Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	36,43 ± 3,15 ^a
Fertilizante 5 (2 t/ha).	32,97 ± 5,27 ^a
Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	34,87 ± 4,08 ^a
Error estándar	3,25

^{a, b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La interacción entre período y fertilizante tampoco generó diferencias significativas ($p > 0,05$), ya que todas las combinaciones evaluadas mostraron medias con superíndices comunes, lo que indica ausencia de efectos combinados sobre el ELN (Tabla 24).

Tabla 25. Comparación para extracto libre de nitrógeno (%) entre el periodo de precipitación y el tipo de fertilizante

Periodo de precipitación	Tito de fertilización	ELN (%)
Periodo de precipitación alta	Fertilizante 1 (0 t/ha).	31,39 ^a
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	32,44 ^a
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	38,37 ^a
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	41,79 ^a
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	31,75 ^a
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	36,51 ^a
Periodo de precipitación baja	Fertilizante 1 (0 t/ha).	40,76 ^a
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	45,03 ^a
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	39,15 ^a
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	31,08 ^a
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	34,19 ^a
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	33,22 ^a
Error estándar		4,60

Nota. ^{a, b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

c) Fibra detergente neutro (%)

El ANOVA mostró que ni el período de precipitación ($p = 0,0615$), ni el tipo de fertilizante ($p = 0,6344$), ni la interacción entre ambos factores ($p = 0,6343$) tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre el porcentaje de fibra detergente neutro (FDN) en *Tithonia diversifolia* (Cuadro ANOVA).

Los promedios de (FDN) fueron similares entre los períodos de precipitación alta ($53,66 \pm 5,15 \%$) y baja ($49,97 \pm 2,58 \%$), sin diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p > 0,05$) (Tabla 25).

Tabla 26. Resultados de la prueba de hipótesis para FDN (%) en función al periodo de precipitación

Periodo de precipitación	END (%)
Periodo de precipitación alta	$53,66 \pm 5,15^a$
Periodo de precipitación baja	$49,97 \pm 2,58^a$
Error estándar	1,27

Nota. ^{a,b}Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En cuanto al tipo de fertilizante, el contenido de FDN osciló entre $41,33 \pm 3,66 \%$ (sin fertilizante) y $42,01 \pm 1,81 \%$ (0,5 t/ha), sin que estas diferencias fueran estadísticamente significativas (Tabla 26). La prueba de Tukey confirmó la homogeneidad estadística de las medias.

Tabla 27. Resultados de la prueba de hipótesis para FDN (%) en función al tipo de fertilizante

Tipo de fertilizantes	END (%)
Fertilizante 1 (0 t/ha).	41,33 ± 3,66 ^a
Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	42,01 ± 1,81 ^a
Fertilizante 3 (1 t/ha)	40,69 ± 1,40 ^a
Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	41,05 ± 0,83 ^a
Fertilizante 5 (2 t/ha).	40,70 ± 2,08 ^a
Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	41,07 ± 3,38 ^a
Error estándar	2,19

Nota. ^{a, b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La interacción entre período y fertilizante tampoco evidenció diferencias significativas, ya que todas las combinaciones compartieron letras comunes en la prueba de comparaciones múltiples (Tabla 27).

Tabla 28. Comparación para FDN (%) entre periodo de precipitación y tipo de fertilizante

Periodo de precipitación	Tito de fertilización	END (%)
Periodo de precipitación alta	Fertilizante 1 (0 t/ha).	52,08 ^a
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	57,31 ^a
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	53,09 ^a
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	48,47 ^a
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	56,84 ^a
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	54,22 ^a
Periodo de precipitación baja	Fertilizante 1 (0 t/ha).	49,85 ^a
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	52,66 ^a
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	49,01 ^a
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	50,63 ^a
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	47,71 ^a
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	50,00 ^a
Error estándar		3,10

Nota. ^{a, b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

d) Fibra detergente ácida (%)

El ANOVA indicó que el período de precipitación tuvo un efecto marginal sobre el porcentaje de extracto detergente ácido (FDA) ($p =$

0,0506), cercano al nivel de significancia estadística (Anexo 1). Por otro lado, ni el tipo de fertilizante ($p = 0,9464$) ni la interacción entre período y fertilizante ($p = 0,3606$) mostraron efectos significativos sobre el contenido de FDA.

Los promedios de FDA entre el período de precipitación baja ($42,06 \pm 1,15$ %) y alta ($40,22 \pm 2,50$ %) no presentaron diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p > 0,05$) (Tabla 28).

Tabla 29. Resultados de la prueba de hipótesis para EDA (%) en función al periodo de precipitación.

Periodo de precipitación	EDA (%)
Periodo de precipitación alta	$40,22 \pm 2,50^a$
Periodo de precipitación baja	$42,06 \pm 1,15^a$
Error estándar	0,60

Nota. ^{a,b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

De igual forma, el porcentaje de FDA se mantuvo homogéneo entre las dosis de fertilizante evaluadas, con valores entre $40,54 \pm 1,40$ % y $42,01 \pm 1,81$ %, sin diferencias estadísticas (Tabla 29).

Tabla 30. Resultados de la prueba de hipótesis para FDA (%) en función al tipo de fertilizante

Tipo de fertilizantes	FDA (%)
Fertilizante 1 (0 t/ha).	$41,33 \pm 3,35^a$
Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	$42,01 \pm 1,81^a$
Fertilizante 3 (1 t/ha)	$40,54 \pm 1,40^a$
Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	$41,05 \pm 0,83^a$
Fertilizante 5 (2 t/ha).	$40,70 \pm 2,08^a$
Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	$41,07 \pm 3,38^a$
Error estándar	1,04

Nota. ^{a,b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La interacción entre período y tipo de fertilizante tampoco mostró diferencias significativas, ya que todas las combinaciones compartieron letras comunes en la prueba de comparaciones múltiples (Tabla 30).

Tabla 31. Comparación para FDA (%) entre el periodo de precipitación y el tipo de fertilizante

Periodo de precipitación	de	Tito de fertilización	EDA (%)
Periodo de precipitación alta	de	Fertilizante 1 (0 t/ha).	41,07 ^a
		Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	42,56 ^a
		Fertilizante 3 (1 t/ha)	40,02 ^a
		Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	40,33 ^a
		Fertilizante 5 (2 t/ha).	38,97 ^a
		Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	38,36 ^a
Periodo de precipitación baja	de	Fertilizante 1 (0 t/ha).	41,60 ^a
		Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	41,46 ^a
		Fertilizante 3 (1 t/ha)	41,35 ^a
		Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	41,76 ^a
		Fertilizante 5 (2 t/ha).	42,44 ^a
		Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	43,78 ^a
Error estándar			1,47

Nota. ^{a, b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

e) Porcentaje de ceniza (%).

El ANOVA mostró que ni el período de precipitación ($p = 0,5704$), ni el tipo de fertilizante ($p = 0,6150$), ni la interacción entre ambos factores ($p = 0,6431$) tuvieron efectos estadísticamente significativos sobre el porcentaje de cenizas en *Tithonia diversifolia* (Anexo 1).

Los promedios de cenizas fueron similares entre el período de precipitación alta ($11,33 \pm 1,28$ %) y baja ($11,61 \pm 0,84$ %), sin diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p > 0.05$) (Tabla 31).

Tabla 32. Resultados de la prueba de hipótesis para cenizas (%) en función al periodo de precipitación

Periodo de precipitación	Cenizas (%)
Periodo de precipitación alta	11,33 ± 1,28 ^a
Periodo de precipitación baja	11,61 ± 0,84 ^a
Error estándar	0.34

Nota. ^{a, b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

De igual manera, el contenido de cenizas se mantuvo homogéneo entre las diferentes dosis de fertilizante, oscilando entre $10,93 \pm 1,54 \%$ y $11,85 \pm 0,74 \%$, sin diferencias significativas (Tabla 32). La prueba de Tukey confirmó que las medias pertenecen a un mismo grupo estadístico.

Tabla 33. Resultados de la prueba de hipótesis para cenizas (%) en función al tipo de fertilizante

Tipo de fertilizantes	Cenizas (%)
Fertilizante 1 (0 t/ha).	11,61 ± 0,96 ^a
Fertilizante 2 (0.5 t/ha).	11,36 ± 0,88 ^a
Fertilizante 3 (1 t/ha)	11,85 ± 0,74 ^a
Fertilizante 4 (1.5 t/ha).	11,52 ± 1,00 ^a
Fertilizante 5 (2 t/ha).	11,07 ± 1,21 ^a
Fertilizante 6 (2.5 t/ha).	10,93 ± 1,54 ^a
Error estándar	0,58

Nota. ^{a, b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Al analizar la interacción entre período y tipo de fertilizante (Tabla 33), tampoco se detectaron diferencias significativas, dado que todas las combinaciones compartieron letras comunes en la prueba de comparaciones múltiples.

Tabla 34. Comparación para cenizas (%) entre periodo de precipitación y tipo de fertilizante

Periodo de precipitación	Tito de fertilización	Cenizas (%)
Periodo de precipitación alta	Fertilizante 1 (0 t/ha).	12,28 ^a
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	11,40 ^a
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	12,10 ^a
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	11,04 ^a
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	10,99 ^a
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	10,19 ^a
Periodo de precipitación baja	Fertilizante 1 (0 t/ha).	10,95 ^a
	Fertilizante 2 (0,5 t/ha).	11,32 ^a
	Fertilizante 3 (1 t/ha)	12,56 ^a
	Fertilizante 4 (1,5 t/ha).	12,00 ^a
	Fertilizante 5 (2 t/ha).	11,16 ^a
	Fertilizante 6 (2,5 t/ha).	11,66 ^a
Error estándar		0,82

Nota. ^{a, b} Promedios con diferente superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

4.4. Discusión de resultados.

4.4.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico.

a) Altura de la planta (cm).

Diversas investigaciones han demostrado que *Tithonia diversifolia* exhibe un notable potencial de respuesta frente a la disponibilidad de agua y nutrientes. Chukwuka et al. (2007) evidenciaron que, bajo condiciones tanto controladas como de campo, la especie incrementa significativamente su biomasa aérea y radicular cuando se optimiza el suministro hídrico. Asimismo, reportaron un crecimiento superior en ambientes con plena exposición solar y fertilización con NPK, confirmando su marcada sensibilidad al déficit hídrico y su elevada demanda nutricional para expresar un desarrollo vigoroso. Estos hallazgos coinciden con lo observado en el presente estudio, donde el régimen de precipitación y la fertilización influyeron de forma decisiva en la altura de planta.

Adicionalmente, numerosos autores destacan el rol de *T. diversifolia* no solo como forraje, sino también como recurso de alto valor agronómico. Jama et al. (2000) indicaron que su biomasa presenta cerca de 3,5 % de nitrógeno y cantidades relevantes de fósforo y potasio, con una descomposición acelerada que permite la liberación rápida de nutrientes. Este proceso favorece la fertilidad del suelo, reduce la fijación de fósforo y estimula la actividad microbiana, llegando incluso a igualar o superar los efectos de fertilizantes minerales en cultivos como maíz y arroz.

La evidencia científica indica que el rendimiento local de *T. diversifolia* está condicionado por la interacción entre la precipitación y la fertilización con guano de isla. Su uso como forraje de corte resulta relevante para la ganadería regional; no obstante, presenta limitaciones metodológicas, ya que el diseño experimental no considera la variabilidad operativa propia de los sistemas de corte y acarreo. En consecuencia, aunque los resultados permiten mejorar la productividad, su aplicación práctica exige validar la respuesta biológica frente a las dificultades logísticas de cosecha y transporte que enfrenta el productor local.

b) Peso de hojas (g).

La respuesta observada en el peso de hojas confirma la alta plasticidad fisiológica de *Tithonia diversifolia*, característica previamente documentada por Murgueitio et al. (2015), quienes destacan su capacidad para mantener un crecimiento vigoroso en climas tropicales húmedos. El incremento de la biomasa foliar bajo mayores niveles de precipitación puede atribuirse a una mejora en el balance hídrico y a una mayor eficiencia en la absorción y translocación de nutrientes. Esto coincide con lo planteado por Peters et al.

(2010), quienes señalan una relación directa entre la disponibilidad de agua y la productividad de especies forrajeras tropicales.

La fertilización también tuvo un efecto determinante en la expansión foliar y la elongación de tallos. Diversos estudios (FAO, 2014; Ayala et al., 2017) han demostrado que la aplicación de nutrientes esenciales—particularmente nitrógeno, fósforo y potasio estimula de manera significativa la acumulación de biomasa y el contenido proteico en *T. diversifolia*. Estos patrones coinciden con los resultados del presente estudio, donde los niveles crecientes de fertilización promovieron aumentos consistentes en el peso foliar.

La ausencia de un efecto de interacción entre precipitación y fertilización sugiere que ambos factores actuaron de manera independiente sobre la producción foliar. Este comportamiento reafirma lo señalado por Rincón y Sánchez (2019), quienes sostienen que, en especies de rápido crecimiento, los efectos del agua y los nutrientes pueden manifestarse de forma autónoma, aun cuando la disponibilidad hídrica pueda en algunos casos potenciar las respuestas a la fertilización.

En resumen, la combinación de la precipitación y la fertilización con guano de isla incrementó la producción de biomasa, confirmando a *T. diversifolia* como un forraje de corte de importancia estratégica a nivel local. Sin embargo, su aplicación práctica muestra limitaciones metodológicas, ya que el diseño experimental no considera la logística de cosecha y transporte manual, aspectos determinantes que influyen en su adopción como suplemento estratégico ante la variabilidad climática.

c) Peso del tallo (g).

El comportamiento del peso de tallo en *Tithonia diversifolia* frente a variaciones en la precipitación y la fertilización confirma su elevada plasticidad morfofisiológica, rasgo característico de especies adaptadas a ambientes tropicales heterogéneos. Durante el periodo de mayor precipitación, la disponibilidad hídrica favoreció el crecimiento vegetativo, lo cual se tradujo en una mayor acumulación de biomasa estructural. Este patrón concuerda con Ayala et al. (2018), quienes señalan que el incremento de humedad edáfica optimiza la fotosíntesis, la elongación de tejidos y la expansión foliar, promoviendo así un desarrollo más robusto de tallos y hojas.

En relación con la fertilización, la aplicación de nutrientes minerales equilibrados incrementó significativamente la biomasa del tallo. Rivera et al. (2020) destacan que el suministro adecuado de nitrógeno, fósforo y potasio estimula la síntesis de proteínas y carbohidratos estructurales, favoreciendo el crecimiento de tejidos de soporte. Este comportamiento coincide con los hallazgos de Mendoza et al. (2019), quienes reportaron incrementos notables en la biomasa total y en la relación hoja:tallo tras la aplicación de fertilizantes nitrogenados en *Tithonia diversifolia*.

La ausencia de una interacción significativa entre precipitación y fertilización sugiere que ambos factores actuaron de manera independiente. Esta independencia fisiológica podría explicarse por la capacidad de *Tithonia diversifolia* para optimizar el uso de nutrientes aún bajo fluctuaciones moderadas de humedad, lo cual ha sido documentado por Ochoa et al. (2017) en sistemas tropicales de producción. Sin embargo, un

manejo integrado del recurso hídrico y la fertilización permitiría potenciar su rendimiento, especialmente en sistemas intensivos orientados a maximizar la producción de forraje para rumiantes.

Finalmente, los resultados corroboran que *Tithonia diversifolia* constituye una especie estratégica para zonas tropicales húmedas y subhúmedas. Su alta capacidad de rebrote, resiliencia frente a estrés hídrico moderado y elevada productividad estructural respaldan su incorporación en programas de intensificación sostenible de la ganadería, tal como lo han sugerido Murgueitio et al. (2014).

d) Relación hoja tallo (H-T).

En *Tithonia diversifolia*, la ausencia de un efecto significativo de la precipitación y la marcada influencia de la fertilización evidencian una alta plasticidad fenotípica para mantener la estructura foliar frente a variaciones hídricas moderadas, pero con mayor sensibilidad a la disponibilidad de nutrientes. Este comportamiento coincide con patrones estacionales documentados por Uu-Espens et al. (2024), donde la fracción foliar tiende a incrementarse en épocas lluviosas y a disminuir ligeramente en periodos secos, dependiendo del manejo y la edad fisiológica de la planta.

De acuerdo con la teoría de asignación de biomasa, una mayor disponibilidad de nutrientes tiende a favorecer la inversión en tejidos estructurales (tallos), mientras que condiciones limitantes estimulan un mayor desarrollo relativo del área foliar (Poorter et al., 2012). La reducción observada en la H:T a partir de dosis cercanas a 1 t/ha sugiere una redistribución hacia tejidos de soporte, probablemente estimulada por el

aporte de nitrógeno y fósforo. Este patrón coincide con los hallazgos de Jama et al. (2000), quienes reportaron un aumento de la proporción de tallo y de la biomasa total bajo niveles elevados de fertilidad.

Desde una perspectiva de manejo, la fertilización permite modular la arquitectura de la planta orientándola hacia una mayor producción de biomasa estructural, sin alterar de manera significativa la estabilidad de la H:T bajo condiciones de precipitación moderada. Este comportamiento facilita la implementación de sistemas de corte periódico y fertilización, asegurando una producción constante y predecible de biomasa fresca y materia seca.

e) Rendimiento de forraje (t/ha).

El rendimiento forrajero mostró una respuesta marcada a la fertilización, con incrementos significativos hasta las dosis más elevadas evaluadas (2,5 t/ha), mientras que la precipitación ejerció un efecto menos pronunciado y sin interacción con la fertilización. La contundencia de este efecto confirma que la disponibilidad de nutrientes constituye el principal determinante del rendimiento productivo de *T. diversifolia* bajo las condiciones edafoclimáticas del estudio.

Este comportamiento es concordante con estudios realizados en zonas tropicales húmedas, donde *Tithonia diversifolia* ha demostrado tasas de crecimiento superiores a las de pasturas convencionales durante temporadas de alta disponibilidad hídrica, con acumulaciones diarias de materia seca notablemente elevadas (Uu-Espens et al., 2022). Asimismo, investigaciones realizadas en la Sierra Tropical de México evidenciaron que alturas de corte cercanas a 80 cm permiten obtener hasta 2 t MS/ha por

corte—equivalentes a aproximadamente 8 t MS/ha/año (Krüger et al., 2024), lo cual reafirma el alto potencial productivo de la especie.

Los resultados del presente estudio confirman este potencial y demuestran que la fertilización impulsa de forma sólida e independiente el rendimiento forrajero, incluso en escenarios de precipitación moderada o ligeramente reducida. Esto posiciona a *Tithonia diversifolia* como una alternativa altamente eficiente para la producción de forraje en sistemas tropicales que buscan estabilidad productiva y sostenibilidad bajo condiciones de variabilidad climática.

4.4.2. Para la evaluación del valor nutritivo.

a) Porcentaje de proteína (%).

El incremento del contenido de proteína cruda (PC) en *Tithonia diversifolia* observado en este estudio confirma que la calidad nutricional de la especie está fuertemente condicionada por el manejo agronómico y la disponibilidad de nutrientes. Fasuyi et al. (2010) reportan valores naturales entre 18 % y 23,5 % de PC, junto con niveles moderados de fibra, lo que posiciona a la especie como un recurso forrajero de alta calidad. En este sentido, la fertilización contribuye a optimizar la síntesis de compuestos nitrogenados, lo que se traduce en un contenido proteico superior y mayor valor nutricional.

La variabilidad genética también constituye un factor determinante. Rivera et al. (2021) demostraron que ciertos genotipos pueden alcanzar hasta 28,89 % de PC, acompañados de baja fibra detergente neutra y elevada degradabilidad in vitro, lo que evidencia un potencial notable para programas de selección varietal orientados al mejoramiento nutritivo. Este

hallazgo coincide con la literatura sobre especies de rápido crecimiento, donde la variabilidad intraespecífica permite seleccionar materiales con mayor eficiencia nitrogenada.

Asimismo, los procesos biotecnológicos postcosecha ofrecen alternativas para potenciar la calidad proteica. Jamarun et al. (2021) encontraron que la fermentación con *Aspergillus ficuum* eleva la PC hasta 31,02 %, atribuible a la acción enzimática que incrementa la disponibilidad de nitrógeno soluble. En conjunto, la evidencia sugiere que la integración de prácticas agronómicas eficientes, selección genética y tratamientos biotecnológicos permite maximizar de manera sostenible el valor proteico de *T. diversifolia*, consolidándola como un insumo estratégico en programas de intensificación ganadera con enfoque sostenible.

b) Extracto libre de nitrógeno (%)

La estabilidad del extracto libre de nitrógeno (ELN) observada en este estudio coincide con resultados previos que describen un perfil nutricional altamente resiliente en *Tithonia diversifolia*. Sánchez et al. (2017) estimaron valores estables entre 30 % y 35 %, asociados a una elevada proporción de carbohidratos solubles, los cuales constituyen una fuente energética fundamental para rumiantes y contribuyen a mantener una alta digestibilidad de las raciones.

Resultados similares fueron reportados por Wanjiru et al. (2020), quienes destacaron que el ELN se mantiene estable aun bajo diferentes niveles de fertilización y condiciones climáticas, lo que evidencia la baja sensibilidad de esta fracción nutricional frente a variaciones moderadas de precipitación y disponibilidad de nutrientes del suelo. A nivel comparativo,

Chikagwa et al. (2009) subrayaron que *T. diversifolia* presenta un contenido elevado de carbohidratos no estructurales en relación con otros forrajes tropicales, lo que favorece su fermentabilidad ruminal y mejora la eficiencia alimenticia.

La solidez de este parámetro nutritivo ha sido confirmada en evaluaciones más recientes, como las de Putri et al. (2023), quienes señalan que el ELN se mantiene funcionalmente estable bajo diferentes sistemas de manejo, lo que refuerza su utilidad como fuente energética constante. En conjunto, estos antecedentes validan que el ELN de *Tithonia diversifolia* constituye un indicador confiable para formular dietas con aporte energético estable, independientemente de fluctuaciones moderadas en el ambiente o en la fertilización aplicada.

c) Extracto detergente neutro (%)

La homogeneidad observada en el contenido de extracto detergente neutro (EDN) en este estudio revela una estabilidad estructural notable en *Tithonia diversifolia*, incluso en presencia de variaciones moderadas de precipitación y manejo nutricional. Sao et al. (2010) reportaron valores relativamente bajos de fibra neutro detergente (38,4 %), lo que favorece la digestibilidad y sugiere una estructura foliar con proporción adecuada de fibras solubles y celulosa.

Aunque no todos los estudios presentan valores idénticos, existe consenso sobre su capacidad para mantener una composición fibrosa estable. Ribeiro et al. (2016) demostraron que el EDN se mantiene dentro de rangos funcionales adecuados bajo distintas condiciones climáticas y niveles de fertilización, lo cual coincide con los resultados obtenidos en esta

investigación. De forma complementaria, Ramírez et al. (2010) describieron mejoras en digestibilidad y eficiencia de utilización de nutrientes al incluir *Tithonia diversifolia* como suplemento en dietas de bovinos y ovinos, asociadas a su menor carga de fibra estructural respecto a otros forrajes tropicales.

Estos antecedentes muestran que el EDN en *T. diversifolia* es un atributo estable y predecible, lo que refuerza su valor en programas forrajeros orientados a garantizar calidad constante de fibra en la dieta. Rivera et al. (2022) destacan que esta estabilidad nutricional permite su inclusión en sistemas de producción animal que requieren uniformidad en la oferta alimentaria, sin pérdidas significativas en el valor nutritivo ante cambios moderados en el entorno.

d) Extracto detergente ácido (%)

El porcentaje de extracto detergente ácido (EDA) en *Tithonia diversifolia* constituye un indicador crítico de la fracción fibrosa menos digestible, estrechamente asociada con el grado de lignificación y, por ende, con la calidad nutricional del forraje (Van Soest, 1994). La ausencia de variaciones significativas del EDA frente a los niveles de precipitación y fertilización sugiere que estos factores no ejercen un impacto relevante sobre la conformación de la pared celular ni sobre la proporción de fibra de carácter ácido.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Mertens (2009), quien indica que la fracción de fibra ácida muestra una menor sensibilidad a las prácticas de fertilización y a condiciones de estrés hídrico, en comparación con otros componentes nutricionales como la proteína cruda o la fibra

neutro detergente. De forma similar, investigaciones en forrajes tropicales incluyendo *Leucaena leucocephala* y *Pennisetum purpureum* reportan que la lignificación es un proceso estructural relativamente estable, determinado principalmente por la etapa de desarrollo de la planta y menos por las condiciones ambientales inmediatas (Jones et al., 2012).

Desde una perspectiva aplicada, la estabilidad del EDA implica que los esfuerzos por mejorar la calidad nutritiva de *Tithonia diversifolia* deben orientarse hacia componentes más sensibles al manejo, como el incremento de proteína cruda o la reducción de la fibra neutro detergente, los cuales responden de manera más evidente a la fertilización nitrogenada y al manejo hídrico (McDonald et al., 2011). Asimismo, la constancia del EDA facilita la formulación de dietas más previsibles y equilibradas, favoreciendo una fermentación ruminal eficiente (Van Soest, 1994).

e) Ceniza (%)

El contenido de cenizas refleja la concentración total de minerales inorgánicos presentes en el forraje, elementos esenciales para múltiples funciones fisiológicas y metabólicas en los rumiantes (NRC, 2001). La estabilidad observada en el porcentaje de cenizas, pese a las variaciones en precipitación y niveles de fertilización, indica que estos factores no modifican de forma significativa la acumulación mineral en *Tithonia diversifolia*.

Este comportamiento coincide con lo reportado en diversas especies forrajeras tropicales, donde la concentración mineral presenta escasa variación frente a fluctuaciones ambientales o prácticas agronómicas. Ello se debe a que la absorción y acumulación de minerales está regulada por

mecanismos fisiológicos internos y no responde de manera lineal a la disponibilidad externa o al estrés hídrico moderado (Jumba *et al.*, 1996; Cabral *et al.*, 2021).

Desde el enfoque nutricional, un contenido de cenizas estable garantiza un aporte mineral consistente para sostener la salud y productividad animal, evitando variaciones que puedan comprometer la digestibilidad, el metabolismo o el balance mineral dietético (McDonald *et al.*, 2011). No obstante, dado que la concentración mineral no mostró respuesta a los tratamientos evaluados, se recomienda considerar estrategias complementarias—como la suplementación mineral específica o ajustes en el manejo del suelo—en sistemas donde las deficiencias minerales constituyan una limitante productiva.

CONCLUSIONES

A. Para la evaluación del comportamiento agronómico.

El comportamiento agronómico de *Tithonia diversifolia* reafirma su importancia como especie estratégica para la seguridad forrajera, en la que la interacción entre la precipitación y la fertilización orgánica define el límite productivo del sistema. Más allá de los valores de rendimiento, se evidencia que la aplicación dirigida de guano de isla funciona como un mecanismo de compensación fisiológica, permitiendo mantener una oferta estable de biomasa de corte durante periodos de escasez hídrica. Esta capacidad de plasticidad estructural, junto con una respuesta dependiente de la dosis en la acumulación de materia seca, demuestra que un manejo nutricional integrado no solo incrementa la productividad local, sino que también fortalece la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas forrajeros frente a la variabilidad climática regional.

B. Para el valor nutritivo:

La calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* está determinada por su marcada respuesta del contenido proteico frente al manejo orgánico de la nutrición, mientras que sus fracciones energéticas y minerales se mantienen relativamente estables pese a la variación hídrica estacional. Esta condición permite considerar a la especie como una reserva proteica resiliente, en la cual la fertilización con guano de isla facilita la obtención de un forraje de corte con alto valor biológico y composición más uniforme. En este sentido, el manejo técnico debe centrarse en la nutrición orgánica no solo para mejorar los rendimientos productivos, sino principalmente como estrategia clave para incrementar la concentración proteica, asegurando así un suplemento forrajero de calidad constante para la ganadería local durante todo el año.

RECOMENDACIONES

A. Para el comportamiento agronómico:

Se sugiere aplicar dosis intermedias de fertilización orgánica con guano de isla, ya que constituyen el nivel óptimo que equilibra la producción de biomasa de corte con el costo asumido por el productor. Esta práctica favorece una mayor rentabilidad del sistema al disminuir la dependencia de insumos externos de alto costo y contribuye a mantener la sostenibilidad económica y productiva de la unidad ganadera ante la variabilidad climática de la zona.

B. Para el valor nutritivo:

Se recomienda priorizar niveles moderados de fertilización orgánica enfocados en incrementar el contenido proteico, al constituir la alternativa de suplementación más costo-efectiva para el productor local. Considerando que las fracciones fibrosas y minerales se mantienen relativamente constantes, el aprovechamiento eficiente del guano de isla permite obtener un forraje de corte con alta concentración nutricional y un menor costo por kilogramo de proteína frente al uso de fertilizantes sintéticos, mejorando así la eficiencia económica de las dietas en los sistemas productivos de la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, M. G., & Orozco, O. (2006). Arreglo alimenticio con especies forrajeras alternativas *Tithonia diversifolia* (Botón de oro) y *Morus* sp. (Morera) en cabras. *Sistemas Agroecológicos*, 3(1), 54–62.
- <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/654/702>
- Ayala, A., Gómez, R., & Martínez, P. (2017). Respuesta productiva de *Tithonia diversifolia* a la fertilización nitrogenada en condiciones tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 30(2), 140–148.
- Ayala, A., Ramírez, F., & Gómez, J. (2018). Respuesta productiva de *Tithonia diversifolia* a la disponibilidad de agua en zonas tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 31(2), 85–94.
- Cabral, C. E. A., Motta, A. M., Santos, A. R. M., Gomes, F. J., Pedreira, B. C., & Cabral, C. H. A. (2021). Effects of timing of nitrogen fertilizer application on responses by tropical grasses. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales*, 9(2), 182–191.
- [https://doi.org/10.17138/TGFT\(9\)182-191](https://doi.org/10.17138/TGFT(9)182-191)
- Calvo, R. G. (2016, septiembre 28). *Botón de oro para alimentar animales*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Recuperado de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/drocc-hoja-divulgativa-30-2016.pdf>
- Cardona-Iglesias, J. L., & Angulo-Arizala, L. M. (2017). Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de *Tithonia diversifolia*, *Cenchrus clandestinum* y grasas poliinsaturadas. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 405–415. Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1659-13212017000200405
- Carmona, J. L., Mahecha, L., & Angulo, J. (2019). *Desempeño agronómico y valor nutritivo de Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray para la alimentación de bovinos (Vol. 11).

Universidad de Sucre.

- Chikagwa-Malunga, S. S., Adesogan, A. T., Sollenberger, L. E., & Szabo, N. J. (2009). Nutritional characterization of tropical legume and non-legume forages. *Animal Feed Science and Technology*, 149(3–4), 252–268.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.10.009>
- Chukwuka, K. S., Ogunyemi, S., Osho, J. S. A., Atiri, G. I., & Moughalu, J. I. (2007). Eco-physiological responses of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray in nursery and field conditions. *Journal of Biological Sciences*, 7(5), 771–775.
<https://doi.org/10.3923/jbs.2007.771.775>
- Díaz, V. A. (2014, octubre 29). *Banco forrajero de botón de oro (Tithonia diversifolia)*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Recuperado de http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/banco_forrajero_boton_oro.pdf
- FAO. (2014). *Producción y utilización de forrajes tropicales*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fasuyi, A. O., Ibitayo, F. J., & Fasuyi, A. O. (2010). Biochemical evaluation of *Tithonia diversifolia* leaves as a feed resource for livestock. *African Journal of Plant Science*, 4(11), 365–373. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/c4b1/4ee033ae0499eec74f726ad49c6c96f08073.pdf>
- Gallego-Castro, L. A., & Mahecha-Ledesma, L. M. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 179–190. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/437/43731480017.pdf>
- García, E., Medina, M. G., Cova, M., Torres, S., Soca, M., & Baldizán, A. (2008). Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas

agrosilvopastoriles en el Estado Trujillo, Venezuela. *Pastos y Forrajes*, 31(3), 1–10.

Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119697006>

GeoNanes. (2023). *El clima y el tiempo promedio en Oxapampa durante todo el año*. Weather

Gonzales, K. (2018, febrero 14). *El botón de oro (Tithonia diversifolia) en cercas vivas y potreros*. Pastos y Forrajes. Recuperado de <https://zoovetesmipasion.com/pastos-y-forrajes/boton-de-oro>

Gutiérrez-Castro, L., & Hurtado-Nery, V. (2019). Uso de harina de follaje de *Tithonia diversifolia*. *Orinoquia*, 23(2), 56–66. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v23n2/0121-3709-rori-23-02-56.pdf>

Jama, B., Palm, C. A., Buresh, R. J., Niang, A., Gachengo, C., Nziguheba, G., & Amadalo, B. (2000). *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: A review. *Agroforestry Systems*, 49, 201–221. <https://doi.org/10.1023/A:1006339025728>

Jama, C. A. (2020). *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: A review. *Agroforestry Systems*. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006339025728>

Jamarun, N., Agustin, N., Nurhaita, N., Yanti, Y., & Martini, M. (2021). Nutritional content of *Tithonia diversifolia* fermented with *Aspergillus ficuum* and *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Research in Agriculture and Animal Science*, 8(2), 39–42. <https://www.questjournals.org/jraas/papers/v8-i2/G08023942.pdf>

Jones, R. J., Powell, J. M., & Huhnke, R. L. (2012). Impact of environmental factors on fiber digestibility in tropical forage species. *Tropical Grasslands*, 46(3), 180–192.

Jumba, I. O., Suttle, N. F., & Wandiga, S. O. (1996). Mineral composition of tropical forages in the Mount Elgon region of Kenya. 1. Macro-minerals. *Tropical Agriculture*, 73(2).

<https://journals.sta.uwi.edu/ojs/index.php/ta/article/view/2555>

- Kato-Noguchi, H. (2020). Involvement of allelopathy in the invasive potential of *Tithonia diversifolia*. *Plants*, 9(6), 766. <https://doi.org/10.3390/plants9060766>
- Kester, H. H. (1987). *Propagación de plantas: Principios y prácticas* (1.^a ed.). Compañía Editorial Continental.
- Krüger, A. M., Lima, P. de M. T., Ovani, V., Pérez-Marquéz, S., Louvandini, H., & Abdalla, A. L. (2024). Ruminant grazing lands in the tropics: Silvopastoral systems and *Tithonia diversifolia* as tools with potential to promote sustainability. *Agronomy*, 14(7), 1386. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071386>
- Ku-Vera, J. C., Jiménez-Ocampo, R., Valencia-Salazar, S. S., Montoya-Flores, M. D., Molina-Botero, I. C., Arango, J., & Gómez, L. M. (2018). Role of secondary plant metabolites on enteric methane mitigation in ruminants. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 69.
- Laguna, B. Z. (2021). *Botón de oro (Tithonia diversifolia) como alternativa sostenible en granjas de producción con especies de interés zootécnico en Colombia* (Tesis). Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Lezcano, Y., Soca, M., Ojeda, D. F., Montejo, S., & Cubillas, M. (2012). Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 123–132. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269125186003.pdf>
- Louis, N. G. (1976). *Flora of Guatemala*. Field Museum of Natural History. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.2402>
- Mahecha, L., & Rosales, M. (2005). Potencial de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray como planta forrajera. *Livestock Research for Rural Development*, 17(9).
- Mancero, M., Beltran, L., & Quiroga, L. (2019). Influencia de la Fertilización en la Calidad del

Suelo de Cultivo de Maiz - Caso Loreto. European Scientific Journal ESJ.
<https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n9p51>.

Martínez, M. (1976). *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Fondo de Cultura Económica.

McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., & Morgan, C. A. (2011). *Animal nutrition* (7th ed.). Pearson.

Medina, M. G., Mahecha, L., Angulo, J., & Rosales, M. (2009). Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* y su utilización en la alimentación animal. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(1), 58–65.

Medina, M., García, D., González, M., & Moratinos, L. C. (2009). Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical*, 27(2), 89–99.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692009000200003

Mendoza, C., Pérez, L., & Duarte, M. (2019). Efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad de *Tithonia diversifolia*. *Agroforestería en las Américas*, 54(1), 25–32.

Menor Llatas, J. R. (2020). Guano de islas en el abonamiento de alfalfa, variedad Bacum, en el caserío de LLasavilca Centro, provincia de Chota–Cajamarca-2016.

Mertens, D. R. (2009). Fiber characteristics and their influence on forage quality. *Journal of Animal Science*, 87(14 Suppl), E40–E50. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1130>

Meza, J. T. (1974). *Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba*. Editorial Científico-Técnica.

Montero de la Cueva, K. M. (2019). Evaluación del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la alimentación de cuyes. *IDESIA*, 37(4), 5–12.
<https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v37n4/0718-3429-idesia-37-04-5.pdf>

- Morales, E., Rubí-Arriaga, M., López-Sandoval, J., Martínez-Campos, Á., & Morales-Rosales, E. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. 10, 1875-1886. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1732>.
- Moreira, J. V., & Vélez, A. T. (2019). Evaluación del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la alimentación de cuyes. *IDESIA*, 37(4), 5–12. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292019000400005
- Murgueitio, E., & Gómez, M. R. (1999). *Agroforestería para la producción animal sostenible*. CIPAV.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2015). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 333, 76–84.
- Murgueitio, E., Chará, J., Solarte, A., & Barahona, R. (2014). Sistemas silvopastoriles y su contribución a la ganadería sostenible en América Latina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27(3), 230–240.
- Murgueitio, S. O. (2002). *Tres especies vegetales promisorias: Nacedero, Trichanthera gigantea; Botón de oro, Tithonia diversifolia; y Bore, Alocasia macrorrhiza*. CIPAV.
- Murgueitio, Z. C. (2014, octubre 10). El botón de oro: Arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña. *Engormix*. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/boton-oro-arbusto-gran-t31797.htm>
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th rev. ed.). National Academies Press.
- Navas, A. (2019). Comportamiento de *Tithonia diversifolia* bajo condiciones de bosque

- húmedo tropical. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*.
<https://www.researchgate.net/publication/334504457>
- Nziguheba, G., Merckx, R., Palm, C. A., & Mutuo, P. (2000). Combining *Tithonia diversifolia* and fertilizers for maize production in a phosphorus-deficient soil in Kenya. *Agroforestry Systems*, 48(3), 171–182.
- Ochoa, J., Martínez, P., & Ríos, L. (2017). Eficiencia en el uso de nutrientes de *Tithonia diversifolia* bajo diferentes regímenes hídricos. *Pasturas Tropicales*, 39(1), 14–22.
- Olivera-Tacora, L., Salcedo-Mayta, S., Canihua-Rojas, J., Quispe-Huincho, M., & La Cruz, R. (2022). The use of cover crops with *Vicia sativa* and application of island guano in the improving soil fertility and yield of *Chenopodium pallidicaule*. *Agroindustrial Science*.
<https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.02.02>.
- Panadero, A. N., & Brand, A. T. (2014). Comportamiento productivo de *Tithonia diversifolia* en bancos forrajeros bajo condiciones de suelos de piedemonte llanero. Universidad de La Salle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/266/>
- Pérez, A., Montejo, I., Iglesias, J., López, O., Martín, G., García, D., ... Hernández. (2009, marzo). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 32, 16.
- Peters, M., Franco, L., Schmidt, A., Hincapié, B., Schmidt, A., & Valle, C. (2010). *Forrajes para el trópico: Especies y variedades de uso potencial en sistemas de producción animal*. CIAT.
- Poorter, H., Niklas, K. J., Reich, P. B., Oleksyn, J., Poot, P., Mommer, L., ... Sack, L. (2012). Biomass allocation to leaves, stems and roots: Meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193(1), 30–50.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x>
- Premaratne, S., Bruchem, J. van, Chen, X. B., Perera, H. G., & Oosting, S. J. (1998). Effects of type and level of forage supplementation on voluntary intake, digestion, rumen

- microbial protein synthesis and growth in sheep fed a basal diet of rice straw and cassava. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*.
<https://www.animbiosci.org/journal/view.php?number=19341>
- Putri, E. M., Pazla, R., Jamarun, N., Agustin, F., Yanti, G., Ikhlas, Z., ... Lestari, P. (2023). Optimizing ruminant feed efficiency: The synergistic effects of BMR sorghum and *Tithonia diversifolia* on nutrient digestibility, rumen function, and methane mitigation. *Tropical Animal Science Journal*, 46(4), 433–444.
<https://doi.org/10.5398/tasj.2023.46.4.433>
- Quintero, V., & Peláez, G. G. (2007). Evaluación de la harina de botón de oro en dietas para conejos en etapa de crecimiento. *Acta Agronómica*, 56(4).
- Quispe Peña, Y. (2012). Abonamiento con guano de isla y fertilizantes sintéticos en cinco especies de pastos naturales en Ccarhuaccpampa (Ayacucho) 4000 msnm.
- Ramírez-Rivera, U., Sangines-García, J. R., Escobedo-Mex, J. G., Cen-Chuc, F., Rivera- Lorca, J. A., & Lara-Lara, P. E. (2010). Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforestry Systems*, 80, 295–302.
- Ribeiro, R. S., Terry, S. A., Sacramento, J. P., Silveira, S. R. E., Bento, C. B. P., da Silva, E. F., ... Chaves, A. V. (2016). *Tithonia diversifolia* as a supplementary feed for dairy cows. *PLOS ONE*, 11(12), e0165751. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165751>
- Rincón, A., & Sánchez, J. (2019). Interacción entre riego y fertilización en cultivos forrajeros tropicales. *Agroforestería Neotropical*, 9(1), 25–34.
- Ríos, H. (1993). *Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la producción de biomasa del botón de oro (Tithonia diversifolia)*. Universidad del Cauca.
- Rivera, F., Gómez, H., & López, D. (2020). Fertilización mineral y orgánica en el desarrollo de *Tithonia diversifolia*. *Revista Agroforestería y Biodiversidad*, 3(2), 45–53.

- Rivera, J. E., Ruíz, T. E., Chará, J., Gómez-Leyva, J. F., & Barahona, R. (2021). Biomass production and nutritional properties of promising genotypes of *Tithonia diversifolia*. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales*, 9(3), 291–301. [https://doi.org/10.17138/tgft\(9\)291-301](https://doi.org/10.17138/tgft(9)291-301)
- Rivera, J. E., Villegas, G., Chará, J., Durango, S. G., Romero, M. A., & Verchot, L. (2022). Effect of *Tithonia diversifolia* intake on in vivo methane emission and milk production in dual-purpose cows. *Translational Animal Science*, 6(4), txac139. <https://doi.org/10.1093/tas/txac139>
- Rodríguez, B., Savón, L., Vázquez, Y., & Herrera, R. (2019). Comportamiento productivo de pollos de engorde alimentados con harina de forraje de *Tithonia diversifolia*. *Livestock Research for Rural Development*, 32(2).
- Royal Botanic Gardens, Kew. (2026). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Plants of the World Online*. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:255747-1/general-information>
- Román-Miranda, M., Mora-Santacruz, A., Avendaño-López, A., & Sánchez-Martínez, J. (2020). Chemical composition of *Tithonia diversifolia* and diversity of uses in rural areas. *ECORFAN Journal–Ecuador*. <https://doi.org/10.35429/EJE.2020.12.7.23.33>
- Rosales, L. M. (2005). *Valor nutricional del follaje de Botón de Oro (Tithonia diversifolia) en la producción animal en el trópico*. Universidad de Antioquía.
- Ruíz, T., Febles, G. J., Galindo, J. L., Savón, L. L., Chongo, B. B., Torres, V., ... Zamora. (2014). *Tithonia diversifolia, sus posibilidades en sistemas ganaderos* (Vol. 48). Instituto de Ciencia Animal.
- Ruiz, T., Torres, V., Febles, G., & González, D. (2018). Estudio del comportamiento de ecotipos destacados de *Tithonia diversifolia* en relación con componentes

- morfológicos. *Livestock Research for Rural Development*, 25(9).
- Salazar, C. I. (1995). *Botón de oro (Tithonia diversifolia) como fuente proteica alternativa para el trópico*. CIPAV-IMCA.
- Sampaio, B., Edrada-Ebel, R., & Da Costa, F. (2016). Effect of the environment on the secondary metabolic profile of *Tithonia diversifolia*: A model for environmental metabolomics of plants. *Scientific Reports*, 6, 29265. <https://doi.org/10.1038/srep29265>
- Sánchez, M. E., Pérez, A. R., & González, J. L. (2017). Nutritional quality and in vitro digestibility of *Tithonia diversifolia* under different fertilization regimes. *Journal of Tropical Forage Science*, 4(2), 123–130.
- Sao, V. N., Mui, N. T., & Binh, V. (2010). Biomass production of *Tithonia diversifolia*, soil improvement on sloping land and use as high protein foliage for feeding goats. *Livestock Research for Rural Development*, 22. SENAMHI. (2021). *Climas del Perú – Mapa de Clasificación Climática Nacional*.
- Soto, M. L., Molina, F., González, I., & Sánchez, J. G. (2012). Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia*. *Zootecnia Tropical*, 30(4).
- Spark. (s.f.). *Clima promedio en Oxapampa, Perú durante todo el año*.
- Tagne, A., Marino, F., & Cosentino, M. (2018). *Tithonia diversifolia* as a medicinal plant: A comprehensive review. *Journal of Ethnopharmacology*, 220, 94–116. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.03.025>
- Uu-Espens, C., Canul-Solís, J. R., Chay-Canul, A. J., Piñeiro-Vázquez, A. T., Villanueva- López, G., Aryal, D. R., ... Casanova-Lugo, F. (2022). Seasonal variation in biomass yield and quality of *Tithonia diversifolia* at different cutting heights. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3), e3252. <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3252>
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2.^a ed.). Cornell University Press.

Vargas, A. (1992). *Evaluación de aceptación del botón de oro en la dieta de ovejas de pelo*.

Manuscrito no publicado.

Valladares, J., Zárate, A., Cruz, R., Gaspar, A., & Mendoza, C. (2020). The combined application of organic fertilizers improves the physical properties of soil associated to quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivation. *Scientia Agropecuaria*. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.12>.

Viloria, F. M. (2020). Ficha técnica: Botón de oro (*Tithonia diversifolia*). *Pastos y Forrajes*.

Wanjiru, S. K., Mbugua, D. M., & Njoka, J. T. (2020). Effect of soil fertility and climate on nutritional composition of *Tithonia diversifolia*. *African Journal of Agricultural Research*, 15(8), 1095–1103. <https://doi.org/10.5897/AJAR2020.14879>

Williams, D. G. (1976). *Flora of Guatemala*. Field Museum of Natural History.

Zamora, L. G., Sabando-Avilés, F. A., Carrillo, J. F., Jiménez, J. L., & Bone, E. M. (2019). Valoración nutricional de *Tithonia diversifolia* en la alimentación de conejos neozelandés. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Zamora, P., & Lissette, J. (2019). Composición química, degradabilidad y cinética ruminal in situ del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en diferentes periodos de corte. *Journal of Animal Science Research*, 5(3).

ANEXOS:

ISNTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Anexo 1. Ficha de registro de datos de campo

Época de precipitación	Niveles de fertilización	Interacción (Época/nivel fertilización)	Repetición (parcelas)			
			R1	R2	R3	R4
P1	F1	P1F1				
	F2	P1F2				
	F3	P1F3				
	F4	P1F4				
	F5	P1F5				
	F6	P1F6				
P2	F1	P2F1				
	F2	P2F2				
	F3	P2F3				
	F4	P2F4				
	F5	P2F5				
	F6	P2F6				

Nota: P1: periodo de precipitación alta; P2: periodo de precipitación baja. F1: fertilizante 1 (0 t/ha); F2: fertilizante 2 (0.5 t/ha); F3: fertilizante 3 (1.0 t/ha);

F4: fertilizante 4 (1.5 t/ha); F5: fertilizante 5 (2.0 t/ha); F6: fertilizante 6 (2.5 t/ha); R1: Parcela 1; R2: Parcela 2; R3: Parcela 3; R4: Parcela 4.

Anexo 2. Cuaderno de campo

Primera Medición					
T1F1					
R1T1		R6T1		R10T1	
M	10	M	8	M	11
R	33	R	18	R	43
R2T1		R7T1		R11T1	
M	7	M	8	M	3
R	51	R	29	R	27
R3T1		R8T1		R12T1	
M	9	M	6	M	14
R	57	R	55	R	49
R4T1		R9T1		R13T1	
M	8	M	9	M	7
R	44	R	46	R	32
R5T1					
M	8				
R	52				

Primera Medición					
T6F2					
R1T6		R5T6		R10T1	
M	10	M	6	M	15
R	53	R	39	R	69
R2T6		R6T6		R11T1	
M	6	M	10	M	10
R	34	R	41	R	51
R3T6		R7T6		R12T1	
M	10	M	1	M	8
R	38	R	13	R	39
R4T6		R8T6		R13T1	
M		M	3	M	6
R	53	R	22	R	34
		R9T1			
		M	12		
		R	48		

Primera Medición					
T2F3					
R1T2		R7T2		R12T2	
M	10	M	9	M	14
R	76	R	53	R	42
R2T2		R8T2		R13T2	
M	4	M	7	M	25
R	39	R	39	R	40
R3T2		R9T2		R14T2	
M	18	M	4	M	4
R	74	R	44	R	36
R4T2		R10T2		R15T2	
M	13	M	9	M	7
R	70	R	44	R	27
R5T2		R11T2		R16T2	
M	14	M	12	M	5
R	65	R	83	R	9
R6T2					
M	5				
R	36				

T3F4					
R1T3		R6T3		R11T3	
M	18	M	8	M	12
R	56	R	65	R	28
R2T3		R7T3		R12T3	
M	10	M	10	M	21
R	33	R	51	R	54
R3T3		R8T3		R13T3	
M	13	M	19	M	16
R	41	R	69	R	61
R4T3		R9T3		R14T3	
M	9	M	12	M	15
R	27	R	41	R	22
R5T3		R10T3		R15T3	
M	21	M	13	M	27
R	42	R	25	R	112

T3F3					
R1T3		R7T3		R12T3	
M	2	M	8	M	17
R	14	R	51	R	49
R2T3		R8T3		R13T3	
M	16	M	8	M	17
R	51	R	57	R	33
R3T3		R9T3		R14T3	
M	13	M	11	M	9
R	89	R	43	R	50
R4T3		R10T3		R15T3	
M	9	M	8	M	10
R	48	R	76	R	38
R5T3		R11T3		R16T3	
M	11	M	10	M	14
R	62	R	74	R	50
R6T3				R17T3	
M	14			M	2
R	62			R	12
				R18T3	
				M	14
				R	55

T2F1					
R1T2		R6T2		R11T2	
M	7	M	8	M	7
R	33	R	51	R	39
R2T2		R7T2		R12T2	
M	10	M	7	M	9
R	28	R	47	R	49
R3T2		R8T2		R13T2	
M	11	M	14	M	7
R	65	R	62	R	37
R4T2		R9T2		R14T2	
M	3	M	4	M	5
R	21	R	32	R	41
R5T2		R10T2		R15T2	
M	13	M	9	M	9
R	72	R	53	R	53
				R16T2	
				M	6
				R	50

T4F4					
R1T4		R6T4		R11T4	
M	11	M	13	M	9
R	40	R	39	R	31
R2T4		R7T4		R12T4	
M	19	M	6	M	20
R	68	R	44	R	83
R3T4		R8T4		R13T4	
M	13	M	12	M	17
R	53	R	16	R	53
R4T4		R9T4		R14T4	
M	20	M	12	M	22
R	98	R	56	R	44
R5T4		R10T4		R15T4	
M	18	M	16	M	37
R	84	R	65	R	65
				R15T4	
				M	23
				R	70
				R17T4	
				M	17
				R	61

T1F2					
R1T1		R4T1		R10T1	
M	5	M	9	M	11
R	37	R	47	R	53
R2T1		R5T1		R11T1	
M	9	M	12	M	6
R	53	R	64	R	38
R3T1		R6T1		R12T1	
M	7	M	8	M	6
R	45	R	50	R	38
		R7T1		R13T1	
		M	11	M	6
		R	59	R	41
		R8T1		R14T1	
		M	7	M	3
		R	61	R	32
		R9T1		R15T1	
		M	10	M	5
		R	48	R	48

T5F4					
R1T5		R7T5		R13T5	
M	10	M	16	M	33
R	30	R	79	R	40
R2T5		R8T5		R14T5	
M	16	M	15	M	12
R	52	R	71	R	49
R3T5		R9T5		R15T5	
M	17	M	14	M	31
R	48	R	64	R	69
R4T5		R10T5		R16T5	
M	12	M	5	M	21
R	36	R	27	R	46
R5T5		R11T5		R17T5	
M	8	M	16	M	27
R	43	R	50	R	49
R6T5		R12T5			
M	27	M	15		
R	61	R	45		

T3F1					
T4F1					
R1T4		R6T4		R11T4	
M	5913	M	373	M	533
R	61	R	51	R	73 55
R2T4		R7T4		R12T4	
M	456	M	346	M	49
R	47	R	42	R	73 61
R3T4		R8T4		R13T4	
M	3112	M	436	M	38
R	78	R	47	R	73 63
R4T4		R9T4		R14T4	
M	5710	M	254	M	56
R	81	R	39	R	73 43
R5T4		R10T4		R15T4	
M	6511	M	449	M	280
R	71	R	51	R	73 67
		M	8	M	10
		R	40	R	29

T2F2					
T3F2					
R1T3		R5T3		R8T3	
M	42	M	53	M	96
R	72 56	R	72 67	R	472 68
R2T3		R6T3		R9T3	
M	45	M	48	M	182
R	72 41	R	72 54	R	572 47
R3T3		R7T3		R10T3	
M	39	M	91	M	129
R	72 46	R	72 59	R	672 91
R4T3		R11T3		R12T3	
M	56	M	7	M	187
R	72 17	R	49	R	772 97
R5T3		R12T3		R13T3	
M	9	M	6	M	173
R	49	R	54	R	10
R6T3		R13T3		R14T3	
M	4	M	8		
R	33	R	61		

T4F3					
T5F3					
R1T5		R5T5		R9T5	
M	1044	M	3 43	M	13 17
R	52	R	874 5	R	13741
R2T5		R6T5		R10T5	
M	619	M	7 21	M	16 56
R	44	R	974 27	R	14745
R3T5		R7T5		R11T5	
M	654	M	6 41	M	16 35
R	46	R	107432	R	15746
R4T5		R8T5		R12T5	
M	233	M	8 31	M	14 5
R	8	R	117435	R	16746
R5T5		R9T5		R13T5	
M	19	M	7	M	15 63
R	29	R	57	R	17748
R6T5		R10T5		R14T5	
M	5			M	9
R	36			R	35

T6F4					
R1T6		R5T6		R10T1	
M	10	M	12	M	26
R	46	R	73	R	76
R2T6		R6T6		R11T1	
M	13	M	7	M	18
R	54	R	36	R	51
R3T6		R7T6		R12T1	
M	31	M	12	M	16
R	37	R	47	R	73
R4T6		R8T6		R13T1	
M	14	M	13	M	24
R	45	R	44	R	60
R5T6		R9T1		R14T1	
		M	14		
		R	43		

T5F1					
R1T5		R7T5		R13T5	
M	8	M	7	M	4
R	55	R	36	R	39
R2T5		R8T5		R14T5	
M	11	M	8	M	3
R	67	R	37	R	16
R3T5		R9T5		R15T5	
M	13	M	3	M	8
R	112	R	20	R	62
R4T5		R10T5		R16T5	
M	12	M	4	M	6
R	64	R	25	R	43
R5T5		R11T5		R17T5	
M	15	M	9	M	7
R	52	R	51	R	54
R6T5		R12T5		R18T5	
M	7	M	10	M	7
R	56	R	63	R	61

T4F2					
R1T4		R7T4		R13T4	
M	9	M	11	M	9
R	58	R	79	R	53
R2T4		R8T4		R14T4	
M	4	M	8	M	9
R	33	R	64	R	41
R3T4		R9T4		R15T4	
M	12	M	6	M	13
R	118	R	51	R	55
R4T4		R10T4		R16T4	
M	9	M	7	M	8
R	51	R	57	R	57
R5T4		R11T4		R17T4	
M	6	M	6		
R	48	R	34		
R6T4		R12T4		R18T4	
M	10	M	8		
R	81	R	69		

T6F3					
R1T6		R7T6		R12T6	
M	11	M	10	M	17
R	50	R	34	R	52
R2T6		R8T6		R13T6	
M	8	M	12	M	12
R	36	R	49	R	36
R3T6		R9T6		R14T6	
M	10	M	6	M	14
R	57	R	49	R	42
R4T6		R10T6		R15T6	
M	11	M	6	M	9
R	34	R	17	R	29
R5T6		R11T6		R16T6	
M	16	M	7	M	4
R	23	R	27	R	17
R6T6					
M	12				
R	48				

T1F4					
R1T1		R6T1		R12T1	
M	7	M	10	M	23
R	22	R	53	R	52
R2T1		R7T1		R13T1	
M	13	M	14	M	20
R	58	R	69	R	74
R3T1		R8T1		R14T1	
M	20	M	5	M	12
R	61	R	25	R	47
R4T1		R9T1		R15T1	
M	8	M	14	M	12
R	33	R	39	R	64
R5T1		R10T1		R16T1	
M	15	M	15	M	26
R	53	R	61	R	59
		R11T1			
		M	8		
		R	30		

T6F1					
R1T6		R7T6		R13T6	
M	9	M	15	M	7
R	87	R	54	R	39
R2T6		R8T6		R14T6	
M	5	M	17	M	8
R	37	R	56	R	49
R3T6		R9T6		R15T6	
M	1	M	11	M	14
R	7	R	61	R	37
R4T6		R10T6		R16T6	
M	12	M	16	M	3
R	67	R	35	R	20
R5T6		R11T6		R17T6	
M	7	M	10	M	11
R	52	R	46	R	29
R6T6		R12T6		R18T6	
M	3	M	4	M	16
R	56	R	40	R	47

T5F2					
R1T5		R8T5		R14T5	
M	8	M	11	M	5
R	37	R	28	R	29
R2T5		R9T5		R15T5	
M	7	M	18	M	4
R	41	R	42	R	31
R3T5		R10T5		R16T5	
M	15	M	4	M	28
R	55	R	38	R	49
R4T5		R11T5		R17T5	
M	8	M	10	M	4
R	61	R	50	R	41
R5T5		R12T5		R18T5	
M	19	M	7	M	4
R	37	R	56	R	13
R6T5		R13T5		R19T5	
M	10	M	10	M	9
R	49	R	44	R	29
R7T5				R20T5	
M	13			M	14
R	45			R	26

T1F3					
R1T1		R7T1		R14T1	
M	7	M	12	M	11
R	19	R	42	R	45
R2T1		R8T1		R15T1	
M	8	M	11	M	10
R	21	R	34	R	56
R3T1		R9T1		R16T1	
M	16	M	11	M	13
R	57	R	36	R	35
R4T1		R10T1		R17T1	
M	16	M	4	M	13
R	54	R	47	R	42
R5T1		R11T1		R18T1	
M	14	M	10	M	9
R	35	R	29	R	30
R6T1		R12T1		R19T1	
M	7	M	5	M	1
R	14	R	51	R	5
		R13T1		R20T1	
		M	8	M	10
		R	26	R	31

T2F4					
R1T2		R7T2		R13T2	
M	8	M	1	M	31
R	42	R	7	R	66
R2T2		R8T2		R14T2	
M	13	M	18	M	15
R	57	R	81	R	65
R3T2		R9T2		R15T2	
M	10	M	14	M	15
R	74	R	61	R	18
R4T2		R10T2		R16T2	
M	4	M	17	M	18
R	28	R	96	R	63
R5T2		R11T2		R17T2	
M	19	M	13	M	20
R	60	R	53	R	60
R6T2		R12T2		R18T2	
M	12	M	5	M	16
R	37	R	35	R	44

T3F3					
R1T3		R7T3		R12T3	
M	2	M	8	M	17
R	60	R	115	R	56
R2T3		R8T3		R13T3	
M	16	M	8	M	17
R	44	R	93	R	18
R3T3		R9T3		R14T3	
M	13	M	11	M	9
R	52	R	82	R	55
R4T3		R10T3		R15T3	
M	9	M	8	M	10
R	46	R	82	R	41
R5T3		R11T3		R16T3	
M	11	M	10	M	14
R	58	R	79	R	53
R6T3				R17T3	
M	14			M	2
R	76			R	34
				R18T3	
				M	14
				R	59

T4F4					
R1T4		R6T4		R11T4	
M	11	M	13	M	9
R	60	R	64	R	49
R2T4		R7T4		R12T4	
M	19	M	6	M	20
R	51	R	54	R	69
R3T4		R8T4		R13T4	
M	13	M	12	M	17
R	63	R	49	R	58
R4T4		R9T4		R14T4	
M	20	M	12	M	22
R	54	R	57	R	46
R5T4		R10T4		R15T4	
M	18	M	16	M	37
R	51	R	64	R	95
				R16T4	
				M	23
				R	104
				R17T4	
				M	17
				R	70

T3F1					
R1T3		R6T3		R12T3	
M	10	M	4	M	10
R	128	R	62	R	83
R2T3		R7T3		R13T3	
M	9	M	4	M	6
R	98	R	54	R	54
R3T3		R8T3		R14T3	
M	7	M	6	M	7
R	51	R	63	R	61
R4T3		R9T3		R15T3	
M	6	M	5	M	7
R	63	R	53	R	88
R5T3		R10T3		R16T3	
M	11	M	7	M	5
R	105	R	71	R	41
		R11T3		R17T3	
		M	8	M	10
		R	74	R	81

T2F2					
R1T2		R7T2		R13T2	
M	6	M	14	M	3
R	47	R	71	R	35
R2T2		R8T2		R14T2	
M	6	M	7	M	9
R	35	R	47	R	59
R3T2		R9T2		R15T2	
M	3	M	8	M	7
R	51	R	55	R	68
R4T2		R10T2		R16T2	
M	8	M	7	M	7
R	65	R	62	R	65
R5T2		R11T2		R17T2	
M	9	M	6	M	8
R	31	R	53	R	88
R6T2		R12T2			
M	4	M	8		
R	33	R	65		

T4F3					
R1T4		R7T4		R12T4	
M	10	M	11	M	8
R	78	R	43	R	77
R2T4		R8T4		R13T4	
M	1	M	9	M	14
R	26	R	28	R	80
R3T4		R9T4		R14T4	
M	5	M	13	M	11
R	96	R	52	R	64
R4T4		R10T4		R15T4	
M	10	M	11	M	1
R	55	R	44	R	18
R5T4		R11T4		R16T4	
M	19	M	7	M	14
R	55	R	103	R	95
R6T4				R17T4	
M	5			M	9
R	50			R	69

T5F4					
R1T5		R7T5		R13T5	
M	10	M	16	M	33
R	66	R	120	R	65
R2T5		R8T5		R14T5	
M	16	M	15	M	12
R	109	R	114	R	82
R3T5		R9T5		R15T5	
M	17	M	14	M	31
R	97	R	128	R	92
R4T5		R10T5		R16T5	
M	12	M	5	M	21
R	78	R	41	R	98
R5T5		R11T5		R17T5	
M	8	M	16	M	27
R	74	R	98	R	84
R6T5		R12T5			
M	27	M	15		
R	97	R	97		

T4F1						T3F2						T5F3					
R1T4		R6T4		R11T4		R1T3		R5T3		R8T3		R1T5		R5T5		R9T5	
M	13	M	13	M	13	M	8	M	13	M	9	M	10	M	3	M	13
R	76	R	86	R	105	R	70	R	81	R	86	R	56	R	10	R	71
R2T4		R7T4		R12T4		R2T3		R6T3		R9T3		R2T5		R6T5		R10T5	
M	6	M	6	M	9	M	4	M	7	M	11	M	6	M	7	M	16
R	66	R	79	R	35	R	66	R	79	R	91	R	47	R	68	R	65
R3T4		R8T4		R13T4		R3T3		R7T3		R10T3		R3T5		R7T5		R11T5	
M	12	M	6	M	8	M	6	M	10	M	13	M	6	M	6	M	16
R	74	R	95	R	95	R	79	R	89	R	137	R	54	R	51	R	41
R4T4		R9T4		R14T4		R4T3				R11T3		R4T5		R8T5		R12T5	
M	10	M	4	M	5	M	2			M	10	M	2	M	8	M	14
R	55	R	86	R	65	R	51			R	149	R	19	R	84	R	38
R5T4		R10T4		R15T4						R12T3						R13T5	
M	11	M	9	M	10					M	1					M	15
R	84	R	91	R	72					R	21					R	44

T6F4						T5F1						T4F2					
R1T6		R5T6		R10T1		R1T5		R7T5		R13T5		R1T4		R7T4		R13T4	
M	10	M	12	M	26	M	8	M	7	M	4	M	9	M	11	M	9
R	63	R	77	R	139	R	130	R	149	R	71	R	91	R	168	R	173
R2T6		R6T6		R11T1		R2T5		R8T5		R14T5		R2T4		R8T4		R14T4	
M	13	M	7	M	18	M	11	M	8	M	3	M	4	M	8	M	9
R	97	R	68	R	53	R	97	R	87	R	86	R	57	R	97	R	98
R3T6		R7T6		R12T1		R3T5		R9T5		R15T5		R3T4		R9T4		R15T4	
M	31	M	12	M	16	M	13	M	3	M	8	M	12	M	6	M	13
R	105	R	85	R	98	R	140	R	93	R	101	R	149	R	85	R	121
R4T6		R8T6		R13T1		R4T5		R10T5		R16T5		R4T4		R10T4		R16T4	
M	14	M	13	M	24	M	12	M	4	M	6	M	9	M	7	M	8
R	85	R	83	R	115	R	21	R	134	R	131	R	87	R	71	R	115
		R9T1				R5T5		R11T5		R17T5		R5T4		R11T4			
		M	14			M	15	M	9	M	7	M	6	M	6		
		R	65			R	30	R	97	R	91	R	93	R	81		
						R6T5		R12T5		R18T5		R6T4		R12T4			
						M	7	M	10	M	7	M	10	M	8		
						R	42	R	85	R	104	R	137	R	139		

T6F3					
R1T6		R7T6		R12T6	
M	11	M	10	M	17
R	88	R	42	R	39
R2T6		R8T6		R13T6	
M	8	M	12	M	12
R	37	R	37	R	50
R3T6		R9T6		R14T6	
M	10	M	6	M	14
R	46	R	43	R	52
R4T6		R10T6		R15T6	
M	11	M	6	M	9
R	46	R	24	R	60
R5T6		R11T6		R16T6	
M	16	M	7	M	4
R	30	R	26	R	45
R6T6					
M	12				
R	42				

T1F4					
R1T1		R6T1		R12T1	
M	7	M	10	M	23
R	54	R	65	R	44
R2T1		R7T1		R13T1	
M	13	M	14	M	20
R	77	R	92	R	87
R3T1		R8T1		R14T1	
M	20	M	5	M	12
R	118	R	66	R	49
R4T1		R9T1		R15T1	
M	8	M	14	M	12
R	42	R	44	R	41
R5T1		R10T1		R16T1	
M	15	M	15	M	26
R	68	R	88	R	82
		R11T1			
		M	8		
		R	37		

T6F1					
R1T6		R7T6		R13T6	
M	9	M	15	M	7
R	81	R	93	R	91
R2T6		R8T6		R14T6	
M	5	M	17	M	8
R	77	R	121	R	89
R3T6		R9T6		R15T6	
M	1	M	11	M	14
R	117	R	119	R	204
R4T6		R10T6		R16T6	
M	12	M	16	M	3
R	131	R	89	R	215
R5T6		R11T6		R17T6	
M	7	M	10	M	11
R	151	R	179	R	32
R6T6		R12T6		R18T6	
M	3	M	4	M	16
R	104	R	104	R	89

T5F2					
R1T5		R8T5		R14T5	
M	8	M	11	M	5
R	89	R	71	R	97
R2T5		R9T5		R15T5	
M	7	M	18	M	4
R	147	R	133	R	89
R3T5		R10T5		R16T5	
M	15	M	4	M	28
R	151	R	112	R	253
R4T5		R11T5		R17T5	
M	8	M	10	M	4
R	207	R	189	R	224
R5T5		R12T5		R18T5	
M	19	M	7	M	4
R	101	R	210	R	25
R6T5		R13T5		R19T5	
M	10	M	10	M	9
R	141	R	221	R	191
R7T5				R20T5	
M	13			M	14
R	93			R	197

T1F3					
R1T1		R7T1		R14T1	
M	7	M	12	M	11
R	48	R	46	R	47
R2T1		R8T1		R15T1	
M	8	M	11	M	10
R	29	R	64	R	33
R3T1		R9T1		R16T1	
M	16	M	11	M	13
R	26	R	58	R	53
R4T1		R10T1		R17T1	
M	16	M	4	M	13
R	38	R	45	R	42
R5T1		R11T1		R18T1	
M	14	M	10	M	9
R	53	R	64	R	35
R6T1		R12T1		R19T1	
M	7	M	5	M	1
R	57	R	37	R	39
		R13T1		R20T1	
		M	8	M	10
		R	26	R	5

T2F4					
R1T2		R7T2		R13T2	
M	8	M	1	M	31
R	49	R	10	R	59
R2T2		R8T2		R14T2	
M	13	M	18	M	15
R	57	R	89	R	42
R3T2		R9T2		R15T2	
M	10	M	14	M	15
R	62	R	28	R	53
R4T2		R10T2		R16T2	
M	4	M	17	M	18
R	34	R	92	R	69
R5T2		R11T2		R17T2	
M	19	M	13	M	20
R	72	R	52	R	63
R6T2		R12T2		R18T2	
M	12	M	5	M	16
R	81	R	74	R	48

T1R1	Altura (cm)	0.89	110	124	118	128	
	RTA						
	Peso uE (Kg)	19					
	Peso Hoja (g)	230					
	Peso tallo (g)	395					
	Peso H:T (gr)	515					
T2R1	Altura	141	136	148	140	136	
	RTA						
	Peso VE	28.5					
	Peso Hoja	355					
	Peso tallo	665					
	Peso H:T	795					
T3R1	Altura	157	167	153	182	171	
	RTA						
	Peso VE	43.7					
	Peso Hoja	505					
	Peso tallo	905					
	Peso H:T	1160					
T4R1	Altura	186	187	181	175	188	
	RTA						
	Peso VE	59					
	Peso Hoja	475					
	Peso tallo	1070					
	Peso H:T	1150					
T5R1	Altura	171	170	161	164	163	
	RTA						
	Peso VE	49					
	Peso Hoja	540					
	Peso tallo	910					
	Peso H:T	955					
T6R1	Altura	162	172	171	164	148	
	RTA						
	Peso VE	41					
	Peso Hoja	286					
	Peso tallo	555					
	Peso H:T	1065					

T6R2	Altura	120	147	141	151	158	
	RTA						
	Peso VE	35					
	Peso Hoja	500					
	Peso tallo	710					
	Peso H:T	960					
T1R2	Altura	122	121	127	133	127	
	RTA						
	Peso VE	22					
	Peso Hoja	215					
	Peso tallo	390					
	Peso H:T	455					
T2R2	Altura	158	163	157	170	152	
	RTA						
	Peso VE	36					
	Peso Hoja	310					
	Peso tallo	680					
	Peso H:T	1010					
T3R2	Altura	156	180	178	188	185	
	RTA						
	Peso VE	39					
	Peso Hoja	420					
	Peso tallo	1105					
	Peso H:T	1230					
T4R2	Altura	163	181	161	168	177	
	RTA						
	Peso VE	47.5					
	Peso Hoja	415					
	Peso tallo	725					
	Peso H:T	560					
T5R2	Altura	155	157	146	149	149	
	RTA						
	Peso VE	31					
	Peso Hoja	345					
	Peso tallo	565					
	Peso H:T	865					

T2R3	Altura	129	126	111	171	108	
	RTA						
	Peso VE	26					
	Peso Hoja	395					
	Peso tallo	550					
	Peso H:T	605					
T3R3	Altura	150	147	139	138	139	
	RTA						
	Peso VE	37					
	Peso Hoja	355					
	Peso tallo	586					
	Peso H:T	705					
T4R3	Altura	134	173	172	147	182	
	RTA						
	Peso VE	44					
	Peso Hoja	520					
	Peso tallo	990					
	Peso H:T	950					
T5R3	Altura	153	169	158	181	185	
	RTA						
	Peso VE	31					
	Peso Hoja	445					
	Peso tallo	905					
	Peso H:T	1030					
T6R3	Altura	179	169	132	134	173	
	RTA						
	Peso VE	36					
	Peso Hoja	305					
	Peso tallo	580					
	Peso H:T	1000					
T1R3	Altura	104	113	123	0.97	0.93	
	RTA						
	Peso VE	19					
	Peso Hoja	190					
	Peso tallo	290					
	Peso H:T	605					

	0	Peso (gr)	Peso (gr)	Peso (gr)	Peso (gr)	Peso (gr)
T1R1		45	40	25	40	30
T1R2		25	20	20	20	15
T1R3		30	30	35	35	35
T1R4		30	20	30	25	30
T2R1		30	35	30	30	35
T2R2		25	20	25	30	20
T2R3		35	30	30	30	30
T2R4		35	30	25	30	30
T3R1		25	30	25	25	25
T3R2		20	20	20	20	20
T3R3		35	30	30	35	30
T3R4		30	35	25	35	25
T4R1		25	25	25	25	30
T4R2		25	30	30	35	25
T4R3		25	25	20	30	25
T4R4		30	35	25	35	25
T5R1		25	25	25	25	25
T5R2		30	35	30	35	30
T5R3		25	25	20	20	20
T5R4		35	30	30	30	30
T6R1		25	25	30	25	20
T6R2		45	25	25	30	25
T6R3		20	25	25	20	20
T6R4		30	25	25	25	25

T3R4	Altura	139	137	131	133	155	
	RTA						
	Peso VE	29					
	Peso Hoja	225					
	Peso tallo	550					
	Peso H:T	660					
T4R4	Altura	155	158	149	152	129	
	RTA						
	Peso VE	42					
	Peso Hoja	335					
	Peso tallo	565					
	Peso H:T	615					
T5R4	Altura	177	168	166	162	159	
	RTA						
	Peso VE	46					
	Peso Hoja	360					
	Peso tallo	725					
	Peso H:T	745					
T6R4	Altura	150	168	166	168	140	
	RTA						
	Peso VE	39					
	Peso Hoja	365					
	Peso tallo	635					
	Peso H:T	1105					
T1R4	Altura	125	133	126	124	115	
	RTA						
	Peso VE	30					
	Peso Hoja	200					
	Peso tallo	370					
	Peso H:T	565					
T2R4	Altura	120	148	131	145	121	
	RTA						
	Peso VE	27					
	Peso Hoja	210					
	Peso tallo	490					
	Peso H:T	1015					

	Primera Medición		Primera Medición		Primera Medición		Primera Medición		Primera Medición		Primera Medición	
	FILA 1		FILA 2		FILA 3		FILA 4		Promedio		Des. Estándar	
Tratamiento	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R
T1	8.31	41.23	7.67	46.87	9.80	35.45	13.88	50.00	9.91	43.39	2.79	6.42
T2	8.06	45.81	7.06	50.41	10.00	48.56	13.83	52.61	9.74	49.35	2.99	2.88
T3	7.18	42.35	7.83	54.42	10.72	50.78	14.93	48.47	10.17	49.00	3.53	5.07
T4	9.00	57.13	8.44	59.31	9.29	36.41	16.76	57.06	10.87	52.48	3.94	10.76
T5	7.89	50.72	10.40	40.05	9.38	35.00	17.35	50.53	11.26	44.08	4.19	7.84
T6	9.39	45.50	8.46	41.08	10.31	37.50	17.35	50.53	11.38	43.65	4.05	5.63

	FILA 1		FILA 2		FILA 3		FILA 4	
Tratamiento	M	R	M	R	M	R	M	R
T1	9.91	41.23	9.91	46.87	9.91	35.45	9.91	50.00
T2	9.74	45.81	9.74	50.41	9.74	48.56	9.74	52.61
T3	10.17	42.35	10.17	54.42	10.17	50.78	10.17	48.47
T4	10.87	57.13	10.87	59.31	10.87	36.41	10.87	57.06
T5	11.26	50.72	11.26	40.05	11.26	35.00	11.26	50.53
T6	11.38	45.50	11.38	41.08	11.38	37.50	11.38	50.53

	Segunda Medición		Segunda Medición		Segunda Medición		Segunda Medición		Segunda Medición		Segunda Medición	
--	---------------------	--	---------------------	--	---------------------	--	---------------------	--	---------------------	--	---------------------	--

	FILA 1		FILA 2		FILA 3		FILA 4		Promedio		Des. Estándar	
Tratamiento	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R
T1	8.31	63.31	7.67	57.87	9.80	42.25	13.88	65.88	9.91	57.32	2.79	10.59
T2	8.06	75.63	7.06	54.71	10.00	48.25	13.83	57.44	9.74	59.01	2.99	11.73
T3	7.18	72.35	7.83	83.25	10.72	61.28	14.93	46.73	10.17	65.90	3.53	15.61
T4	9.00	77.60	8.44	110.13	9.29	60.76	16.76	62.24	10.87	77.68	3.94	22.93
T5	7.89	93.83	10.40	147.05	9.38	49.85	17.35	90.59	11.26	95.33	4.19	39.87
T6	9.39	115.89	8.46	62.46	10.31	44.19	17.35	87.15	11.38	77.42	4.05	31.11

	FILA 1		FILA 2		FILA 3		FILA 4	
Tratamiento	M	R	M	R	M	R	M	R
T1	9.91	63.31	9.91	57.87	9.91	42.25	9.91	65.88
T2	9.74	75.63	9.74	54.71	9.74	48.25	9.74	57.44
T3	10.17	72.35	10.17	83.25	10.17	61.28	10.17	46.73
T4	10.87	77.60	10.87	110.13	10.87	60.76	10.87	62.24
T5	11.26	93.83	11.26	147.05	11.26	49.85	11.26	90.59
T6	11.38	115.89	11.38	62.46	11.38	44.19	11.38	87.15

Anexo 03: Datos procesados

(Análisis de la varianza y prueba de hipótesis)

Altura planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura Planta	48	0.88	0.85	5.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16803.06	11	1527.55	24.98	<0.0001
Periodo	1111.69	1	1111.69	18.18	0.0001
Tipo fertiliz.	12698.44	5	2539.69	41.53	<0.0001
Periodo*Tipo fertiliz.	2992.94	5	598.59	9.79	<0.0001
Error	2201.75	36	61.16		
Total	19004.81	47			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.57857

Error: 61.1597 gl: 36

Periodo Medias n E.E.

P1	156.75	24	1.60	A
P2	147.13	24	1.60	B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=11.76423

Error: 61.1597 gl: 36

Tipo fertiliz. Medias n E.E.

F4	168.13	8	2.76	A
F5	166.38	8	2.76	A
F6	163.38	8	2.76	A B
F3	151.63	8	2.76	B
F2	138.63	8	2.76	C
F1	123.50	8	2.76	D

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=19.30115

Error: 61.1597 gl: 36

Periodo	Tipo fertiliz.	Medias	n	E.	E.
P1	F4	182.75	4	3.91	A
P1	F3	168.25	4	3.91	A B
P2	F5	168.25	4	3.91	A B
P1	F5	164.50	4	3.91	A B
P1	F6	163.75	4	3.91	A B
P2	F6	163.00	4	3.91	B
P2	F4	153.50	4	3.91	B C
P1	F2	141.25	4	3.91	C D
P2	F2	136.00	4	3.91	C D E
P2	F3	135.00	4	3.91	C D E
P2	F1	127.00	4	3.91	D E
P1	F1	120.00	4	3.91	E

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

Peso hoja

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Peso
hoja	48	0.67	0.57	25.42	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	417528.92	11	37957.17	6.70	<0.0001
Periodo	199176.33	1	199176.33	35.17	<0.0001
Tipo fertiliz.	210627.42	5	42125.48	7.44	0.0001
Periodo*Tipo fertiliz.	7725.17	5	1545.03	0.27	0.9250
Error	203893.00	36	5663.69		
Total	621421.92	47			

Test : Tukey Alfa= 0.05 DMS=44. 06029

Error: 5663.6944 gl: 36

Periodo	Medias	n	E. E.	
P1	360.46	24	15.36	A
P2	231.63	24	15.36	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=113. 20894

Error: 5663.6944 gl: 36

Tipo fertiliz.	Medias	n	E. E.	
F4	361.50	8	26.61	A
F5	346.63	8	26.61	A
F3	340.00	8	26.61	A
F6	298.38	8	26.61	A
F2	261.63	8	26.61	A B
F1	168.13	8	26.61	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS= 185. 73782

Error: 5663.6944 gl: 36

Periodo	Tipo fertiliz.	Medias	n	E. E.	
P1	F4	436.25	4	37.63	A
P1	F5	422.50	4	37.63	A
P1	F3	413.75	4	37.63	A B
P1	F6	364.00	4	37.63	A B C
P1	F2	317.50	4	37.63	A B C
P2	F4	286.75	4	37.63	A B C D
P2	F5	270.75	4	37.63	A B C D
P2	F3	266.25	4	37.63	A B C D
P2	F6	232.75	4	37.63	B C D
P1	F1	208.75	4	37.63	C D
P2	F2	205.75	4	37.63	C D
P2	F1	127.50	4	37.63	D

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

Peso tallo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso tallo	48	0.69	0.60	26.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1510341.67	11	137303.79	7.32	<0.0001
Periodo	429408.33	1	429408.33	22.89	<0.0001
Tipo fertiliz.	1048404.17	5	209680.83	11.18	<0.0001
Periodo*Tipo fertiliz.	32529.17	5	6505.83	0.35	0.8805
Error	675425.00	36	18761.81		
Total	2185766.67	47			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS= 80.19269

Error: 18761.8056 gl: 36

Periodo	Medias	n	E. E.	
P1	616.25	24	27.96	A
P2	427.08	24	27.96	B

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

Test: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 206.04787

Error: 18761.8056 gl: 36

Tipo fertiliz.	Medias	n	E. E.	
F3	685.00	8	48.43	A
F4	656.88	8	48.43	A B
F5	605.00	8	48.43	A B
F6	471.88	8	48.43	B
F2	459.38	8	48.43	B
F1	251.88	8	48.43	C

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=338.05531

Error: 18761.8056 gl: 36

Periodo	Tipo fertiliz.	Medias	n	E. E.	
P1	F3	806.25	4	68.49	A
P1	F4	777.50	4	68.49	A
P1	F5	716.25	4	68.49	A B
P2	F3	563.75	4	68.49	A B C
P1	F6	560.00	4	68.49	A B C
P1	F2	536.25	4	68.49	A B C D
P2	F4	536.25	4	68.49	A B C D
P2	F5	493.75	4	68.49	A B C D
P2	F6	383.75	4	68.49	B C D
P2	F2	382.50	4	68.49	B C D
P1	F1	301.25	4	68.49	C D
P2	F1	202.50	4	68.49	D

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

Relación H:T

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relacion H:T	48	0.35	0.15	16.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.17	11	0.02	1.78	0.0947
Periodo	0.03	1	0.03	2.88	0.0982
Tipo fertiliz.	0.15	5	0.03	3.29	0.0150
Periodo*Tipo fertiliz.	2. 2E-03	5	4. 4E-04	0.05	0.9984
Error	0.32	36	0.01		
Total	0.50	47			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05526

Error: 0.0089 gl: 36

Periodo	Medias	n	E.E.
P1	0.61	24	0.02 A
P2	0.56	24	0.02 A

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

Test:Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.14198

Error: 0.0089 gl: 36

Tipo fertiliz.	Medias	n	E.E.
F1	0.67	8	0.03 A
F6	0.62	8	0.03 A B
F5	0.58	8	0.03 A B
F2	0.57	8	0.03 A B
F4	0.57	8	0.03 A B
F3	0.49	8	0.03 B

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

Test:Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.23293

Error: 0.0089 gl: 36

Periodo	Tipo fertiliz.	Medias	n	E.E.
P1	F1	0.71	4	0.05 A
P1	F6	0.64	4	0.05 A B
P2	F1	0.64	4	0.05 A B
P2	F6	0.60	4	0.05 A B
P1	F2	0.60	4	0.05 A B
P1	F5	0.60	4	0.05 A B
P1	F4	0.58	4	0.05 A B
P2	F5	0.56	4	0.05 A B
P2	F4	0.55	4	0.05 A B
P2	F2	0.54	4	0.05 A B
P1	F3	0.52	4	0.05 A B
P2	F3	0.47	4	0.05 B

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

Rendimiento de forraje

Variable N R² R² Aj CV
Rendimiento de forraje (t/.. 48 0.93 0.90 5.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	901.12	11	81.92	40.75	<0.0001
Periodo	21.74	1	21.74	10.81	0.0023
Tipo fertiliz	874.58	5	174.92	87.02	<0.0001
Periodo*Tipo fertiliz	4.80	5	0.96	0.48	0.7908
Error	72.36	36	2.01		
Total	973.48	47			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.83005

Error: 2.0101 gl: 36

Periodo Medias n E.E.

P1 27.52 24 0.29 A

P2 26.17 24 0.29 B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.13273

Error: 2.0101 gl: 36

Tipo fertiliz Medias n E.E.

F6 33.15 8 0.50 A

F5 29.88 8 0.50 B

F4 28.08 8 0.50 B C

F3 26.63 8 0.50 C

F2 23.29 8 0.50 D

F1 20.05 8 0.50 E

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.49910

Error: 2.0101 gl: 36

Periodo Tipo fertiliz Medias n E.E.

P1 F6 34.43 4 0.71 A

P2 F6 31.88 4 0.71 A B

P1 F5 30.73 4 0.71 B C

P2 F5 29.03 4 0.71 B C D

P1 F4 28.53 4 0.71 B C D

P2 F4 27.63 4 0.71 C D

P1 F3 27.30 4 0.71 C D

P2 F3 25.95 4 0.71 D E

P1 F2 23.68 4 0.71 E F

P2 F2 22.90 4 0.71 E F G

P1 F1 20.45 4 0.71 F G

P2 F1 19.65 4 0.71 G

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

Proteína cruda (%)

Variable N R² R² Aj CV
Proteína cruda (%) 24 0.67 0.37 15.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	118.17	11	10.74	2.21	0.0942
Periodo	20.74	1	20.74	4.27	0.0611
Tipo fertiliz.	76.70	5	15.34	3.16	0.0476
Periodo*Tipo fertiliz.	20.73	5	4.15	0.85	0.5384
Error	58.29	12	4.86		
Total	176.46	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.96039

Error: 4.8573 gl: 12

Periodo Medias n E.E.

P2 15.63 12 0.64 A

P1 13.77 12 0.64 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.23460

Error: 4.8573 gl: 12

Tipo fertiliz. Medias n E.E.

F5 17.47 4 1.10 A

F4 16.06 4 1.10 A B

F6 14.99 4 1.10 A B

F3 14.60 4 1.10 A B

F1 12.86 4 1.10 A B

F2 12.21 4 1.10 B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.74996

Error: 4.8573 gl: 12

Periodo Tipo fertiliz. Medias n E.E.

P2 F5 19.09 2 1.56 A

P2 F6 17.54 2 1.56 A

P2 F4 17.12 2 1.56 A

P1 F5 15.85 2 1.56 A

P1 F4 15.00 2 1.56 A

P2 F3 14.69 2 1.56 A

P1 F3 14.51 2 1.56 A

P1 F1 12.92 2 1.56 A

P2 F1 12.80 2 1.56 A

P2 F2 12.53 2 1.56 A

P1 F6 12.44 2 1.56 A

P1 F2 11.90 2 1.56 A

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

ELN (%)

Variable N R² R² Aj CV
 ELN (%) 24 0.49 0.01 17.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	478.93	11	43.54	1.03	0.4765
Periodo	20.78	1	20.78	0.49	0.4965
Tipo fertiliz.	100.65	5	20.13	0.48	0.7871
Periodo*Tipo fertiliz.	357.51	5	71.50	1.69	0.2107
Error	506.82	12	42.24		
Total	985.75	23			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.78072

Error: 42.2353 gl: 12

Periodo Medias n E.E.

P2 37.24 12 1.88 A

P1 35.37 12 1.88 A

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=15.43557

Error: 42.2353 gl: 12

Tipo fertiliz. Medias n E.E.

F3 38.76 4 3.25 A

F2 38.73 4 3.25 A

F4 36.43 4 3.25 A

F1 36.07 4 3.25 A

F6 34.87 4 3.25 A

F5 32.97 4 3.25 A

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=25.80153

Error: 42.2353 gl: 12

Periodo Tipo fertiliz. Medias n E.E.

P2 F2 45.03 2 4.60 A

P1 F4 41.79 2 4.60 A

P2 F1 40.76 2 4.60 A

P2 F3 39.15 2 4.60 A

P1 F3 38.37 2 4.60 A

P1 F6 36.51 2 4.60 A

P2 F5 34.19 2 4.60 A

P2 F6 33.22 2 4.60 A

P1 F2 32.44 2 4.60 A

P1 F5 31.75 2 4.60 A

P1 F1 31.39 2 4.60 A

P2 F4 31.08 2 4.60 A

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

FDN (%)

Variable N R² R² Aj CV
FDN (%) 24 0.48 0.01 8.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	216.04	11	19.64	1.02	0.4819
Periodo	81.70	1	81.70	4.25	0.0615
Tipo fertiliz.	67.17	5	13.43	0.70	0.6344
Periodo*Tipo fertiliz.	67.17	5	13.43	0.70	0.6343
Error	230.51	12	19.21		
Total	446.55	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.89849

Error: 19.2089 gl: 12

Periodo Medias n E.E.

P1 53.66 12 1.27 A

P2 49.97 12 1.27 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.40966

Error: 19.2089 gl: 12

Tipo fertiliz. Medias n E.E.

F2 54.98 4 2.19 A

F5 52.27 4 2.19 A

F6 52.11 4 2.19 A

F3 51.05 4 2.19 A

F1 50.96 4 2.19 A

F4 49.55 4 2.19 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=17.40040

Error: 19.2089 gl: 12

Periodo Tipo fertiliz. Medias n E.E.

P1 F2 57.31 2 3.10 A

P1 F5 56.84 2 3.10 A

P1 F6 54.22 2 3.10 A

P1 F3 53.09 2 3.10 A

P2 F2 52.66 2 3.10 A

P1 F1 52.08 2 3.10 A

P2 F4 50.63 2 3.10 A

P2 F6 50.00 2 3.10 A

P2 F1 49.85 2 3.10 A

P2 F3 49.01 2 3.10 A

P1 F4 48.47 2 3.10 A

P2 F5 47.71 2 3.10 A

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

FDA (%)

Variable N R² R² Aj CV
FDA (%) 24 0.50 0.04 5.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51.57	11	4.69	1.08	0.4453
Periodo	20.46	1	20.46	4.72	0.0506
Tipo fertiliz.	4.80	5	0.96	0.22	0.9464
Periodo*Tipo fertiliz.	26.31	5	5.26	1.21	0.3606
Error	52.05	12	4.34		
Total	103.62	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.85251

Error: 4.3374 gl: 12

Periodo Medias n E.E.

P2 42.06 12 0.60 A

P1 40.22 12 0.60 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.94653

Error: 4.3374 gl: 12

Tipo fertiliz. Medias n E.E.

F2 42.01 4 1.04 A

F1 41.33 4 1.04 A

F6 41.07 4 1.04 A

F4 41.05 4 1.04 A

F5 40.70 4 1.04 A

F3 40.69 4 1.04 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.26844

Error: 4.3374 gl: 12

Periodo Tipo fertiliz. Medias n E.E.

P2 F6 43.78 2 1.47 A

P1 F2 42.56 2 1.47 A

P2 F5 42.44 2 1.47 A

P2 F4 41.76 2 1.47 A

P2 F1 41.60 2 1.47 A

P2 F2 41.46 2 1.47 A

P2 F3 41.35 2 1.47 A

P1 F1 41.07 2 1.47 A

P1 F4 40.33 2 1.47 A

P1 F3 40.02 2 1.47 A

P1 F5 38.97 2 1.47 A

P1 F6 38.36 2 1.47 A

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

Cenizas (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cenizas (%)	24	0.38	0.00	
10.13				

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-
valor Modelo		10.00	11	0.91	0.67	
0.7392						
Periodo		0.46	1	0.46	0.34	0.5704
Tipo fertiliz.		4.92	5	0.98	0.73	0.6150
Periodo*Tipo fertiliz.		4.63	5	0.93	0.69	0.6431
Error		16.19	12	1.35		
Total		26.19	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.03308

Error: 1.3489 gl: 12

Periodo Medias n E.E.

P2 11.61 12 0.34 A

P1 11.33 12 0.34 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.75850

Error: 1.3489 gl: 12

Tipo fertiliz. Medias n

E.E. F3 12.33 4 0.58

A

F1 11.61 4 0.58 A

F4 11.52 4 0.58 A

F2 11.36 4 0.58 A

F5 11.07 4 0.58 A

F6 10.93 4 0.58 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.61101

Error: 1.3489 gl: 12

Periodo Tipo fertiliz. Medias n E.E.

P2 F3 12.56 2 0.8 A

P1 F1 12.28 2 0.8 A

P1 F3 12.10 2 0.8 A

P2 F4 12.00 2 0.8 A

P2 F6 11.66 2 0.8 A

P1 F2 11.40 2 0.8 A

P2 F2 11.32 2 0.8 A

P2 F5 11.16 2 0.8 A

P1 F4 11.04 2 0.8 A

P1 F5 10.99 2 0.8 A

P2 F1 10.95 2 0.8 A

P1 F6 10.19 2 0.82 A

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

Anexo 4: Informe de análisis de laboratorio

	FORME DE ANALISIS	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
		Página 1 de 2

INFORME DE ANÁLISIS N°: LABNUT-2024-18

RAZÓN SOCIAL O NOMBRE DEL CLIENTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
RUC / DNI : 20154605046
BOLETA/OS : OS N° 1005
TIPO DE MUESTRA : FORRAJES
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : BOLSAS DE PAPEL MOLIDO
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 08/07/2024
FECHA DE ANÁLISIS DE MUESTRA : 12/08/2024 – 29/08/2024
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 02/09/2024

ID Muestra	Humedad ¹ (%)	Cenizas ² (%)	Grasa cruda ³ (%)	Proteína cruda ⁴ (%)	Fibra cruda ⁵ (%)	ELN ⁶ (%)	FDN ⁷ (%)	FDA ⁸ (%)	DIVMS ⁹ (%)
T1R1 LLUVIOSA	7.77	12.66	1.90	13.85	25.00	38.82	45.59	37.06	64.77
T1R2 LLUVIOSA	7.09	11.89	2.26	11.99	42.82	23.96	58.56	45.08	51.81
T2R1 LLUVIOSA	8.63	10.33	1.60	12.38	32.80	34.27	55.67	44.61	61.06
T2R2 LLUVIOSA	6.59	12.47	1.15	11.41	37.78	30.61	58.94	40.50	50.55
T3R1 LLUVIOSA	7.33	12.29	1.63	11.42	19.68	47.66	47.20	38.65	64.76
T3R2 LLUVIOSA	7.36	11.91	1.86	17.59	32.21	29.07	58.97	41.39	56.08
T4R1 LLUVIOSA	7.96	12.03	1.58	13.63	22.33	42.48	47.41	40.25	61.61
T4R2 LLUVIOSA	9.07	10.05	1.65	16.36	21.78	41.10	49.53	40.41	68.50
T5R1 LLUVIOSA	7.90	12.15	1.77	19.12	33.76	25.31	56.84	39.57	55.02
T5R2 LLUVIOSA	7.15	9.82	1.04	12.57	31.23	38.19	56.83	38.36	57.27
T6R1 LLUVIOSA	7.68	8.66	1.19	12.05	36.12	34.30	57.65	39.00	56.10
T6R2 LLUVIOSA	8.88	11.72	1.91	12.82	25.95	38.72	50.78	37.71	64.57
T1R1 SECA	9.21	10.35	1.61	12.40	26.53	39.90	51.91	40.79	66.08

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú www.untrm.edu.pe

	FORME DE ANALISIS	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
		Página 2 de 2

T1R2 SECA	8.28	11.55	1.52	13.19	23.85	41.61	47.78	42.40	63.05
T2R1 SECA	9.10	11.17	1.22	12.78	26.76	38.97	50.98	41.74	62.34
T2R2 SECA	6.89	11.47	1.40	12.27	33.77	51.08	54.34	41.17	58.83
T3R1 SECA	9.03	11.73	1.56	14.71	27.84	35.13	48.70	40.94	68.26
T3R2 SECA	7.00	13.39	1.13	14.67	30.84	43.16	49.31	41.76	62.48

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Nombre del método:

- ¹ Método nro. 934.01 - Gravimétrico por estufa (AOAC, 2019).
² Método nro. 942.05 - Gravimétrico por incineración en mufla (AOAC, 2019).
³ Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction (AOCS, 2004 & ANKOM, 2021).
⁴ Método nro. 2001.11 - Método Kjeldahl (AOAC, 2019).
⁵ Método 7: Determinación de Fibra Cruda en Alimentos (ANKOM, 2021).
⁶ Extracto libre de nitrógeno: Análisis por diferencia (AOAC, 2019).
⁷ Fibra detergente neutra: Método 6: Determinación de fibra detergente neutra (ANKOM, 2021).
⁸ Fibra detergente ácida: Método 5: Determinación de fibra detergente ácida. (ANKOM, 2021).
⁹ Digestibilidad *in-vitro*: Método 3: In Vitro True Digestibility using the DAISYII Incubator (ANKOM, 2005).

Referencias:

ANKOM. (2005). *Method 3: In Vitro True Digestibility using the DAISYII Incubator*. ANKOM Technology.
ANKOM. (2021). *Method 2: Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction*. ANKOM Technology.
ANKOM. (2021). *Método 5: Determinación de fibra detergente ácida*. ANKOM Technology.
ANKOM. (2021). *Método 6: Determinación de fibra detergente neutra*. ANKOM Technology.
ANKOM. (2021). *Método 7: Determinación de Fibra Cruda en Alimentos*. ANKOM Technology.
AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (21st ed.). AOAC International.
AOCS. (2004). *Procedimiento official Am 5-04: Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction*.


Ph.D. Iván Julián Yapace Torur
Responsable del LABNUT

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú www.untrm.edu.pe

Anexo 5. Panel fotográfico

Fotografía 1. Cosecha del Botón de Oro



Fotografía 2. Picado del Botón de Oro



Fotografía 3. Molido del Botón de Oro



Fotografía 4. Botón de Oro molido



Fotografía 5. Codificación de las muestras para envío a laboratorio



Fotografía 6. Secado de las muestras



Anexo 6. Datos hidrometeorológicos

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/08/2024	24.9	12.9	S/D	0
2/08/2024	25.7	13.2	S/D	0
3/08/2024	23.1	13.9	S/D	0
4/08/2024	25.7	14.2	S/D	0
5/08/2024	22.5	13.8	S/D	0
6/08/2024	25.4	13.8	S/D	3
7/08/2024	23.8	13.9	S/D	0
8/08/2024	24.8	13.5	S/D	0
9/08/2024	24.2	13.1	S/D	1.5
10/08/2024	24.4	13.3	S/D	0
11/08/2024	23.5	12.5	S/D	0
12/08/2024	24.2	12.5	S/D	1.5
13/08/2024	23.7	11	S/D	0
14/08/2024	25.7	12.1	S/D	0
15/08/2024	25.9	9.2	S/D	0
16/08/2024	26.8	8.2	S/D	0
17/08/2024	26.6	9.6	S/D	0
18/08/2024	26.1	10.5	S/D	0
19/08/2024	26.9	8.4	S/D	0
20/08/2024	27.2	9.9	S/D	0
21/08/2024	26.6	9.8	S/D	0
22/08/2024	27.2	11.1	S/D	0
23/08/2024	27.1	11.9	S/D	0
24/08/2024	23.4	12.1	S/D	0
25/08/2024	22.1	13.2	S/D	28
26/08/2024	20.8	12.9	S/D	1
27/08/2024	25.7	11.5	S/D	0
28/08/2024	24.2	10.8	S/D	0
29/08/2024	24.7	11.9	S/D	0
30/08/2024	26.2	11.3	S/D	0
31/08/2024	26.1	11.9	S/D	0
1/09/2024	26.9	11.3	S/D	0

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=pasco&p=estaciones>.

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/09/2024	26.9	11.3	S/D	0
2/09/2024	18.3	12.1	S/D	0
3/09/2024	26.3	8.9	S/D	0
4/09/2024	28.3	9.2	S/D	0
5/09/2024	27.3	9.7	S/D	0
6/09/2024	24.3	9.1	S/D	6
7/09/2024	26.4	10.1	S/D	0
8/09/2024	27.4	9.3	S/D	0
9/09/2024	26.9	10.8	S/D	0
10/09/2024	27.8	10.5	S/D	0
11/09/2024	27.6	9.8	S/D	0
12/09/2024	26.8	10.9	S/D	0
13/09/2024	27.9	9.8	S/D	0
14/09/2024	27.6	11.8	S/D	0
15/09/2024	23.7	10.9	S/D	7.5
16/09/2024	25.4	12.1	S/D	3.5
17/09/2024	25.8	12.8	S/D	0
18/09/2024	26.3	13.5	S/D	0
19/09/2024	27	12.3	S/D	0
20/09/2024	27.5	10.4	S/D	0
21/09/2024	26.1	11.7	S/D	0
22/09/2024	26.4	10.9	S/D	0
23/09/2024	28	10.1	S/D	0
24/09/2024	27.3	9.7	S/D	0
25/09/2024	27.5	9.5	S/D	0
26/09/2024	27.6	10.8	S/D	2.5
27/09/2024	22.8	11.8	S/D	9
28/09/2024	22.1	12.6	S/D	3
29/09/2024	25.3	11.8	S/D	1
30/09/2024	22.7	12.8	S/D	2
1/10/2024	28	9.4	S/D	0

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=pasco&p=estaciones>.

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/10/2024	28	9.4	S/D	0
2/10/2024	27.9	10.8	S/D	2
3/10/2024	25.9	13.6	S/D	2.5
4/10/2024	26	11.7	S/D	1
5/10/2024	21.3	13.1	S/D	0.5
6/10/2024	27.8	11.1	S/D	0
7/10/2024	28.2	9	S/D	0
8/10/2024	28.4	10.5	S/D	0
9/10/2024	26.6	12.9	S/D	4
10/10/2024	26	13.4	S/D	0
11/10/2024	26.5	13.2	S/D	4
12/10/2024	26.5	13.5	S/D	7.5
13/10/2024	23.5	14.2	S/D	5
14/10/2024	22.4	13.2	S/D	2
15/10/2024	26.2	10.4	S/D	3
16/10/2024	26.8	11.8	S/D	0
17/10/2024	26.4	12.1	S/D	0
18/10/2024	26.7	11.2	S/D	0
19/10/2024	27.9	12.6	S/D	7
20/10/2024	23.7	13.1	S/D	5
21/10/2024	27.5	13.6	S/D	0
22/10/2024	27.2	14	S/D	0
23/10/2024	24.3	13.8	S/D	0
24/10/2024	27.5	14.1	78.4	6
25/10/2024	24.9	12.7	S/D	1
26/10/2024	22.8	14.5	84.6	4
27/10/2024	24.3	13.9	84.4	10
28/10/2024	20.3	14	S/D	6
29/10/2024	24.2	14.2	S/D	0
30/10/2024	27	13.9	82.7	3
31/10/2024	27.6	14.4	76.1	0
1/11/2024	27.5	13.7	71.1	S/D

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=pasco&p=estaciones>.

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/11/2024	27.5	13.7	71.1	0
2/11/2024	27	14.7	S/D	0
3/11/2024	27.8	13.6	77	0
4/11/2024	26.1	13.9	78.5	0
5/11/2024	24.1	13.9	S/D	0
6/11/2024	25.5	14.9	77.3	0
7/11/2024	27.4	15.1	S/D	0
8/11/2024	22.7	14.9	85.9	32
9/11/2024	17.8	13.9	95.1	17
10/11/2024	24.8	13.6	S/D	4
11/11/2024	26.7	14.5	77.5	0
12/11/2024	20.3	14.2	88.7	20
13/11/2024	25.9	14	80.7	0
14/11/2024	26.6	15.3	77.3	5
15/11/2024	23.4	14.1	87.6	14
16/11/2024	23.5	14.8	81.6	0
17/11/2024	23.9	13.7	83.1	19
18/11/2024	25.4	14.3	S/D	0
19/11/2024	20.6	14.8	93.1	2.5
20/11/2024	24.5	13.3	79.6	1.5
21/11/2024	22.5	14.8	S/D	26
22/11/2024	23.3	14.1	84.8	3.5
23/11/2024	24.5	14.5	80.2	12.5
24/11/2024	24.6	14.1	S/D	2.5
25/11/2024	25.7	14.4	82.3	4.5
26/11/2024	24.8	15	91.8	3
27/11/2024	23.4	14.8	84.4	0
28/11/2024	20.1	14.9	94.3	16
29/11/2024	21.8	13.9	S/D	3.5
30/11/2024	23.5	14.9	83.4	4

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=pasco&p=estaciones>.

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/12/2024	25.6	15.1	85.8	4.5
2/12/2024	25.4	14.8	85.3	22.5
3/12/2024	22.2	15	S/D	21.5
4/12/2024	23.5	14.1	S/D	14.5
5/12/2024	24.3	14.5	83	0
6/12/2024	23.5	14.8	85.3	4
7/12/2024	19.5	14.5	89.2	8.7
8/12/2024	24	15.1	84.7	30
9/12/2024	21	15.2	89.7	10
10/12/2024	25.6	14.3	83.3	5
11/12/2024	22.8	15.1	83.9	3
12/12/2024	25	14.9	84	0
13/12/2024	24.8	15.5	82.7	1.5
14/12/2024	22.5	14.9	84.9	2.5
15/12/2024	21.2	15.2	86.7	8
16/12/2024	20.8	14.7	91.2	5
17/12/2024	22.1	13.6	89.5	0
18/12/2024	22.4	13.9	S/D	4
19/12/2024	22.8	14.2	S/D	3
20/12/2024	23.9	15.1	81.4	0
21/12/2024	24.3	15.4	S/D	0
22/12/2024	26.4	15	S/D	5.5
23/12/2024	23.8	14.5	S/D	12
24/12/2024	24.6	13.8	81.2	0
25/12/2024	24.2	14.1	84.1	0
26/12/2024	23.1	13.8	87.6	4
27/12/2024	22	13.9	83.2	0
28/12/2024	24.7	14.2	S/D	2
29/12/2024	24.9	14.7	S/D	0
30/12/2024	24.7	14.5	S/D	2
31/12/2024	20.2	14.7	S/D	4

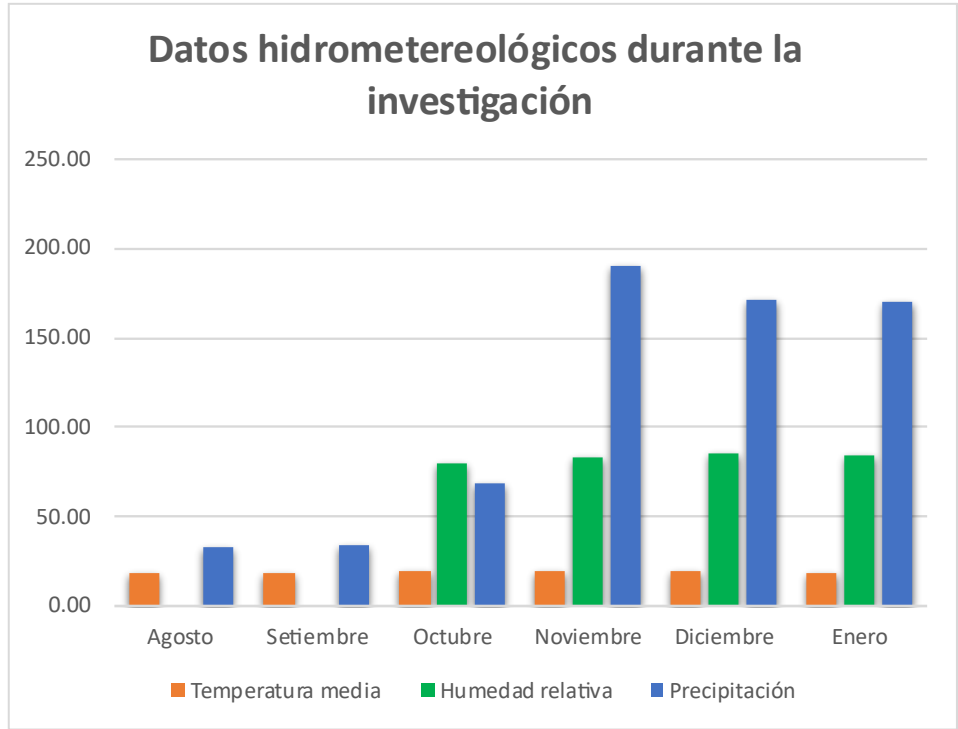
Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=pasco&p=estaciones>.

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN	(%)	TOTAL
1/01/2025	21.6	14.5	S/D	13
2/01/2025	19.9	14.2	93.6	7.5
3/01/2025	23.7	13.8	83.6	0
4/01/2025	25.7	14.4	86.7	0
5/01/2025	22.9	13.9	S/D	0
6/01/2025	22.1	14.6	91.4	7
7/01/2025	22.3	14.5	S/D	38.5
8/01/2025	21.5	15.4	S/D	10
9/01/2025	22.6	14.1	S/D	0
10/01/2025	20.1	13.9	S/D	4
11/01/2025	24.3	15.1	S/D	0
12/01/2025	22.9	15.4	89.6	2
13/01/2025	25.9	15.7	84	2
14/01/2025	25.5	15.9	83	0
15/01/2025	25.9	14.8	79	0
16/01/2025	26.3	14.4	82.5	9
17/01/2025	24.9	14.2	80.9	0
18/01/2025	25.4	13.9	79.3	0
19/01/2025	25.6	13.2	80.5	3.5
20/01/2025	22.8	14.1	81.9	12
21/01/2025	22.5	13.8	85.2	7.5
22/01/2025	21.9	14.2	86.4	6.5
23/01/2025	23	14.9	S/D	2.5
24/01/2025	21.7	13.8	S/D	6.5
25/01/2025	23.4	12.8	S/D	0
26/01/2025	23.6	14.2	82.1	2
27/01/2025	23.8	14.1	80.1	4.5
28/01/2025	23	14.6	88.5	19
29/01/2025	24.5	13.8	85.4	0
30/01/2025	S/D	13.1	S/D	S/D
31/01/2025	24.8	14.6	86.9	13.5

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=pasco&p=estaciones>.

MES	AÑO	TEMPERATURA MEDIA	HUMEDAD RELATIVA	PRECIPITACIÓN
Agosto	2024	18.46	-	32.81
Setiembre	2024	18.48	-	33.39
Octubre	2024	19.30	79.55	68.91
Noviembre	2024	19.27	83.42	190.50
Diciembre	2024	19.01	85.34	171.48
Enero	2025	18.82	84.53	170.50
		18.9	82.8	497.1



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=pasco&p=estaciones>.